

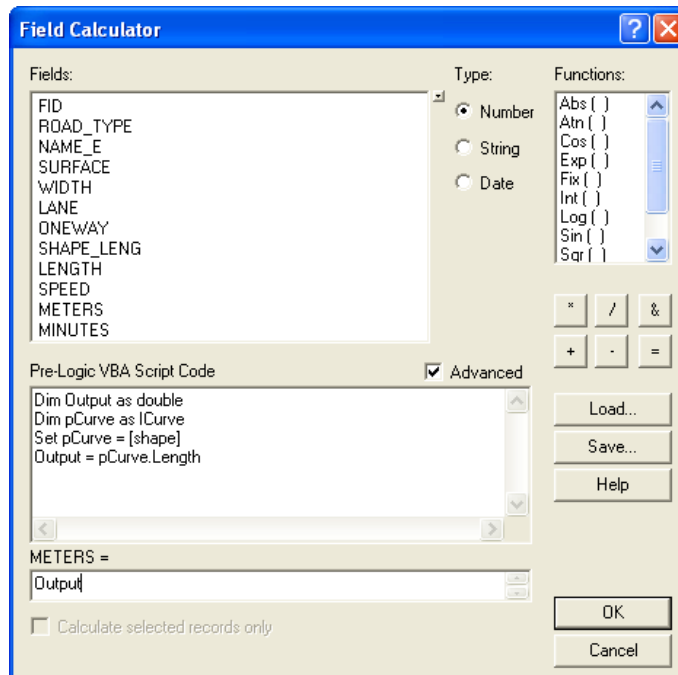
ในการตั้งค่าความเร็วถนนแต่ละเส้นของแผนที่ดิจิทัลนั้นจะส่งผลถึงการคำนวณหา ระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจเนื่องจากในการคำนวณนั้นสามารถเลือกได้ว่าจะต้องการ คำนวณแบบใช้ระยะทางเดินทางที่สั้นที่สุด หรือใช้ความเร็วในการเดินทางน้อยที่สุด ในการตั้งค่านี ได้ใช้โปรแกรม ArcMap ในการตั้งค่า ด้วยการเพิ่ม Field speed 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

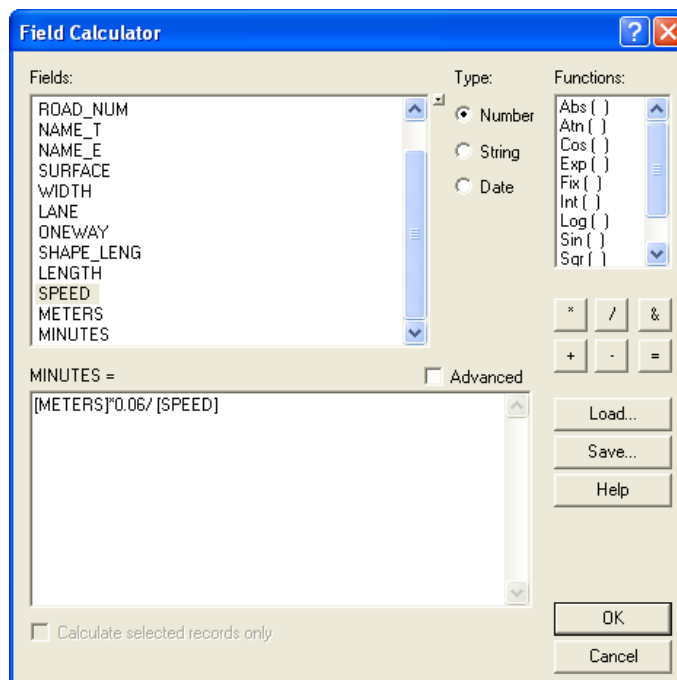
รูปที่ 4.15 การกำหนดความเร็วของแต่ละเส้นทางลงใน Field speed ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

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



รูปที่ 4.16 การคำนวณค่าระยะทางของแต่ละเส้นทางใน Field meters

ส่วน Field minutes สร้างขึ้นมาเพื่อคำนวณหาระยะเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง ในการตั้งค่าการคำนวณหาระยะเวลาในการเดินทางของถนนแต่ละเส้นใน Field minutes ปรากฏดังรูปที่ 4.17 ในการคำนวณหาระยะเวลานั้นจะนำระยะที่ได้จาก Field meters มาคูณด้วย 0.06 และหารด้วยความเร็วจาก Field speed ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง มีหน่วยเป็นนาที



รูปที่ 4.17 การคำนวณระยะเวลาการเดินทางของถนนแต่ละเส้นใน Field minutes

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละเส้นทางจะปรากฏอยู่ในตาราง Attributes ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม ดังรูปที่ 4.18

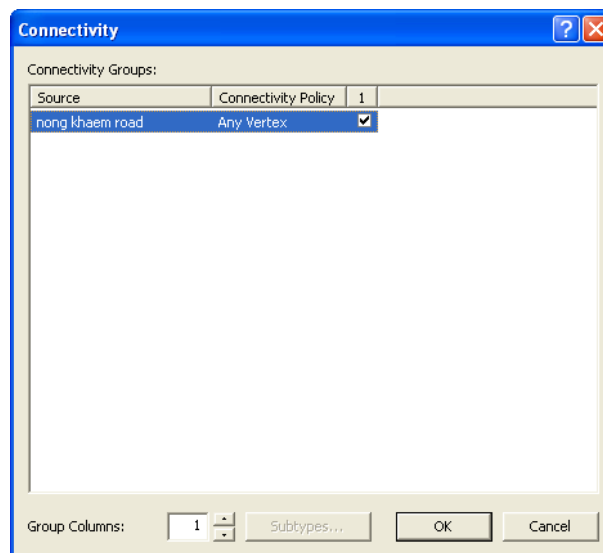
	FID	Shape	ROAD_TYP	NAME_E	SURFAC	WIDTH	LANE	ONEWAY	SHAPE_LEN	LENGTH	SPEED	METER	MINUTES
	1	Polyline	5	SOI NAK SATHAPHON 1	1	4	2		165.337234	165.337234	15	165.34	.66
	2	Polyline	5	SOI MU BAN P. S. VILLA 7	1	8	2		51.068913	51.068913	15	51.07	.2
	3	Polyline	5	SOI PHET KASEM 116/5	1	6	2		54.500554	54.500554	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)

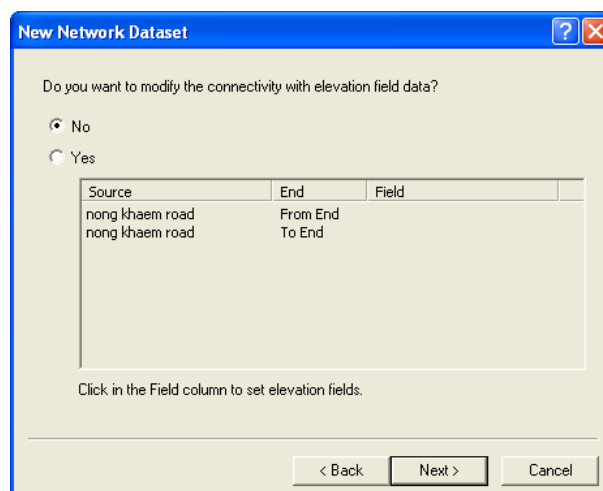
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตั้งค่าให้แผนที่ดิจิทัลเส้นทางคล้ายคลึงกับเส้นทางจริงที่สายตรวจปฏิบัติงานและพฤติกรรมการปฏิบัติงานของสายตรวจรถจักรยานยนต์มากที่สุด ถ้าสามารถตั้งค่าให้ใกล้เคียงจะส่งผลให้การวิเคราะห์ระยะทางแล้วระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจถูกต้องกับความเป็นจริง ดังนั้นการสร้าง Network Dataset เพื่อเชื่อมโยงเส้นทางแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางเข้าด้วยกันจึงมีความสำคัญ ซึ่งการตั้งค่าแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

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



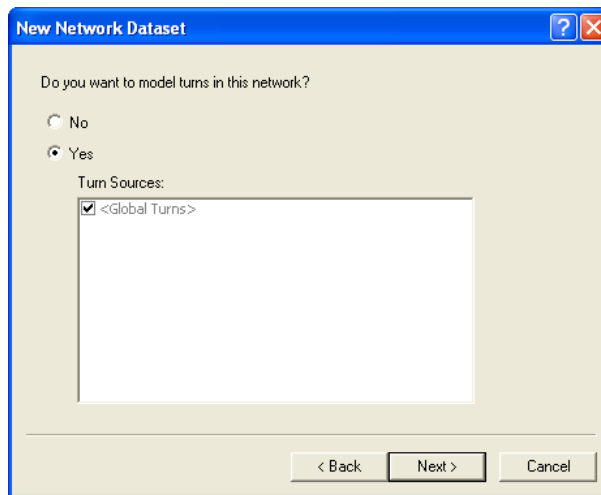
รูปที่ 4.19 การตั้งค่าการเชื่อมต่อแต่ละเส้นทาง ในการสร้าง Network Dataset

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



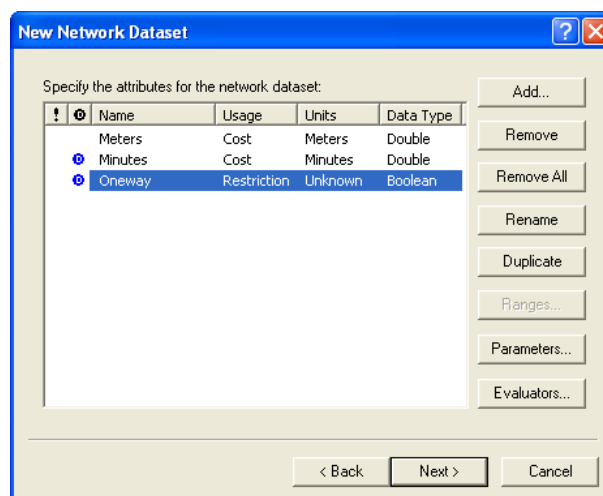
รูปที่ 4.20 การตั้งค่าการเชื่อมต่อด้วยการกำหนดความสูง ในการสร้าง Network Dataset

การตั้งค่าการเลี้ยว: เนื่องจากการปฏิบัติงานจริงสายตรวจรถจักรยานยนต์ใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางจึงมีความคล่องตัวในการปฏิบัติหน้าที่ สามารถกลับรถหรือเลี้ยวทุกจุดเชื่อมต่อของถนนได้โดยสะดวก ดังนั้นในการตั้งค่าจึงเลือกการเลี้ยวรถแบบ 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

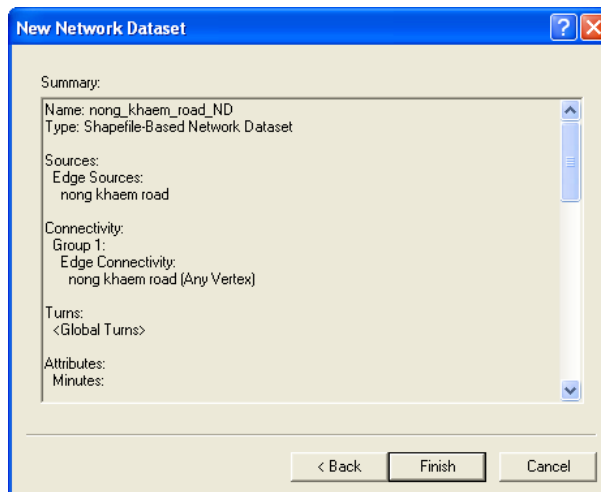
Rank	Prefix	Prefix Type	Name	Suffix Type	Suffix
Primary			NAME_E		

Number of Alternate Names: 0

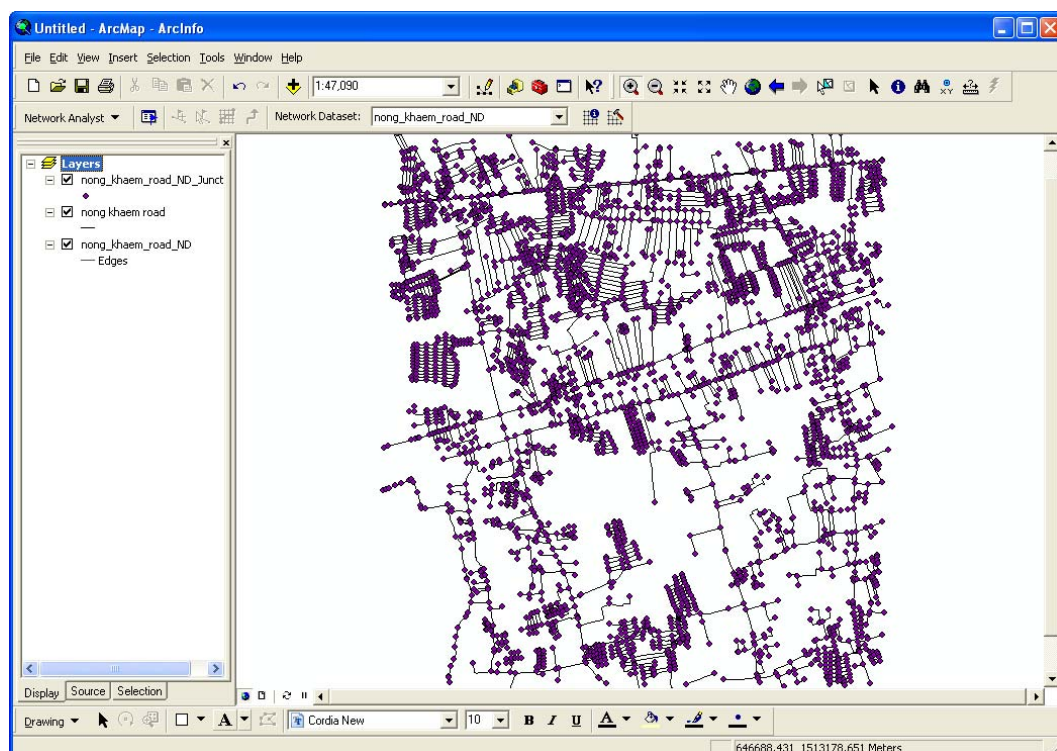
OK Cancel Apply

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



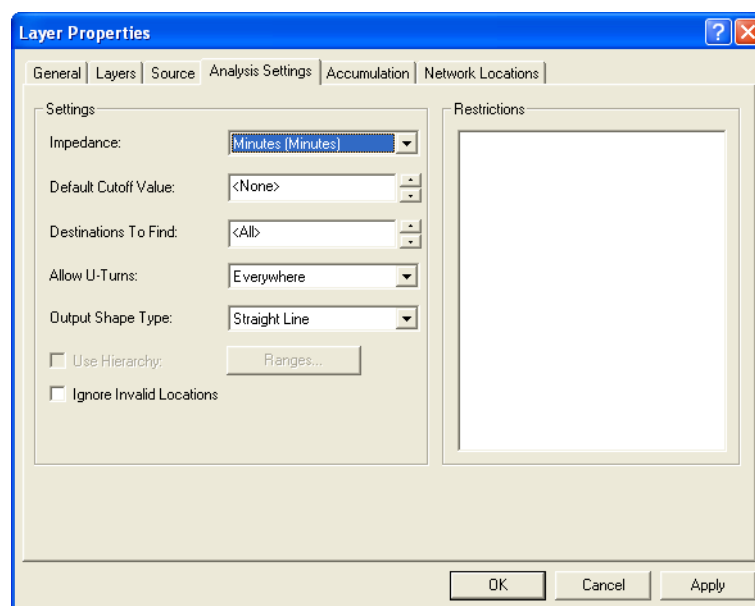
รูปที่ 4.24 หน้าต่างสรุปการตั้งค่าในการสร้าง Network Dataset



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

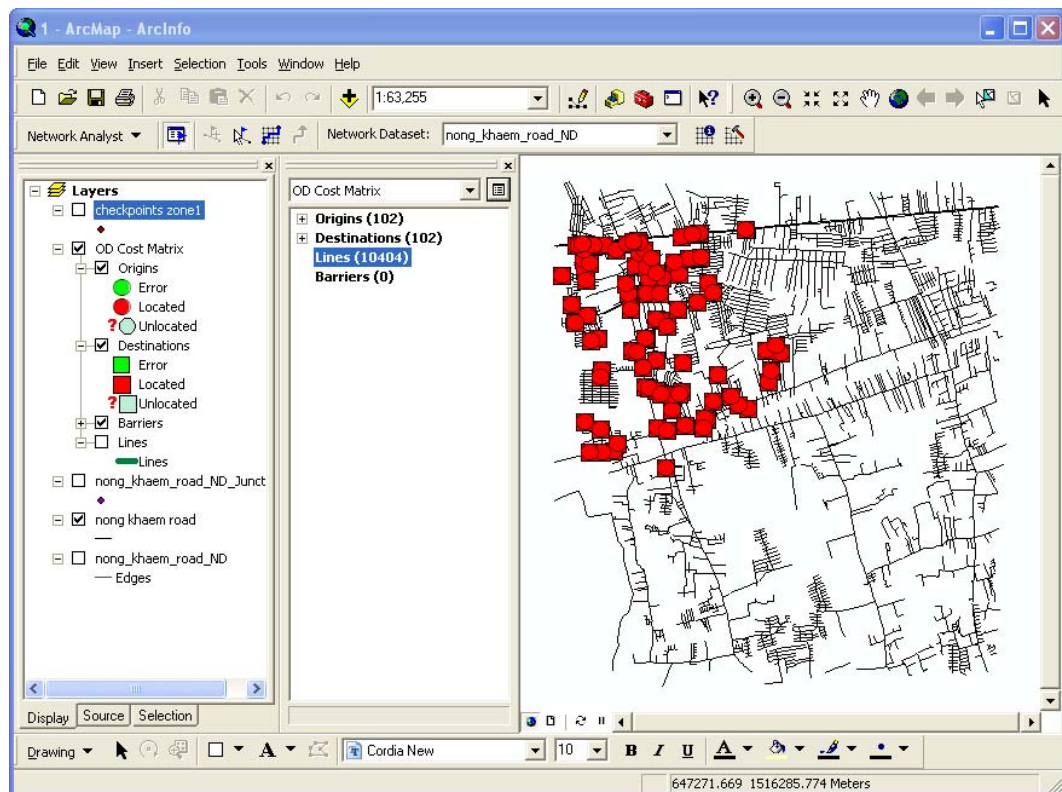


รูปที่ 4.26 การตั้งค่าการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ด้วยเวลา

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

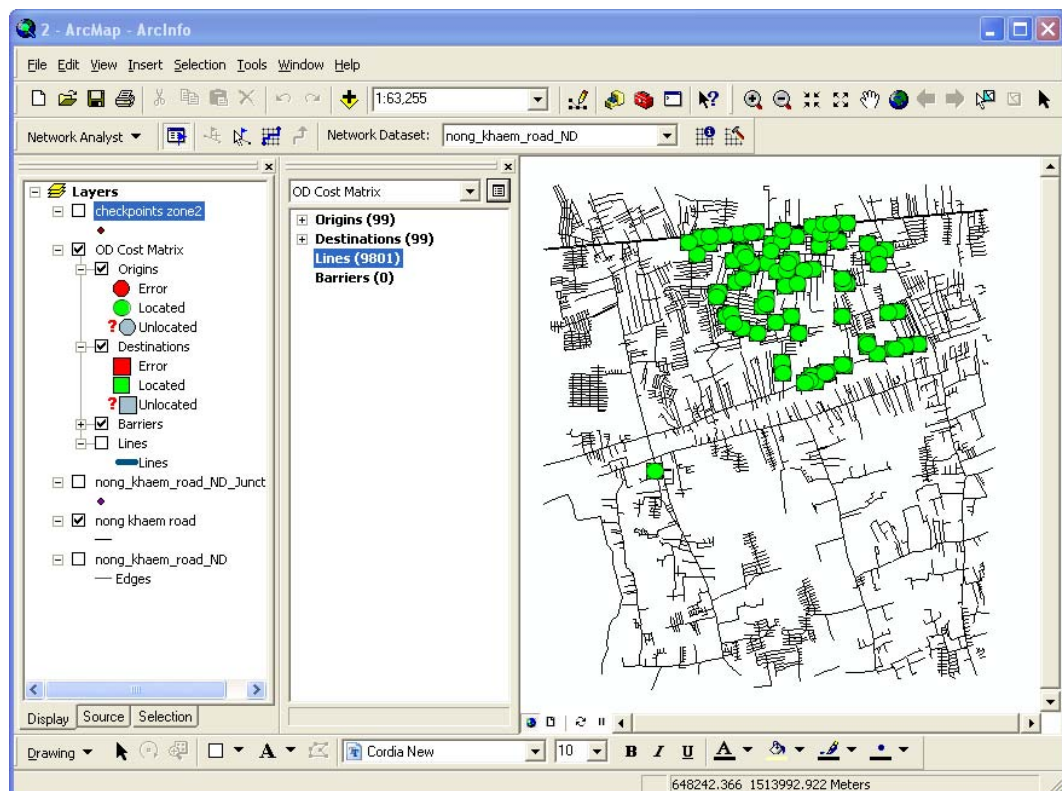
Attributes of Lines					
	Name	OriginID	DestinationID	Travel Time	Distance
	zone1 origin - zone1 origin	1	1	0	0
	zone1 origin - zone1_destination	1	102	0	0
	zone1 origin - zone1_49	1	50	561	1.12
	zone1 origin - zone1_78	1	79	642	1.28
	zone1 origin - zone1_40	1	41	900	1.8
	zone1 origin - zone1_70	1	71	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

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 10404 Selected) Options

รูปที่ 4.28 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1

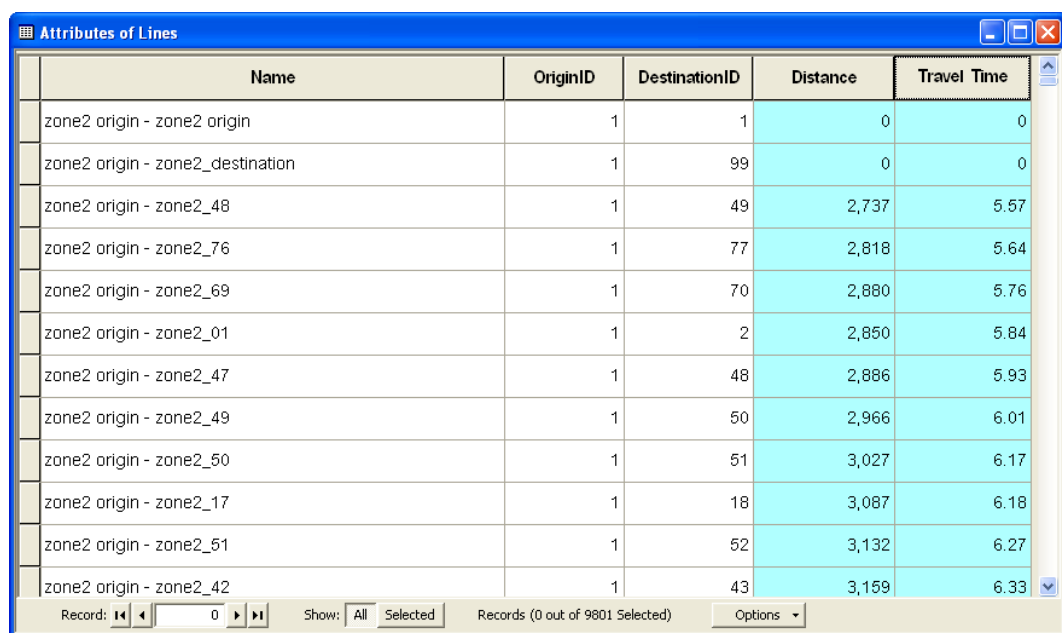
- เขตตรวจที่ 2

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

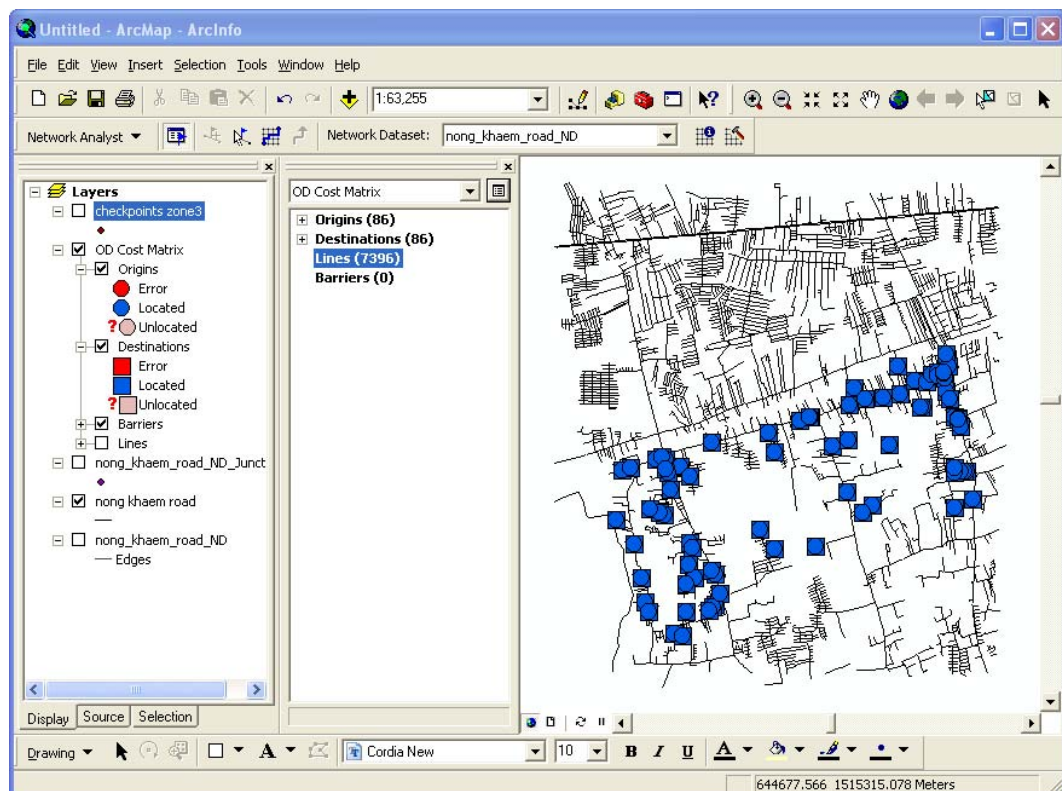


Name	OriginID	DestinationID	Distance	Travel Time
zone2 origin - zone2 origin	1	1	0	0
zone2 origin - zone2_destination	1	99	0	0
zone2 origin - zone2_48	1	49	2,737	5.57
zone2 origin - zone2_76	1	77	2,818	5.64
zone2 origin - zone2_69	1	70	2,880	5.76
zone2 origin - zone2_01	1	2	2,850	5.84
zone2 origin - 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

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

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 7396 Selected) Options

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 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอย ม.हरखा เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 18.00 น. หรือนาทีที่ 120 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 18.30 น. หรือนาทีที่ 150 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยหมู่บ้านहरखा ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะ บริเวณปากซอยหมู่บ้านहरखा (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 20.00 น. หรือนาทีที่ 240 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 20.30 น. หรือนาทีที่ 270 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 20.00 น. หรือนาทีที่ 240 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 20.30 น. หรือนาทีที่ 270 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 21.00 น. หรือนาทีที่ 300 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 21.30 น. หรือนาทีที่ 330 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะซอยเพชรเกษม 73 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะซอยเพชรเกษม 73 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 22.00 น. หรือนาทีที่ 360 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 23.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะปากซอยเพชรเกษม 73 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะปากซอยเพชรเกษม 73 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณตลาดนัดใกล้ สน.หนองแขม เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 17.30 น. หรือนาทีที่ 90 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 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 (สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม) ใน Constraint 7 มีค่าเป็น 0
T_d	คือเวลาสิ้นสุดในการเดินทางออกตรวจ ณ จุดปลายทาง(สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม) 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, เวลาการปฏิบัติหน้าที่ 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 และแก้ปัญหาคต่อไป

4.5.2 เขตตรวจที่ 2

เขตตรวจที่ 2 มีจุดตรวจนำมาพิจารณาในการวิจัยทั้งหมด 18 จุดตรวจ คือ สน.หนองแขม 2 จุด (ได้แก่ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง), จุดตรวจตู้แดง 12 จุด และ จุดตรวจคันยานพาหนะจำนวน 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	810X0_1 +	X0_1 +	X0_1 +	T0 - T1 + W0 + 9999X0_1 <= 9997.13
3	zone3 origin - zone3_002	0	2	1784	3.75	1784X0_2 +	X0_2 +	X0_2 +	T0 - T2 + W0 + 9999X0_2 <= 9995.25
4	zone3 origin - zone3_003	0	3	2894	7.21	2894X0_3 +	X0_3 +	X0_3 +	T0 - T3 + W0 + 9999X0_3 <= 9991.79
5	zone3 origin - zone3_004	0	4	1118	2.62	1118X0_4 +	X0_4 +	X0_4 +	T0 - T4 + W0 + 9999X0_4 <= 9996.38
6	zone3 origin - zone3_005	0	5	733	2.18	733X0_5 +	X0_5 +	X0_5 +	T0 - T5 + W0 + 9999X0_5 <= 9996.82
7	zone3 origin - zone3_006	0	6	873	2.03	873X0_6 +	X0_6 +	X0_6 +	T0 - T6 + W0 + 9999X0_6 <= 9996.97
8	zone3 origin - zone3_007	0	7	2123	5.04	2123X0_7 +	X0_7 +	X0_7 +	T0 - T7 + W0 + 9999X0_7 <= 9993.96
9	zone3 origin - zone3_008	0	8	3505	7.89	3505X0_8 +	X0_8 +	X0_8 +	T0 - T8 + W0 + 9999X0_8 <= 9991.11
10	zone3 origin - zone3_009	0	9	3083	7.35	3083X0_9 +	X0_9 +	X0_9 +	T0 - T9 + W0 + 9999X0_9 <= 9991.65
11	zone3 origin - zone3_010	0	10	4534	11.31	4534X0_10 +	X0_10 +	X0_10 +	T0 - T10 + W0 + 9999X0_10 <= 9987.69
12	zone3 origin - zone3_011	0	11	5124	12.25	5124X0_11 +	X0_11 +	X0_11 +	T0 - T11 + W0 + 9999X0_11 <= 9986.75
13	zone3 origin - zone3_012	0	12	6623	16.74	6623X0_12 +	X0_12 +	X0_12 +	T0 - T12 + W0 + 9999X0_12 <= 9982.26
14	zone3 origin - zone3_077	0	77	2274	5.40	2274X0_77 +	X0_77 +	X0_77 +	T0 - T77 + W0 + 9999X0_77 <= 9993.6
15	zone3 origin - zone3_078	0	78	2274	5.40	2274X0_78 +	X0_78 +	X0_78 +	T0 - T78 + W0 + 9999X0_78 <= 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

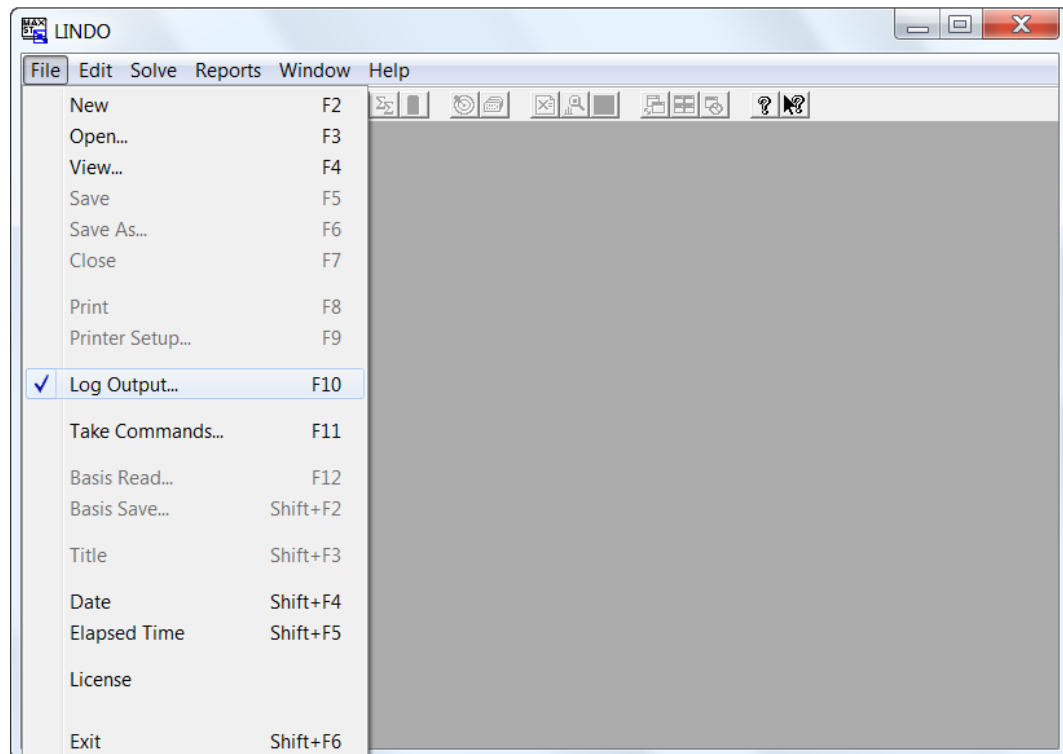
Constraint ที่ 11 $W_{77} = 0$ คือ สายตรวจจรดจักรยานยนต์ไม่ต้องรอบปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple

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

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 เนื่องจากถ้าแก้ปัญหาดด้วยวิธีปกติคือไม่ตั้งค่า Log Output จะทำให้ใช้เวลาแก้ปัญหานาน และที่สำคัญคือจะทำให้โปรแกรมค้างไม่สามารถทำงานต่อได้ถ้ามีเงื่อนไขและตัวแปรจำนวนมาก และไฟล์ผลลัพธ์มีขนาดใหญ่

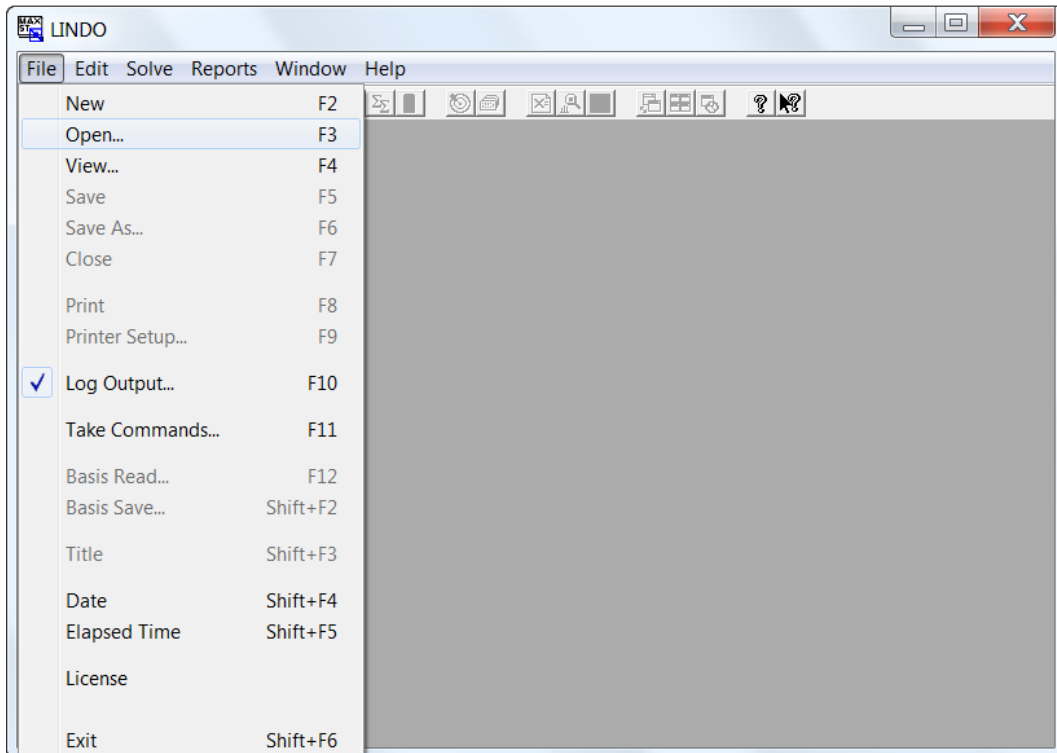


รูปที่ 4.36 การตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแก้ปัญหาของโปรแกรม LINDO ให้ออกมาในรูปแบบไฟล์ text

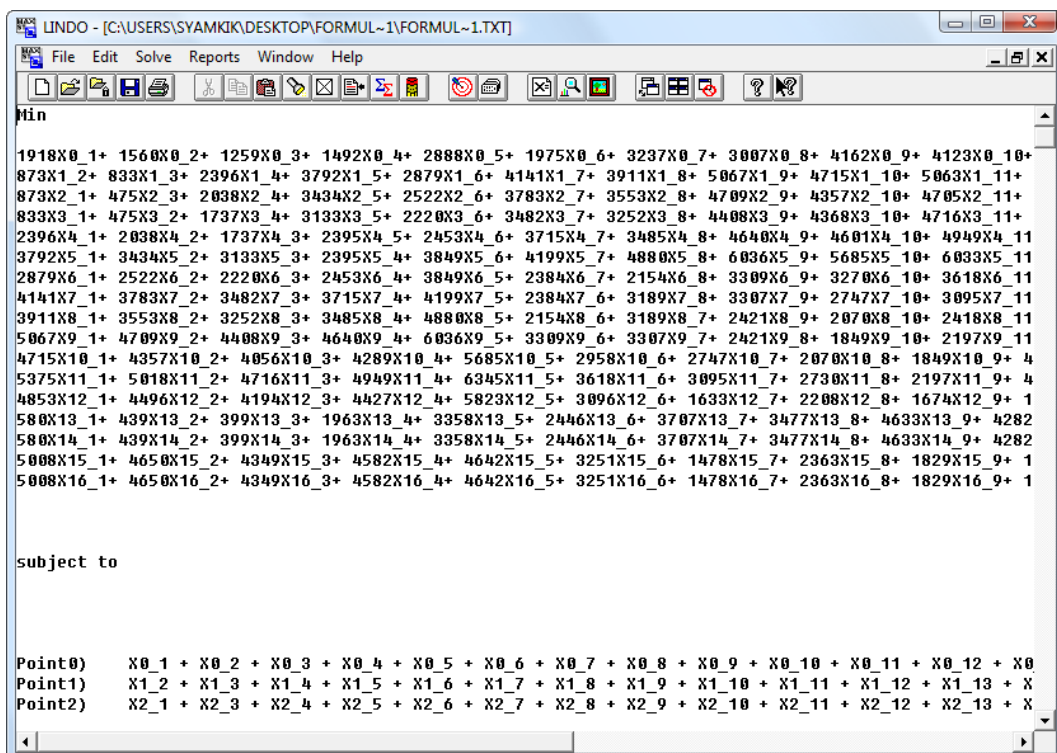
เมื่อทำการตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแล้วต่อไปเป็นนำเข้าสู่สูตรคณิตศาสตร์ที่ต้องการแก้ปัญหด้วยการการ Open ไฟล์ text ตามรูปที่ 4.37 ซึ่งเป็นสูตรคณิตศาสตร์ที่ได้จากหัวข้อที่แล้ว ซึ่งในการวิจัยนี้แบ่งการแก้ปัญหออกเป็นสามกรณีตามเขตตรวจ เมื่อทำการ Open ไฟล์ text เข้ามาในโปรแกรม LINDO แล้วจะแสดงสูตรคณิตศาสตร์ที่ต้องการแก้ปัญหโดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการให้ดูอย่างเดียเพื่อตรวจสอบความถูกต้องไม่สามารถแก้ไขได้ 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



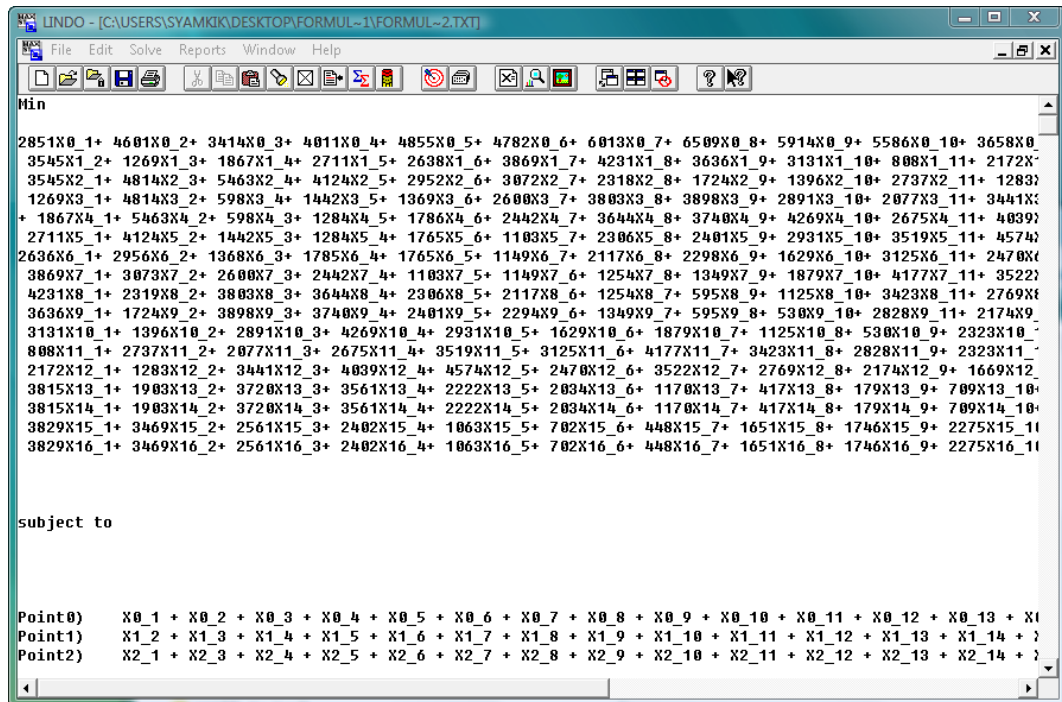
รูปที่ 4.37 เมนูการเปิดไฟล์ text เข้ามาในโปรแกรม LINDO



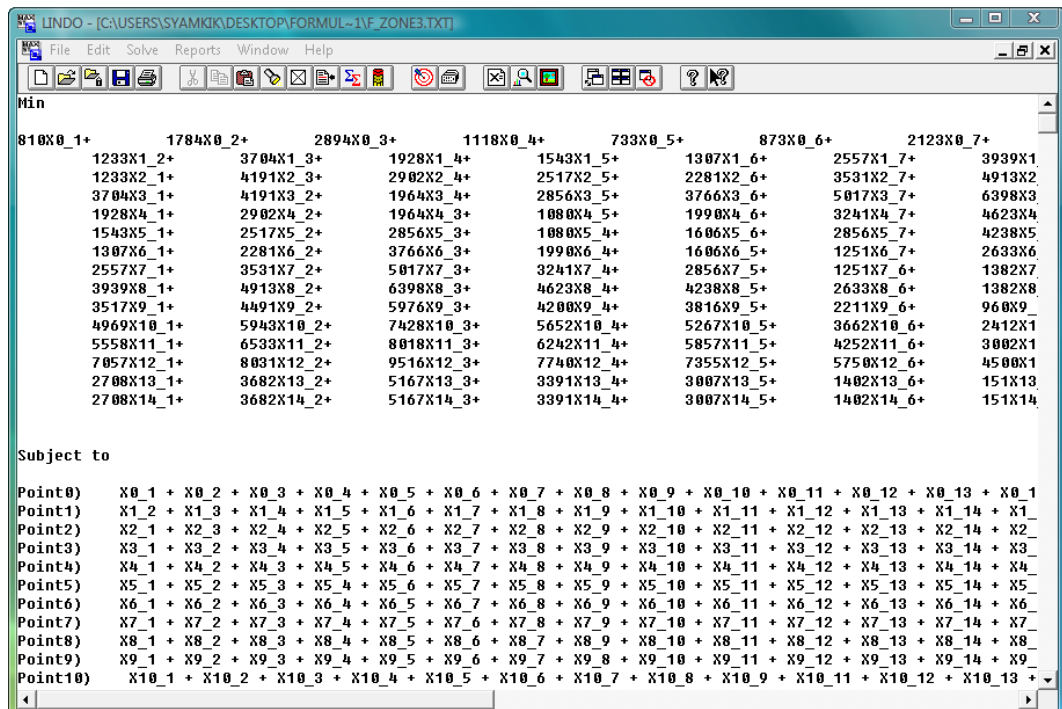
รูปที่ 4.38 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 1 ในโปรแกรม LINDO

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

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



รูปที่ 4.39 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 2 ในโปรแกรม LINDO



รูปที่ 4.40 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 3 ในโปรแกรม LINDO

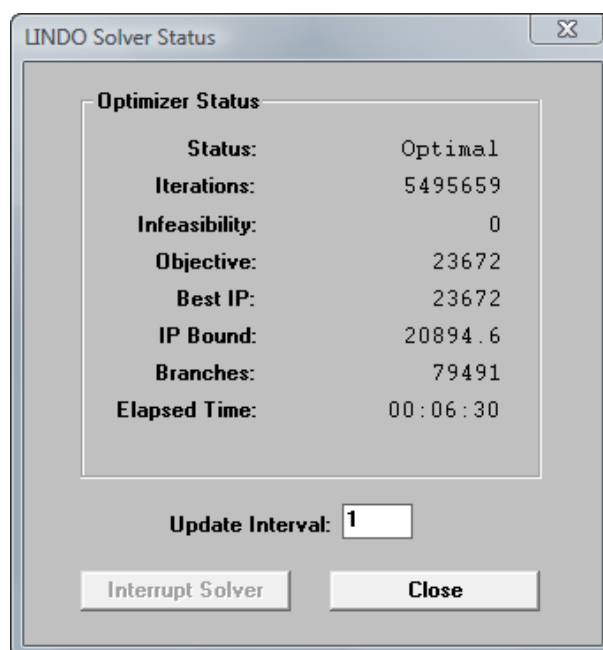
เมื่อนำไฟล์ text ของแต่ละเขตตรวจเข้ามาในโปรแกรม LINDO จึงทำการแก้ปัญหา
สูตรคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

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

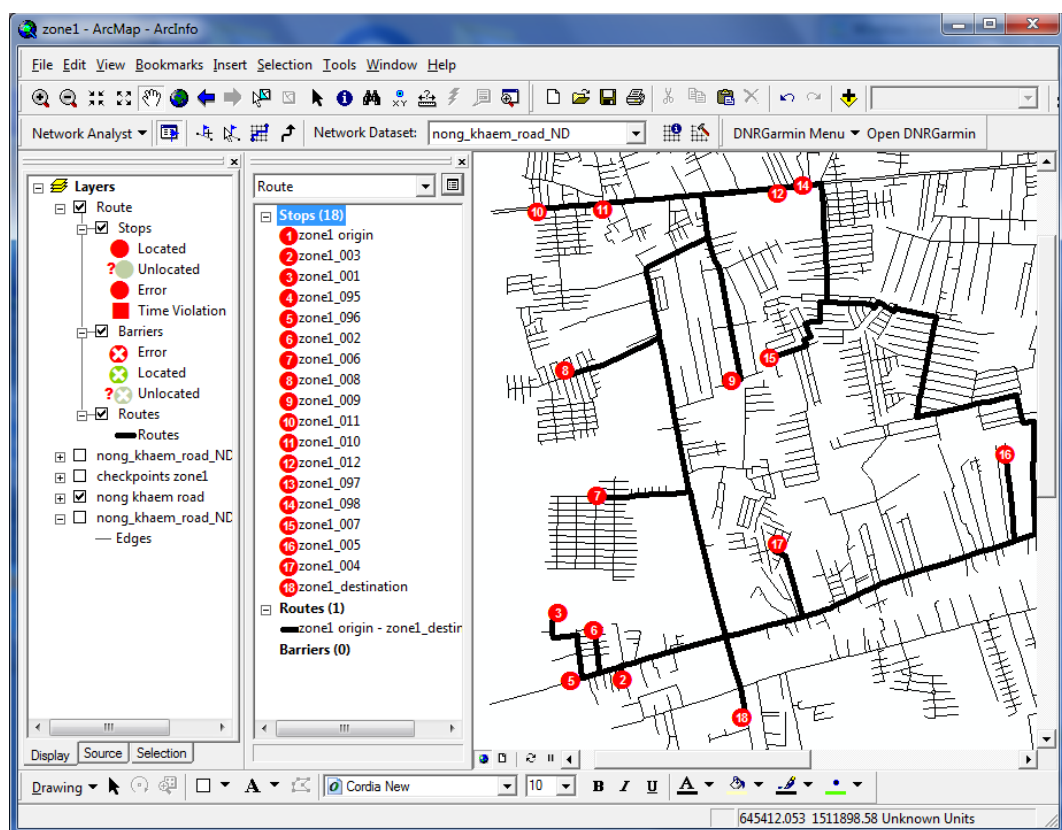
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Sa Nek factory นาที่ที่ 425.72 ซึ่งจุดตรวจนี้
จะต้องรอเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 21.45 นาที แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Kamnan Chaloem นาที่ที่ 463.2 แล้วจึง
ปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chatsan 2 นาที่ที่ 473.03 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่
3 นาที

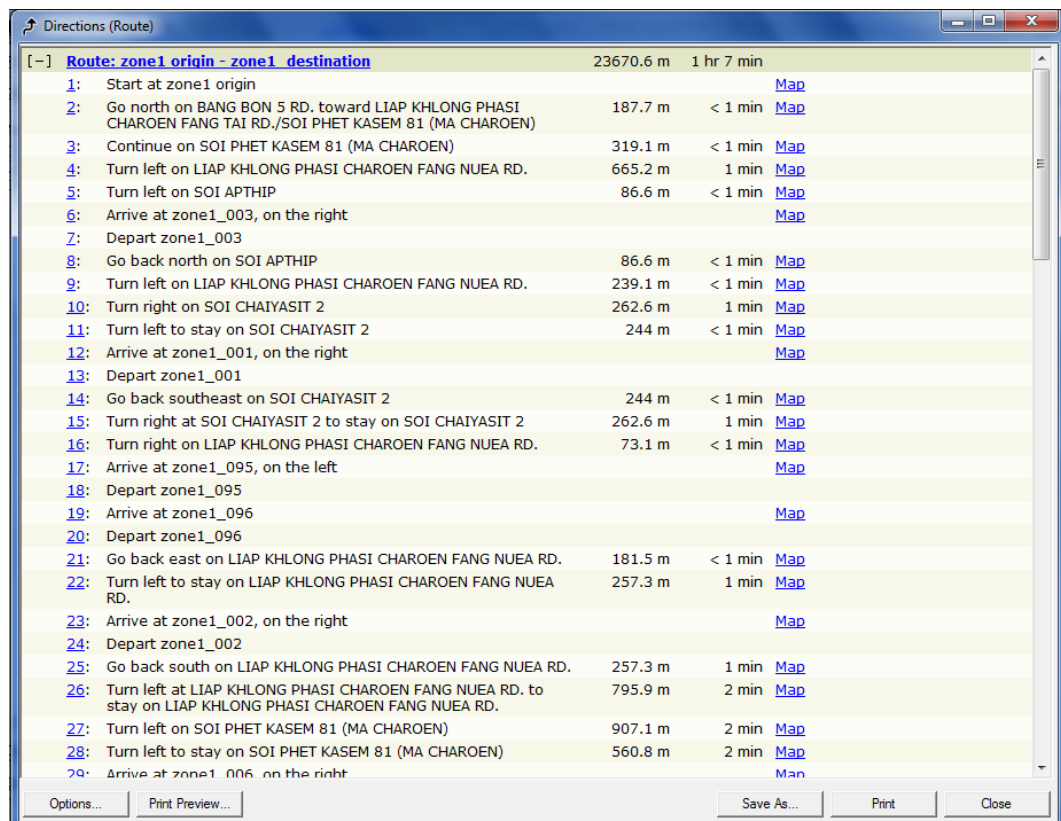
จากนั้นจะเดินทางไปถึง สน.หนองแขม ซึ่งเป็นจุดปลายทาง นาที่ที่ 480 เป็นอันสิ้นสุด
ผลการปฏิบัติหน้าที่

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



รูปที่ 4.42 เส้นทางการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 ที่ได้จากตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ฟังก์ชัน Route ยังสามารถแสดงรายละเอียดการทิศทาง, ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางทั้งหมดตามรูปที่ 4.43 ซึ่งสามารถพิมพ์ออกมาได้ และเป็นประโยชน์ให้ผู้บังคับบัญชาสามารถนำมาใช้ร่วมกับตารางที่ 4.26 ไปให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ปฏิบัติตามได้

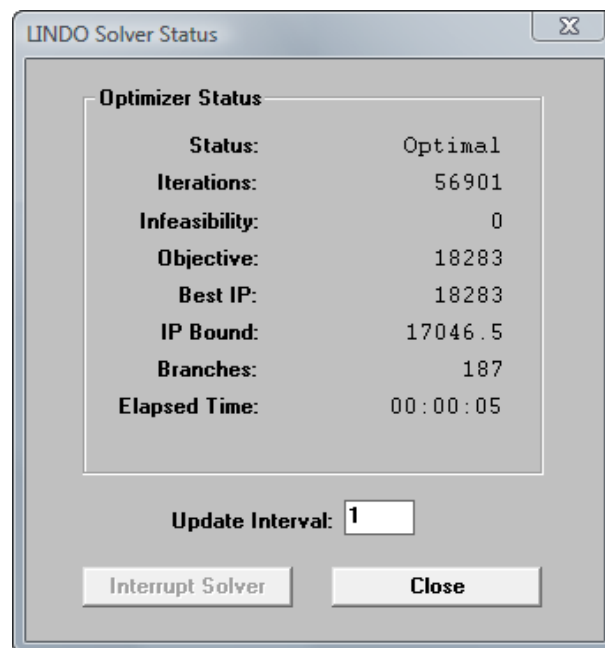


Step	Instruction	Distance (m)	Time
1:	Start at zone1 origin	23670.6 m	1 hr 7 min
2:	Go north on BANG BON 5 RD. toward LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD./SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	187.7 m	< 1 min
3:	Continue on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	319.1 m	< 1 min
4:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN 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 นาที่ที่ 0

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุด Khunmae shop นาที่ที่ 6.84 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Wo Rat company นาที่ที่ 11.48 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chotchuang นาที่ที่ 18.44 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

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

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

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

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

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

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Toyota company นาที่ที่ 439.83 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Nakhon Phet Kasem market นาที่ที่ 444.38 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Phet Kasem 1 village นาที่ที่ 451.27 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

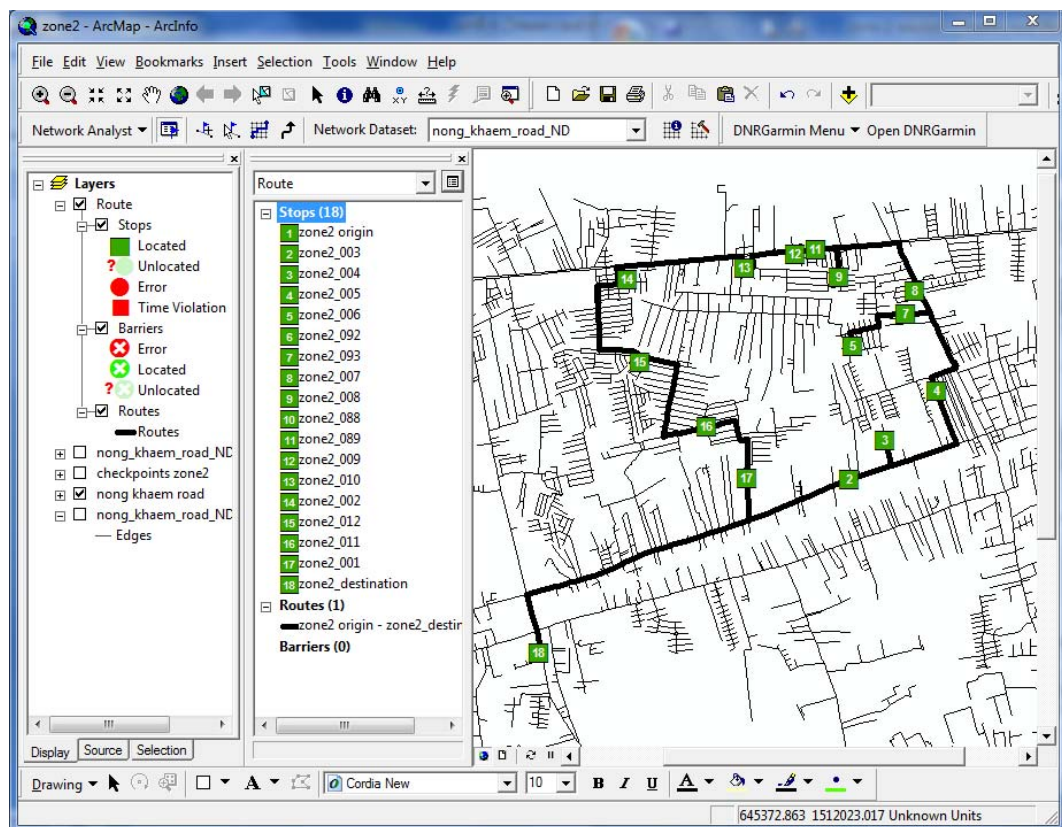
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Prem Pri 1 นาที่ที่ 459.38 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

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

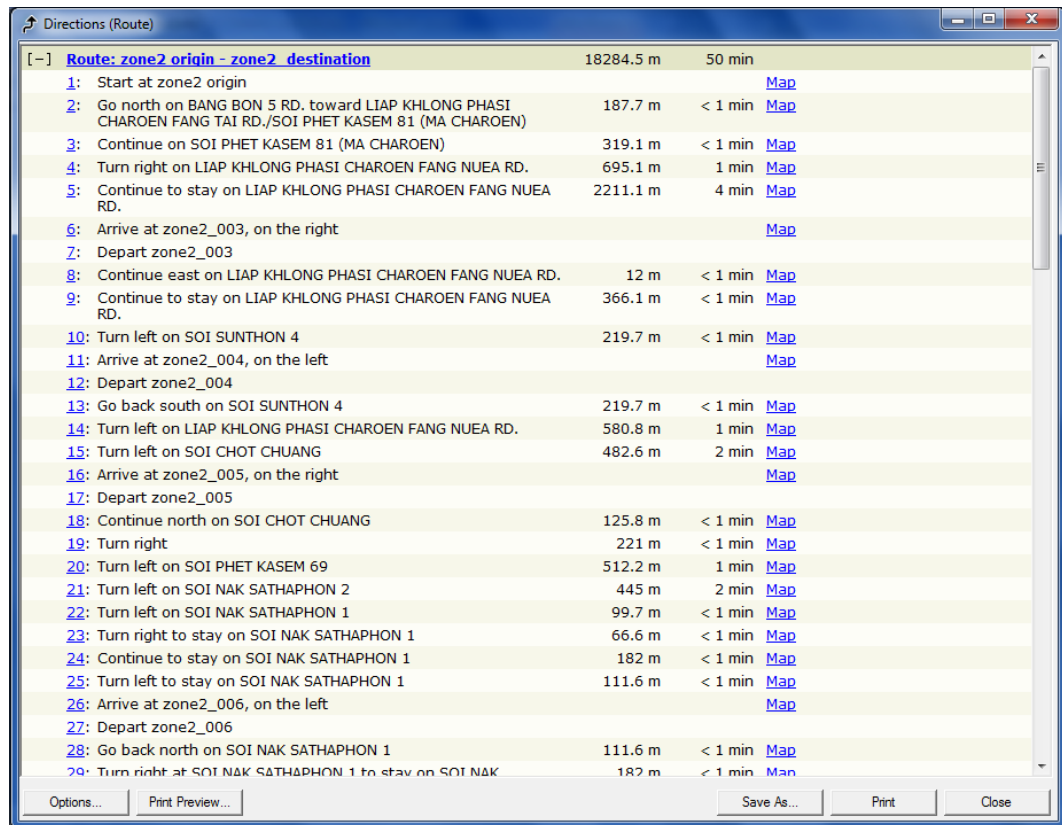
จากนั้นจะเดินทางกลับมายัง Nong Khaem Police Station ซึ่งเป็นจุดปลายทาง
นาที่ที่ 480

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

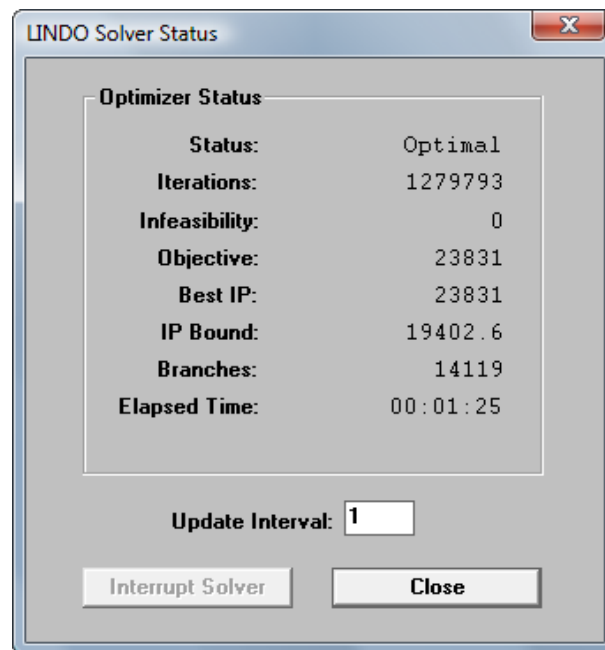


Route: zone2 origin - zone2 destination		18284.5 m	50 min
1:	Start at zone2 origin		Map
2:	Go north on BANG BON 5 RD. toward LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD./SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	187.7 m	< 1 min Map
3:	Continue on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	319.1 m	< 1 min Map
4:	Turn right on LIAP 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

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

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

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลลัพธ์ที่ 2 ข้างต้นสามารถสรุปเป็นตารางให้เข้าใจได้ดังตารางที่ 4.29 โดยในตารางจะมีคอลัมน์ Checkpoint ID , Location, Arrival Time, Waitng Time และ Service Time เพื่ออธิบายว่าแต่ละต้องไปถึงจุดตรวจเมื่อเวลาใด ใช้เวลาในการรอปฏิบัติหน้าที่เท่าใด และใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่เท่าใด 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

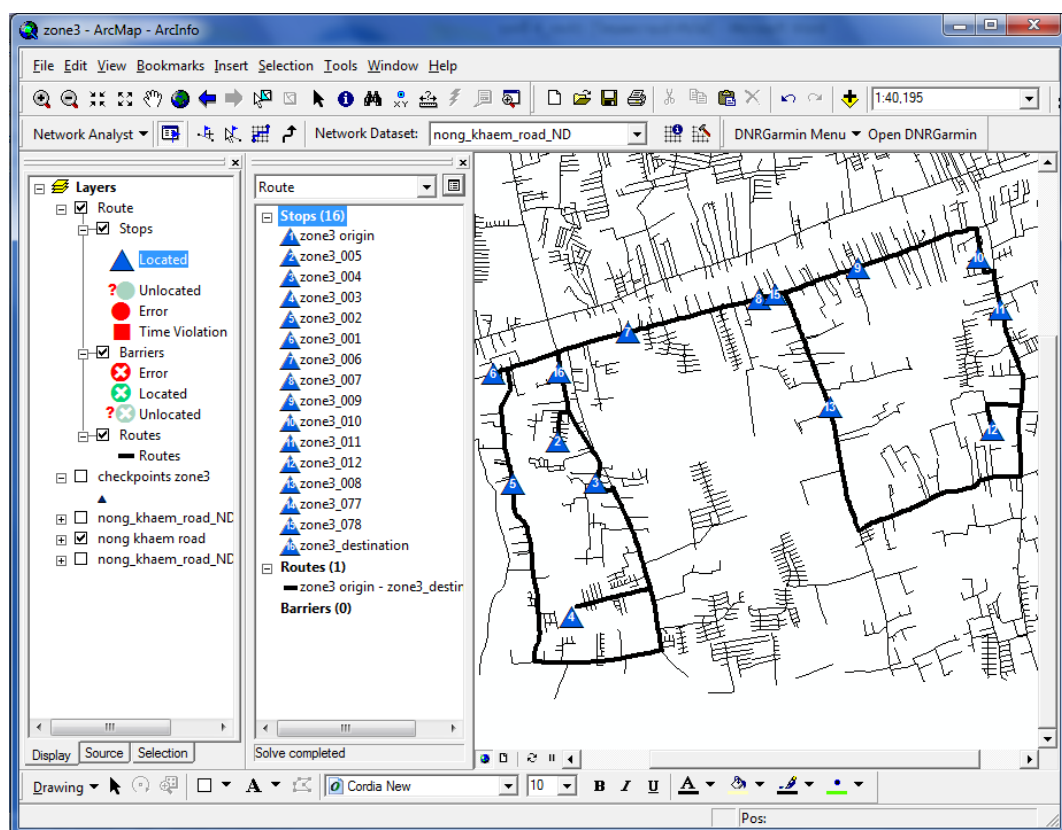
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chaiyo นาทีที่ 398.83 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Pan Factory นาทีที่ 414.51 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple นาที่ที่ 420 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที จากนั้นจึงเลิกปฏิบัติหน้าที่จุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple (Dummy) นาที่ที่ 450 จากนั้นจึงรอบปฏิบัติหน้าที่ 24.61 นาที

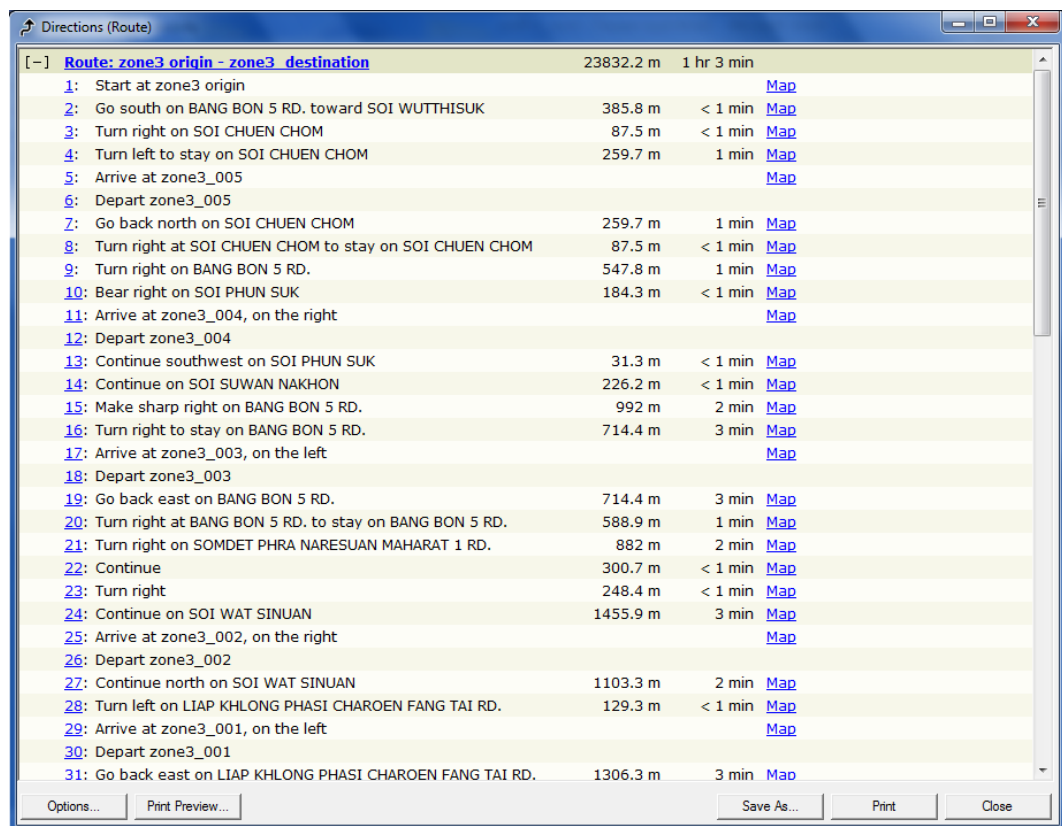
จากนั้นจะเดินทางกลับไปยัง ส.น.หนองแขม ซึ่งเป็นจุดปลายทาง นาที่ที่ 480

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	Route: zone3_origin - zone3_destination	Distance (m)	Time
1:	Start at zone3 origin		
2:	Go south on BANG BON 5 RD. toward SOI WUTTHISUK	385.8 m	< 1 min
3:	Turn right on SOI CHUEN CHOM	87.5 m	< 1 min
4:	Turn left to stay on SOI CHUEN CHOM	259.7 m	1 min
5:	Arrive at zone3_005		
6:	Depart zone3_005		
7:	Go back north on SOI CHUEN CHOM	259.7 m	1 min
8:	Turn right at SOI CHUEN CHOM to stay on SOI CHUEN CHOM	87.5 m	< 1 min
9:	Turn right on BANG BON 5 RD.	547.8 m	1 min
10:	Bear right on SOI PHUN SUK	184.3 m	< 1 min
11:	Arrive at zone3_004, on the right		
12:	Depart zone3_004		
13:	Continue southwest on SOI PHUN SUK	31.3 m	< 1 min
14:	Continue on SOI SUWAN NAKHON	226.2 m	< 1 min
15:	Make sharp right on BANG BON 5 RD.	992 m	2 min
16:	Turn right to stay on BANG BON 5 RD.	714.4 m	3 min
17:	Arrive at zone3_003, on the left		
18:	Depart zone3_003		
19:	Go back east on BANG BON 5 RD.	714.4 m	3 min
20:	Turn right at BANG BON 5 RD. to stay on BANG BON 5 RD.	588.9 m	1 min
21:	Turn right on SOMDET PHRA NARESUAN MAHARAT 1 RD.	882 m	2 min
22:	Continue	300.7 m	< 1 min
23:	Turn right	248.4 m	< 1 min
24:	Continue on SOI WAT SINUAN	1455.9 m	3 min
25:	Arrive at zone3_002, on the right		
26:	Depart zone3_002		
27:	Continue north on SOI WAT SINUAN	1103.3 m	2 min
28:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD.	129.3 m	< 1 min
29:	Arrive at zone3_001, on the left		
30:	Depart zone3_001		
31:	Go back east on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD.	1306.3 m	3 min

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 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการเดินทางปฏิบัติหน้าที่จริงของสายตรวจมีความคล้ายคลึงกัน 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) เวลาการรอบปฏิบัติหน้าที่ (W_i) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของเขตตรวจที่ 1, เขตตรวจที่ 2 และเขตตรวจที่ 3 นั้นมีระยะเวลานาน ซึ่งสายตรวจสามารถนำเวลาดังกล่าวนี้ไปใช้ในการระงับเหตุร้าย หรือนำไปตรวจจุดตรวจอื่นได้ ดังนั้นในการวิจัยต่อไปจึงควรทำการเพิ่มจำนวนจุดตรวจในการประมวลผลมากขึ้น ด้วยการสมมุติจุดตรวจที่เพิ่มเข้ามานั้นเป็นจุดตรวจที่ต้องเดินทางออกตรวจทุกครั้งไปปฏิบัติหน้าที่นอกเหนือจากจุดตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้ เมื่อมีจำนวนจุดตรวจที่ต้องเดินทางมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาการรอบปฏิบัติหน้าที่ (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 syankik@hotmail.com

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ : ทฤษฎีการบังคับใช้กฎหมาย (Law Enforcement Approach) ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าที่ใดมีตำรวจ ที่นั่นจะไม่มีอาชญากรรม จึงแนะนำให้ทุ่มเทกำลังตำรวจออกตรวจตราให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบเพื่อเป็นการป้องกันอาชญากรรม และถ้าเราสามารถจัดแผนการตรวจในลักษณะที่ส่งเจ้าหน้าที่ตำรวจสายตรวจไปตรวจตามสถานที่ที่สอดคล้องต่อการเกิดอาชญากรรมและจุดตรวจคู่แค้น ในเวลาที่อาชญากรรมมักจะเกิดขึ้น ก็จะช่วยลดปัญหาอาชญากรรมลงได้ บทความนี้ได้วิเคราะห์ลักษณะการทำงานของตำรวจสายตรวจ และเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าอย่างมาก กล่าวคือ สถานีตำรวจนั้นอาจเปรียบเสมือนศูนย์กลางกระจายสินค้า ในขณะที่จุดตรวจหลัก-จุดตรวจรองและจุดตรวจพิเศษที่ผู้บังคับบัญชาสั่งการเปรียบได้กับร้านค้าย่อยที่รถขนส่งจะต้องไปส่งสินค้า (แต่ว่าตำรวจต้องไปตรวจตามจุดเหล่านั้น) 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 การป้องกันไม่ให้เกิดเหตุอาชญากรรมด้วยการให้เจ้าหน้าที่งาน 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 ตรวจค้นยานพาหนะต้องสงสัยที่ผ่าน ไปมา โดยมีหัวหน้าสาย ตรวจเป็นผู้ควบคุมบริเวณจุดที่เหมาะสมและเวลาที่กำหนดไว้

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

(6) การปิดล้อมตรวจค้นวงสุรา เป็นการคัดโอกาสที่จะเกิดเหตุร้ายต่างๆ อันเนื่องมาจากการดื่มสุรา เพื่อตรวจหาอาวุธและสิ่งผิดกฎหมาย

(7) การปิดล้อมตรวจค้นสถานที่ซึ่งได้มีการสืบสวนหาข่าวไว้ก่อนแล้ว

(8) การตรวจค้นบุคคลต้องสงสัยในที่สาธารณะ เพื่อพบสิ่งของที่มีไว้เป็นความผิดหรือที่ได้มาจากการกระทำความผิด

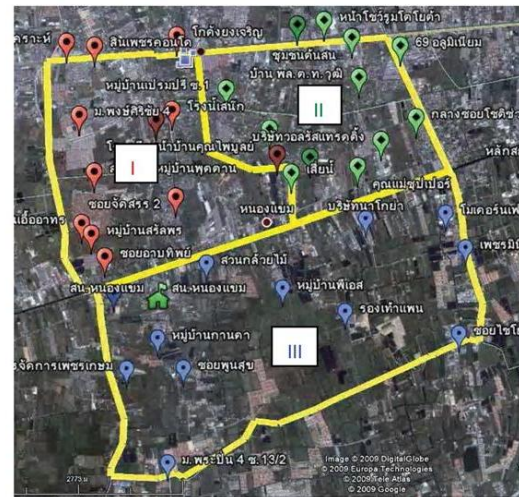
2.3 การแบ่งพื้นที่การทำงาน

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานที่ติดตั้งจุดตรวจจุดเฝ้าในแต่ละเขตตรวจของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

จุดตรวจ	เขตตรวจที่ 1	เขตตรวจที่ 2	เขตตรวจที่ 3
1	หมู่บ้านเอื้ออาทร	เสียน้ำ	รร.มัธยมวัดหนองแขม
2	หมู่บ้านศรีพร	หมู่บ้านพริทอง	รร.วิทยาการจัดการ
3	ซอยอาบทิพย์	คูแม่จูปเปอร์	หมู่บ้านพระปิ่น 4
4	ซอยจัสสร 2	บริษัทออลสแตรคัง	ซอยขุนสุข
5	ซอยกำนันเฉลิม	ซอยโชติช่วง	หมู่บ้านกานดา
6	หมู่บ้านพุดตาน	บ้าน พต.ต.ท.วุฒิ	สวนกล้วยไม้
7	โรงงานสำนึก	69 ออุมิเนียม	หมู่บ้านทีเอส
8	หมู่บ้านพริชัย 4	ชุมชนคันสน	โรงงานรองเท้าแบน
9	กองทองพาสติก	ไชร่วมโคโยต้า	บริษัทนาโอย่า
10	สินเพชรคอนโด	นครเพชรเกษม	โมเดิร์นเฟรม
11	อ.อาคารสงเคราะห์	โรงกลึงคุณไพฑูริย์	เพชรนิมิตร์
12	โกดังขมเจริญ	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

เราอาจพิจารณาได้ว่ากรณีที่เจ้าหน้าที่สายตรวจต้องไปเยี่ยมจุดตรวจในพื้นที่ให้ครบถ้วนก่อนกลับมายังสถานีตำรวจเทียบได้กับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายสินค้า หรือ Traveling Salesman Problem (TSP) ที่มุ่งหาเส้นทางเดินทางที่ครอบคลุมจุดตรวจครบถ้วนและประหยัดที่สุด 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 จุดตรวจสีแดง

4.2 การเก็บข้อมูล

ตัวแบบ TSP ข้างต้นจะต้องทราบข้อมูล c_{ij} ซึ่งในที่นี้แทนด้วยระยะทางระหว่างจุดตรวจ i และ j จึงจำเป็นต้องคำนวณระยะทางดังกล่าวระหว่างจุดตรวจทั้งหมดในรูปของเมทริกซ์ ในเบื้องต้นเราสนใจเพียงว่าจะออกตรวจอย่างไรในแต่ละเขตตรวจให้ครบถ้วนทั้ง 12 จุดตรวจสีแดงและประหยัดระยะทางที่สุด โดยจะยังไม่คำนึงถึงจุดตรวจธนาคาร-ร้านทองและการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามแผนการตรวจ ในการเก็บข้อมูลนั้นเราได้สอบถามที่ตั้งจุดตรวจสีแดงที่อยู่ในเขตตรวจต่างๆ จากสายตรวจแล้วระบุพิกัดของการจุดตรวจสีแดงทั้งหมดพร้อมที่ตั้งของสถานีตำรวจลงในโปรแกรม Google Earth แล้วให้สายตรวจซึ่งปฏิบัติงานจริงระบุว่าใช้เส้นทางใดในการเดินทางไปหาจุดตรวจสีแดงแต่ละจุด จากนั้นใช้เครื่องมือวัดระยะทางตามที่ตั้งสายตรวจเดินทางจนครบแต่ละจุดแล้วนำมาสร้างเป็น Distance Matrix จนครบทั้งสามเขตตรวจ

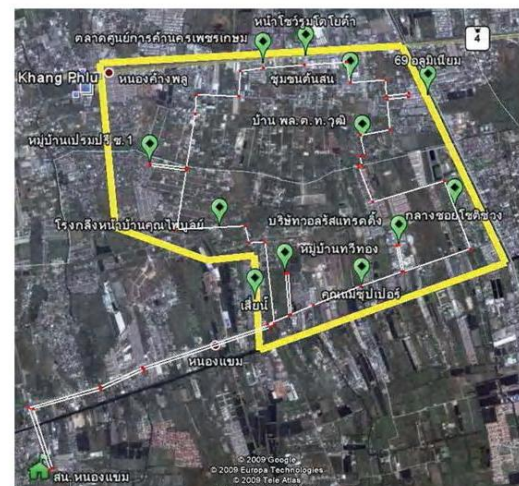
4.3 วิธีการแก้ปัญหา

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 เข้าด้วยกันจนกระทั่งเป็นวงรอบเริ่มจากสถานีตำรวจเวียนไปตามจุดตรวจสีแดงครบถ้วนทั้ง 12 จุดในแต่ละเขต ก่อนจะวกกลับมาที่สถานีอีกครั้ง

ภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างของแผนการตรวจที่ได้รับสำหรับเขตตรวจที่ 2 โดยมีเส้นทางตรวจดังนี้ สน.หนองแขม - โรงกลึงคุณไพฑูรย์ - หมู่บ้านเปรมปรี - ตลาดศูนย์การค้านครเพชรเกษม - ไร่จรัญโคโยตี้ - ชุมชนคันสน - 69 อลูมิเนียม - บ้านพล.ค.ท. วุฒิ - ซอยโชคชัย - 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 จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไปว่าถ้าหากนำเอาจุดตรวจธนาคาร-ร้านทองและการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามแผนการตรวจของหัวหน้างานป้องกันและปราบปรามมาพิจารณาไปพร้อมๆ กันจะเกิดอะไรขึ้น ทั้งในด้านระยะเวลาในการแก้ปัญหาและคุณภาพของผลลัพธ์ นอกเหนือจากนี้แล้ว ยัง

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

6. สรุปผลการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทำงานของตำรวจสายตรวจในพื้นที่รับผิดชอบของกองบัญชาการตำรวจนครบาล และมีความเห็นว่าการจัดแผนการตรวจในแต่ละผลัดนั้นมีลักษณะของปัญหาคล้ายคลึงปัญหาทางธุรกิจโลจิสติกส์ 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 ศรัทธย์, 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



การวางแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์โลจิสติกส์ 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 : งานวิจัยนี้นำตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ โดยสมมติว่าจุดตรวจต่างๆที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบที่เป็นเสมือนลูกค้าที่สายตรวจต้องเดินทางไปให้ครบ และสายตรวจต้องเดินทางไปยังจุดตรวจในช่วงเวลาที่กำหนดตามคำสั่งของผู้บังคับบัญชาเพื่อเป็นป้องกันอาชญากรรมในบริเวณนั้น ซึ่งเปรียบได้กับหน้าต่างเวลา (Time Windows) ของการส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์ ในการพัฒนาตัวแบบจำลองได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเมตริกส์ระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมดและสถานีตำรวจ จากนั้นสร้างแบบจำลองปัญหาการเดินทางของพนักงานขายประเภทที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) ให้สอดคล้องกับการวางแผนการตรวจของตำรวจสถานีนครบาลหนองแขม 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 ย่อมจะทำให้สายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม

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

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

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.สรีพร	เพชรเกษม 1	วิทยาการจัดการ
3	ช.อาบทิพย์	คูแม่สุปเปอร์	ม.พระปิ่น 4
4	ช.จักร 2	บริษัทอลิส	ช.พูนสุข
5	สุค.ก้านเงินเดิม	กลางซอยวัดหัว	ม.กานดา
6	สนง.ม.พุดตาน	บ้าน พ.วุฒิ	45/6 ผังใต้
7	โรงน้ำสะเน็ก	69 ออุมเนียม	ทวีสุขฟาร์ม
8	ม.พงษ์ศรีชัย 4	37/54เพชรเกษม 71	รองเท้าแพน
9	กรุงเทพมหานคร	บริษัทโตโยต้า	นาโกยา
10	สินพรคอนโด	นครเพชรเกษม	โมดิรันฟาร์ม
11	อาคารสงเคราะห์	โรงกลึงโพธิ์	เพชรนิมิต
12	โกดังของเจริญ	ม.ปรมปริย ซอย 1	ช.ไซโย

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 กลางซอยนาคนาสถาพร ³ ว.10 ตรงข้ามคาร์ฟูร์ ⁴
จยช. เขตตรวจที่ 3	15.00 - 15.30 น.	ว.10 หน้าวัดหลักสาม ⁵

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
รถปฏิบัติหน้าที่บริเวณกลางซอยนาคนาสถาพร 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

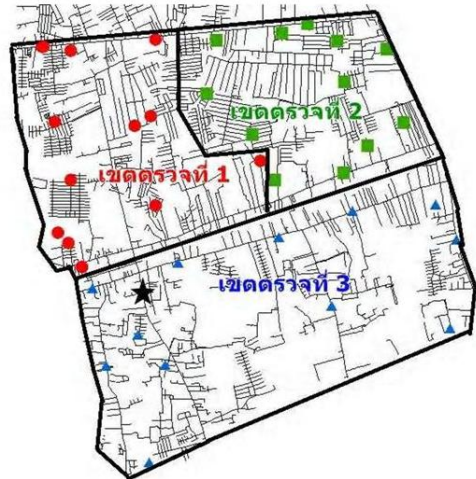
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ใช้ ปฏิบัติหน้าที่ (Si) นาที	การตั้งจุดตรวจคัน	
			เวลามาถึง a	เวลาออก b
1	ม.อ้ออาทร	3	-	-
2	ม.สรีพร	3	-	-
3	ช.อาบทิพย์	3	-	-
4	ช.จักร 2	3	-	-
5	สุค.ก้านเงินเดิม	3	-	-
6	สนง.ม.พุดตาน	3	-	-
7	โรงน้ำสะเน็ก	3	-	-
8	พงษ์ศรีชัย 4	3	-	-
9	กรุงเทพมหานคร	3	-	-
10	สินพรคอนโด	3	-	-
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	การตั้งจุดตรวจคืน	
			เวลาถึง a	เวลาออก b
1	เสียน้ำ	3	-	-
2	เพชรเกษม 1	3	-	-
3	ถนนแม่สุพรรณ	3	-	-
4	บริษัทอภิส	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.ปรมปรีดิ์	3	-	-
13	นาสตาพร 2	60	180	240
14	ตรงข้ามคาร์ปัวร์	60	360	420

Positioning System (GPS) บันทึกค่าพิกัดจุดตรวจนั้นๆ แล้วนำพิกัดทั้งหมดมาระบุในแผนที่เส้นทาง ซึ่งแสดงดังไว้ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของผู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง และจุดตรวจคืนยานพาหนะในพื้นที่ความรับผิดชอบของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

ตารางที่ 5 ตารางการใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละจุดตรวจ ของเขตตรวจที่ 3

จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ใช้ ปฏิบัติหน้าที่ (Si) นาที	การตั้งจุดตรวจคืน	
			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

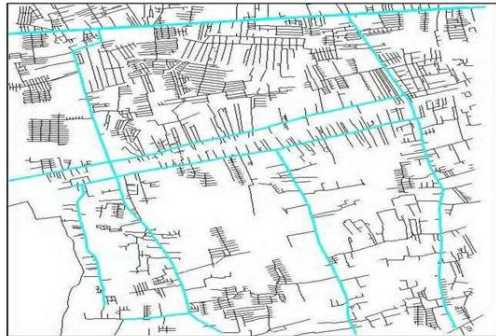
ผู้วิจัยทำการจัดเก็บข้อมูลที่ตั้งของผู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง และจุดตรวจคืนยานพาหนะตามตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ด้วยการเดินทางไปยังสถานที่ดังกล่าวแล้วใช้เครื่อง Global

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

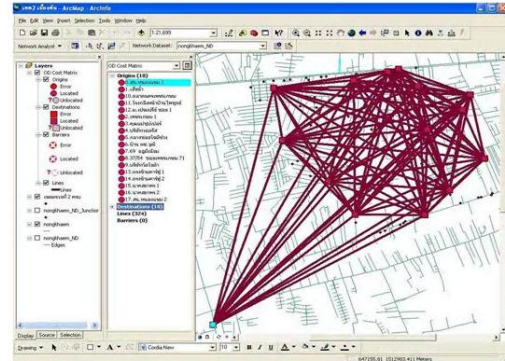


การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 12-14 พฤษภาคม 2553



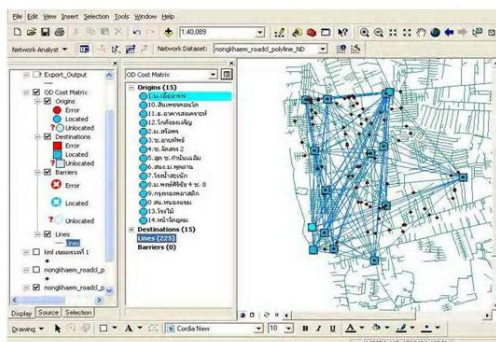
ภาพที่ 2 แสดงการใช้ความเร็วของสายตรวจในถนนสายหลัก (สีแดง) และถนนสายรอง (สีน้ำเงิน)



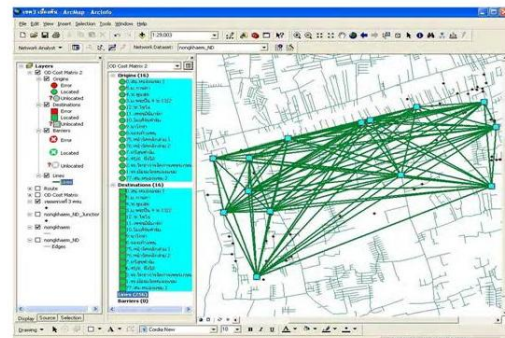
ภาพที่ 4 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณหาระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2

2.2 การคำนวณ Travel Distance Matrix

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



ภาพที่ 3 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณหาระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1



ภาพที่ 5 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณหาระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3

ตารางที่ 6 ตารางระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดในพื้นที่เขตตรวจที่ 1 (หน่วยเป็นเมตร)

Cij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	13	14
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ								
0	สน.หนองแขม	0	1694	1568	1103	.	.	1534	4010
1	ม.เอื้ออาทร	1694	0	129	605	.	.	424	4697
2	ม.สวัสดิ์พร	1568	129	0	479	.	.	491	4571
3	ช.อามทิพย์	1103	605	479	0	.	.	446	4257
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	โรงไม้	1534	424	491	446	.	.	0	4537
14	หน้าวัดอุดม	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	เสี้ยว	เพชรเกษม	คูมแม่สุป	.	.	นาคสอพร	ตรังบุรี
0	สน.หนองแขม	0	2850	4598	3412	.	.	5975	6047
1	เสี้ยว	2850	0	3327	1269	.	.	3832	3696
2	เพชรเกษม 1	4598	3327	0	5620	.	.	3470	1857
3	คูมแม่สุป	3412	1269	5620	0	.	.	2563	3763
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	นาคสอพร 2	5975	3832	3470	2563	.	.	0	1613
14	ตรังบุรี	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	การจักร	ม.พระปิ่น	.	.	ช.ไชโย	วัดหลักสาม
0	สน.หนองแขม	0	808	1782	2894	.	.	6620	2273
1	มัยหนองแขม	808	0	1231	3702	.	.	7055	2707
2	วิทยาลัยการจักร	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.อาบัพ	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	เสี้ยว	เพชรเกษม	คูมแม่สุป	.	.	นาคสอพร	ตรังบุรี
0	สน.หนองแขม	0	4.59	7.08	5.11	.	.	9.14	9.06
1	เสี้ยว	4.59	0	7.50	2.22	.	.	6.25	7.86
2	เพชรเกษม 1	7.08	7.50	0	8.61	.	.	5.57	2.96
3	คูมแม่สุป	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	ตรังบุรี	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	การจักร	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	วิทยาลัยการจักร	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 และไม่รวมจุดปลายทาง

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

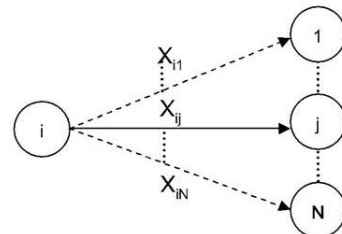
จากตัวแบบคณิตศาสตร์อธิบายแต่ละเงื่อนไขได้ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) มุ่งหาค่าผลรวมของต้นทุนการ
เดินทางที่ต่ำที่สุด โดยหาผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่
สั้นที่สุดที่สายตรวจใช้ในการเดินทางไปยังทุกจุดตรวจ ซึ่งสายตรวจ

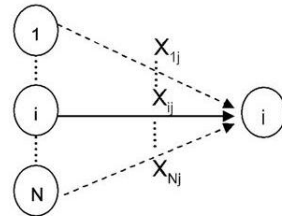
ต้องไม่เดินทางจากจุดเดิมไปจุดเดิม ($i \neq j$) และต้องอยู่ภายใต้
เงื่อนไขของสมการดังต่อไปนี้

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 เป็นสมการที่ใช้ในการพิจารณาเข้าจุดตรวจคันยานพาหนะโดย N และ N' คือจุดตรวจคันยานพาหนะจุดเดียวกันแต่บังคับให้ N ต้องเดินทางไป N' เท่านั้น

เงื่อนไขที่ 7 เป็นสมการที่ใช้ในการพิจารณาออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะโดย 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_d) คือ สน.หนองแขมต้องมาก่อนหรือเท่ากับวันที่ 480 เนื่องจากการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจในแต่ละผลัดใช้เวลา 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที

4. วิธีการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในตอนนี้อามีข้อมูลดังนี้

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	สินพรคอนโด	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 ผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่สั้น (Z) คือ 18,120 เมตร โดยเลือกเส้นทาง (X_p) ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ลำดับการเดินทาง, เวลาที่ไปถึงและเวลารอปฏิบัติหน้าที่แต่ละจุดตรวจที่คำนวณได้ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 2

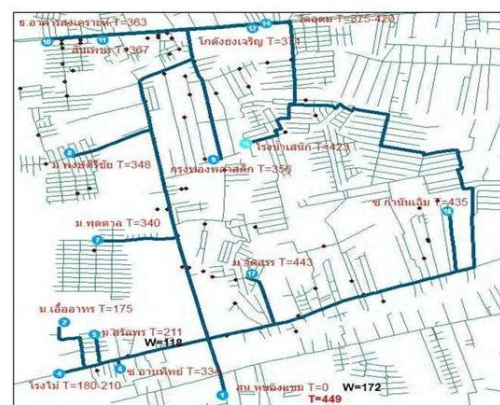
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 2	เวลาที่ไปถึง (Ti) นาที	เวลารอปฏิบัติหน้าที่ (Wi) นาที
0	สน.หนองแขม	0	
3	อุบลเมษุปเปอร์	5.1	
4	บริษัทออลริส	9.2	
5	ซอยโชคช้าง	14.7	153.7
6	บ้าน ผ.วุฒิ	175.3	
13	นาถสทพร 2	180 - 240	110
7	69 ออเนี่ยม	350.9	
8	ซอยเพชรเกษม 71	356	
14	ตรงข้ามคาร์ฟูร์	360 - 420	
9	บริษัทไดโอดี	420.2	
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, เวลาที่ไปถึงและเวลารอปฏิบัติหน้าที่แต่ละจุดตรวจที่คำนวณได้ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 3

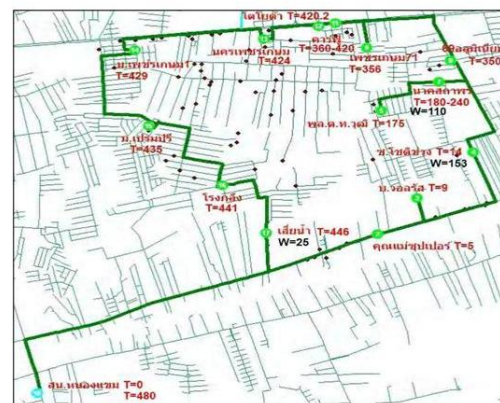
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 3	เวลาที่ไปถึง (Ti) นาที	เวลารอปฏิบัติหน้าที่ (Wi) นาที
0	สน.หนองแขม	0	
5	ม.กานดา	1.4	
4	ช.พูนสุข	6.5	
3	ม.พระปิ่น 4	13.3	
12	ช.ไชโย	31.3	
11	เพชรนิมิตร์	36.9	
10	โมดิรันเฟรม	41.1	
9	นาโคย	46.5	362.7
8	รองท้ายแพน	415.1	
13	หน้าวัดหลักสาม	420 - 450	9.3
7	ทวีสุขฟาร์ม	459.6	
6	45/6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

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

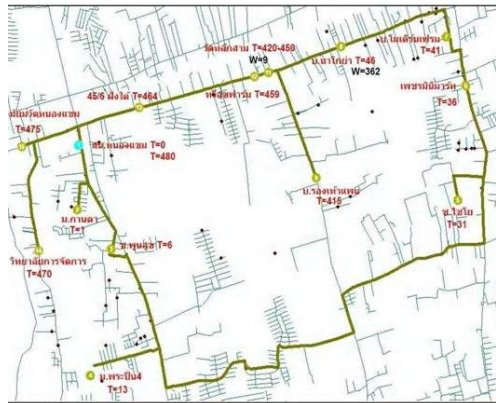
เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงเป็นเส้นทางการเดินทางในเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 จะได้ดังภาพที่ 9, 10 และ 11



ภาพที่ 9 เส้นทางการเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 1



ภาพที่ 10 เส้นทางการเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 2



ภาพที่ 11 เส้นทางเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 3

6. สรุป

จากการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการการแก้ปัญหาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์โลจิสติกส์ที่เสนอกับการเดินทางในเขตตรวจจริง พบว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกับความเป็นจริง สามารถนำไปกำหนดให้สายตรวจเดินทางตามเส้นทางที่วางไว้ และไปถึงจุดตรวจตามเวลาที่กำหนด ทำให้การวางแผนการตรวจเป็นแบบแผนมากขึ้น จากเดิมที่ให้อิสระกับสายตรวจในการเลือกเดินทางซึ่งผู้บังคับบัญชาตรวจสอบได้ยาก ก็อาจจะเปลี่ยนเป็นสามารถกำหนดเส้นทาง, 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)” ความเห็นในรายงานผลกรวิจัยเป็นของผู้รับทุน 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