

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิง
ถึงที่เกิดเหตุ : กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลคูคต
อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด



โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิง
ถึงที่เกิดเหตุ : กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อ้อย
อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงการ

(ศ. ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

(ดร.อิทธิกร ภูมิพันธ์)

กรรมการ

(ดร.อภิชาติ สุดดีพงษ์)

กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ทิวากร ทวีทรัพย์ : การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจาก
 สถานีดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลคูก้อ อำเภอนองฮี
 จังหวัดร้อยเอ็ด (A STUDY OF SUITABLE ROUTE FOR FIRE ENGINE
 FROM A FIRE STATION TO REACH FIRE AREAS : DOK – UENG
 SUBDISTRICT ADMINISTRATIVE ORGANIZATION, NONGHI DISTRICT,
 ROI- ET PROVINCE CASE STUDY) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์
 ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์

โครงการเรื่องการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจากสถานี
 ดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเส้นทางที่เหมาะสมในการเดิน
 รถดับเพลิง จากสถานีดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ ในเขตตำบลคูก้อ และพื้นที่ใกล้เคียง อำเภอนองฮี
 จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งยังไม่ได้มีการวางแผนสำหรับการเดินทางของรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิงไป
 ยังที่เกิดเหตุ วิธีการศึกษาประกอบด้วย การเก็บข้อมูลเส้นทาง และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในการเดินทาง
 ของรถดับเพลิง การคัดเลือกปัจจัยหรือตัวแปรในการวิเคราะห์ที่มีผลต่อการเดินทาง
 ซึ่งประกอบด้วย ระยะทาง เวลา ความเร็ว ความกว้างของถนน สภาพผิวทาง สภาพแวดล้อม
 ที่รถวิ่งผ่าน ปริมาณจราจร ช่วงเวลา และประเภทผิวทาง สำหรับตัวแปรในการตัดสินใจใน
 การศึกษานี้คือ เวลา (Time) นอกจากนี้ ได้กำหนดค่าปรับลดแต่ละปัจจัยโดยเทียบกับการเดินรถบน
 ผิวทางลาดยางเป็นเกณฑ์มาตรฐาน และได้ทำการเดินรถจริงบนเส้นทางที่ได้กำหนดไว้เพื่อสอบ
 เทียบกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) จากผล
 การศึกษา พบว่าจุดเกิดเหตุ ในโครงข่ายเส้นทางในการเดินรถดับเพลิง ทั้งหมด 26 จุด
 (ประกอบด้วย 21 ชุมชน และ 5 สถานที่จุดเสี่ยงการเกิดเหตุเพลิงไหม้) และได้เส้นทางที่เหมาะสม
 ในการเดินรถดับเพลิงที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ไปยังที่เกิดเหตุในเขตพื้นที่ตำบลคูก้อและเขตบริการ
 อำเภอนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด นอกจากนี้ ผู้ศึกษาได้จัดทำคู่มือในการปฏิบัติงานและกำหนด
 เส้นทางเดินรถดับเพลิง สำหรับองค์การบริหารส่วนตำบลคูก้อ ซึ่งผลการประเมินของผู้มีส่วน
 เกี่ยวข้องเป็นที่น่าพอใจ

TIWAKORN TAWEESAP: A STUDY OF SUITABLE ROUTE FOR FIRE
ENGINE FROM A FIRE STATION TO REACH FIRE AREAS: DOK-
UENG SUBDISTRICT ADMINISTRATIVE ORGANIZATION, NONGHI
DISTRICT, ROI-ET PROVINCE CASE STUDY. ADVISORS: ASSOC.
PROF. AVIRUT CHINKULKIJNIWAT, Ph.D.

The purposes of this project aimed to study and develop an appropriate route model of fire trucks from a fire station to reach fire areas in Dok-Ueng sub-district and also nearby areas, Nonghi district, Roi-Et Province. Owing to the fact that, nowadays, there is no route plan for fire trucks from the station to an event place. This study gathers the relevant data including distance, time, speed, the width of roads, pavement conditions, environment, traffic volume, a period of time of the day and pavement types, to perform route optimization. In this study, time was selected to be a decision variable. Besides, the deductive factors were determined for each variable by comparing with travel on asphalt concrete pavement as a benchmark and the actual drive on the route was tested for calibration with the result obtained from linear programming analysis. The findings demonstrated that there were 26 points (21 communities and 5 risk areas) which linked to the fire engine route network. Furthermore, this study also provided suitable routes for the fire engines to go to fire sites, in the studied areas at the possibly minimal time. In addition, the manual for operating and determining the fire engine route has created for Dok-Ueng sub-district administrative organization (SAO) as assessed satisfactorily by relevant users.

School of Construction and Infrastructure Management Student's Signature _____

Academic Year 2018

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ ดร.อิทธิกร ภูมิพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมการจัดทำโครงการได้กรุณาให้ คำปรึกษาแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องจน โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพื่อให้โครงการฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร องค์การบริหารส่วนตำบล และหัวหน้าส่วนราชการองค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง ที่อนุญาต ให้ใช้ครุภัณฑ์ยานพาหนะรถบรรทุกน้ำดับเพลิงเป็นเครื่องมือในการศึกษาโครงการวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ที่สังกัด งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และบุคลากรของ กองช่าง องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล เพื่อทำการศึกษา โครงการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ประโยชน์และคุณค่าของการจัดทำโครงการฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบเป็นเครื่องสักการะคุณ แก่บิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ที่ให้การศึกษายอบรม สั่งสอน ให้สติปัญญา คุณธรรม เป็นเครื่องชี้นำความสำเร็จในชีวิต จนสามารถทำโครงการฉบับนี้ได้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ทิวากร ทวีทรัพย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ท
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย	4
1.6 คำนิยามศัพท์	4
2 ปรัชญารวบรวมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย	5
2.1.1 การป้องกันและระงับอัคคีภัย	5
2.1.1.1 การป้องกัน	5
2.1.1.2 การระงับอัคคีภัย	6
2.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง	7
2.2.1 ความหมายและความสำคัญของการขนส่ง	7
2.2.2 การวางแผนการขนส่ง	7
2.2.3 กระบวนการวางแผนการขนส่ง	9
2.3 การค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization)	11
2.3.1 การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	11
2.3.2 การนำ Optimization ไปใช้ประโยชน์	14
2.3.3 Network Optimization Problem	14
2.4 EXCEL SOLVER	15

2.4.1	ที่มาของ Solver	15
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
3	วิธีดำเนินการศึกษา	19
3.1	พื้นที่ดำเนินการ	19
3.2	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเดินรถดับเพลิง	22
3.2.1	ข้อมูลถนนและชุมชน	22
3.3	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	24
3.4	วิธีดำเนินการ	24
3.4.1	เก็บข้อมูลเส้นทางในการเดินรถ	24
3.4.2	กำหนดตัวแปรตัดสินใจ	24
3.4.2.1	ประเภทถนน	24
3.4.2.2	ความกว้างของถนน	25
3.4.2.3	ระยะทาง	26
3.4.2.4	สภาพแวดล้อม	26
3.4.2.5	ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน	26
3.4.2.6	ช่วงเวลาและเวลาในการเดินทาง	26
3.4.3	สร้างโมเดลปัญหาของเส้นทางเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด	29
4	ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	32
4.1	การสร้างโมเดลจำลองเส้นทางด้วยวิธี Network	32
4.1.1	การจำลองกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้	32
4.2	สร้างแบบจำลองของปัญหา Network ให้เป็นค่าเวลา	35
4.2.1	ตัวแปรประเภทผิวทาง	36
4.2.2	ตัวแปรความกว้าง	36
4.2.3	ตัวแปร สภาพผิวทาง	37
4.2.4	ตัวแปร สภาพแวดล้อม	37
4.2.5	ตัวแปรปริมาณจราจร	38
4.2.6	ตัวแปรประเภทผิวทาง	38
4.2.7	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด C บ้านหนองบัวแดง	48
4.2.8	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด D แยก รร.บ.หนองไส	49

4.2.9	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด E ชุมชนบ้านหนองไส	51
4.2.10	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด F ชุมชนบ้านหนองแขง	53
4.2.11	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด G ชุมชนบ้าน ราษฎร์รังษี	55
4.2.12	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด H ชุมชนบ้านหนองจาน	58
4.2.13	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด I ชุมชนบ้านไร่พัฒนา	60
4.2.14	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด J กุดหล่ม (ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง)	62
4.2.15	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด M ชุมชนห้วยแยกบ้านธาตุพัฒนา	63
4.2.16	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด N ชุมชนบ้านธาตุจอมศรี	64
4.2.17	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด O ชุมชนบ้านธาตุพัฒนา	66
4.2.18	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด P ชุมชนบ้าน หนองเป็ดเก่า	68
4.2.19	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด Q แยกดอนส้มโฮง	70
4.2.20	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด R บ้านคอนแดง ต.สาวแห	72
4.2.21	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด S ชุมชนบ้าน โนนสะอาด	75
4.2.22	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด U บ้านหนองเหี้ยว บ้านหนองแค	77
4.2.23	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด V ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าเป็ดเก่า (วัดป่าเทวารักษ์)	80

4.2.24	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด W ชุมชนบ้านหนองบัวทอง	83
4.2.25	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด X ป่าสาธารณะหนองแค	86
4.2.26	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด Y บ้านสาวแห ต.สาวแห	88
4.2.27	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด Z บ้านโนนสมบูรณ์ ต.สาวแห	91
4.2.28	แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด AA บ้านหนองแคน ต.สาวแห	93
4.3	ผลการเปรียบเทียบเส้นทาง จากโปรแกรม Solver เส้นทางเดินรถดับเพลิง ที่สั้นที่สุด	108
5	สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	141
5.1	สรุปผลการวิจัย	141
5.1.1	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านวารีเกษม (B)	141
5.1.2	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองบัวแดง (C)	141
5.1.3	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน แยกโรงเรียนบ้านหนองไส (D)	141
5.1.4	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองไส (E)	141
5.1.5	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองแซง (F)	142
5.1.6	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านราษฎร์รังษี (G)	142
5.1.7	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองจาน (D)	142
5.1.8	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านไร่พัฒนา (I)	142
5.1.9	กรณีเหตุเกิดที่แยกกุดหล่ม ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง (J)	142
5.1.10	กรณีเหตุเกิดที่ สถานีสูบน้ำบ้านสีสุก (K)	142
5.1.11	กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านสีสุก (L)	142
5.1.12	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน ห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา (M)	143
5.1.13	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านธาตุจอมศรี (N)	143
5.1.14	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านธาตุพัฒนา (O)	143
5.1.15	กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองเป็ดเก่า (P)	143
5.1.16	กรณีเหตุเกิดที่แยกคอนสั่มโฮง (Q)	143
5.1.17	กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านดอนแดง (R) ต.สาวแห	143

5.1.18 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านโนนสะอาด (S).....	143
5.1.19 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านดุกอิ่ง (T).....	144
5.1.20 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองเหี้ยว (U).....	144
5.1.21 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน ป่าสงวน ป่าเปิดเก่า(วัดป่าเทวานุรักษ์) (V).....	144
5.1.22 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองบัวทอง (W).....	144
5.1.23 กรณีเหตุเกิดที่แยกป่าสาธารณะหนองแค (X).....	144
5.1.24 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านสาวแห (Y) ต.สาวแห.....	144
5.1.25 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ (Z) ต.สาวแห.....	144
5.1.26 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านหนองแคน (AA) ต.สาวแห.....	145
5.2 การอภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	145
เอกสารอ้างอิง.....	147
ภาคผนวก ก รูปภาพการ เก็บข้อมูล การทดสอบวิ่งรดับเพลิง.....	149
ประวัติผู้เขียน.....	153

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย พฤษภาคม 2561 ถึง 30 กันยายน 2561 (6 เดือน)....	4
3.1 ข้อมูลหมู่บ้านในเขตตำบลคูคตอึ้ง.....	20
3.2 ข้อมูลถนน สายทางหลัก ผ่านชุมชนในพื้นที่ตำบลคูคตอึ้ง.....	22
3.3 ข้อมูลถนนสายรอง ในเขตตำบลคูคตอึ้ง.....	23
3.4 ข้อมูลถนนในเขตตำบลคูคตอึ้ง และเขตบริการตำบลสาวแห.....	27
4.1 ข้อมูลระยะทาง เชื่อมแต่ละโหนด.....	34
4.2 Factor ช่วงเวลา.....	36
4.3 Factor ความกว้าง.....	36
4.4 Factor สภาพผิวทาง.....	37
4.5 Factor สภาพแวดล้อม.....	37
4.6 Factor ปริมาณจราจร.....	38
4.7 Factor ช่วงเวลา.....	38
4.8 แสดงค่าเวลา ในแต่ละเส้นทาง เชื่อมโครงข่ายเส้นทางเดินรถดับเพลิง.....	39
4.9 ข้อมูล เวลา เส้นทางเดินรถดับเพลิงของอบต.คูคตอึ้ง.....	45
4.10 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด C.....	48
4.11 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด C.....	48
4.12 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด C.....	49
4.13 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด D.....	49
4.14 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด D.....	50
4.15 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด D.....	51
4.16 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E.....	51
4.17 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E.....	52
4.18 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E.....	53
4.19 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F.....	53
4.20 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F.....	54
4.21 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F.....	55
4.22 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด G.....	56

4.83	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 10 (J) แยกกลุ่ม	99
4.84	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 13 (M) ห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา	100
4.85	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 14 (N) บ้านธาตุจอมศรี	100
4.86	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 15 (O) บ้านธาตุพัฒนา	101
4.87	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 16 (P) บ้านหนองเป็ดเก่า	101
4.88	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 17 (Q) แยกดอนส้มโอง	102
4.89	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 18 (R) บ้านดอนแดง ตำบลสาวแห	102
4.90	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 19 (S) บ้านโนนสะอาด	103
4.91	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 21 (U) บ้านหนองแก้ว บ้านหนองแค	103
4.92	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 22 (V) ป่าสงวนแห่งชาติเป็ดเก่า	104
4.93	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 23 (W) บ้านหนองบัวทอง	104
4.94	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 24 (X) แยกป่าสาธารณะหนองแค	105
4.95	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 25 (Y) บ้านสาวแห ตำบลสาวแห	105
4.96	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 26 (Z) บ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลสาวแห	106
4.97	ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 27 (AA) บ้านหนองแคน ตำบลสาวแห	106
4.98	ตารางสรุปผลเส้นทางที่เหมาะสม สำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิง อบต.ดุกอิ่ง	107
4.99	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด C	108
4.100	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด D	109
4.101	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด E	109
4.102	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด F	109
4.103	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด G	110
4.104	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด H	110
4.105	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด I	110
4.106	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด J	111
4.107	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด M	111
4.108	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด N	111
4.109	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด O	112
4.110	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด P	112
4.111	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Q	112
4.112	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด R	113

4.113	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด S.....	113
4.114	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด U.....	113
4.115	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด V.....	114
4.116	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด W.....	114
4.117	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด X.....	114
4.118	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Y.....	115
4.119	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Z.....	115
4.120	เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด AA.....	115



สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 แผนที่จังหวัดร้อยเอ็ด.....	21
3.2 แผนที่องค์การบริหารส่วนตำบลคูอี่ อำเภอนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด.....	21
3.3 ประเภทถนนผิวทางลูกรัง.....	24
3.4 ประเภทถนนผิวทางคอนกรีต.....	25
3.5 ประเภทถนนผิวทางลาดยาง ชนิด แอสฟัลท์ติกคอนกรีต.....	25
3.6 วิธีการจับเวลาในการทดลองเดินรถดับเพลิง.....	26
3.7 หน้าต่างแสดงโปรแกรม Solver.....	29
3.8 เมนู Ribbon ของ Solver.....	29
3.9 เมนู Ribbon ของ Solver ที่ได้ติดตั้ง Add-in แล้ว.....	30
3.10 หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลส่วนประกอบหลักของโมเดล.....	30
4.1 แผนที่ Network ระยะทาง.....	33
4.2 แผนที่ Network เวลา.....	43
4.3 แผนที่โมเดลแบบจำลองปัญหา การเดินทางของรถดับเพลิง ไปยังที่เกิดเหตุ อบต.คูอี่.....	44
4.4 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ C ชุมชนบ้าน นองบัวแดง.....	116
4.5 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ D ชุมชนแยกโรงเรียน บ้านหนองไส.....	117
4.6 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ E ชุมชนบ้านหนองไส.....	118
4.7 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ F ชุมชนบ้านหนองแซง.....	119
4.8 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ G ชุมชนบ้าน ราษฎร์รังสี.....	120
4.9 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ H ชุมชนบ้าน นองจาน.....	121
4.10 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ I ชุมชนบ้านไร่พัฒนา.....	122
4.11 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ J แยกกุดหล่ม ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง.....	123
4.12 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ K สถานีสูบน้ำบ้านสีสุก.....	124
4.13 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ L ชุมชนบ้านสีสุก.....	125
4.14 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ M ชุมชนห้วยแยกบ้านธาตุพัฒนา.....	126
4.15 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ N ชุมชนบ้านธาตุจอมศรี.....	127
4.16 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ O ชุมชนบ้าน ธาตุพัฒนา.....	128

4.17	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ P ชุมชนบ้านหนองเป็ดเก่า	129
4.18	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ Q แยกดอนส้มโฮง	130
4.19	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ R ชุมชนบ้าน ดอนแดง ต.สาวแห	131
4.20	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ S ชุมชนบ้านโนนสะอาด	132
4.21	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ T ชุมชนบ้าน ดูกอิ่ง	133
4.22	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ U ชุมชนบ้านหนองแห้ว	134
4.23	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ V ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าเป็ดเก่า	135
4.24	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ W ชุมชนบ้านหนองบัวทอง	136
4.25	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ X แยกป่าสาธารณะหนองแค	137
4.26	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ Y ชุมชนบ้านสาวแห ต.สาวแห	138
4.27	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ Z ชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ ต.สาวแห	139
4.28	เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ AA ชุมชนบ้านหนองแคน	140
ก.1	การเก็บข้อมูลเส้นทาง	150
ก.2	การเก็บข้อมูลเส้นทาง	150
ก.3	การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง ผิวทางลาดยาง	151
ก.4	การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง ผิวทางคอนกรีต	151
ก.5	การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง ผิวทางลูกรัง	152
ก.6	การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง	152

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ความรุนแรงของสถานการณ์สาธารณสุขของประเทศไทยมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นตามสภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในประเทศและอิทธิพลต่างๆที่ทำให้เกิดสาธารณสุขภัย เมื่อเกิดสาธารณสุขภัยขึ้นในแต่ละครั้งจะได้รับผลกระทบไม่ว่าจะได้รับโดยตรง หรือโดยอ้อม ก็ตาม ทำให้เป็นบทเรียนให้กับการจัดการกับสาธารณสุขในครั้งต่อไปอยู่ตลอดซ้ำๆ อย่างนี้เรื่อยมา ที่ผ่านมาการจัดการกับปัญหาด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณสุข มีปัญหาในหลายด้าน เช่น ด้านโครงสร้างการจัดการและขาดเอกภาพ ขาดองค์ความรู้ ด้านข้อมูล และแนวทางการสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในเรื่องการป้องกันภัย โดยการกำหนดให้มีกฎหมายต่างๆขึ้นมา อาทิเช่นการตราพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณสุข พ.ศ. 2550 กำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแห่งพื้นที่ คือองค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาล เมืองพัทยา และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีกฎหมายจัดตั้ง ให้มีหน้าที่ป้องกันและบรรเทาสาธารณสุข ในเขตพื้นที่ของตน (มาตรา 20) แม้กระทั่งพระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537 (และแก้ไขเพิ่มเติมจนถึงฉบับที่ 5 พ.ศ. 2546) ส่วนที่ 3 มาตรา 67 (4) ป้องกันและบรรเทาสาธารณสุข งานป้องกันสาธารณสุขถือว่าเป็นส่วนงานหนึ่งที่สำคัญ ขององค์การบริหารส่วนตำบล เนื่องจากเป็นงานที่ต้องดูแลรับผิดชอบด้านรักษาความสงบเรียบร้อยของชุมชนในเรื่อง การป้องกันภัย การช่วยเหลือบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชน ที่ประสบภัยจากสาธารณสุข

ดังนั้น องค์การบริหารส่วนตำบลหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นทั่วประเทศ มีหน้าที่จะต้องปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุจากภัยต่าง ๆ โดยตรง ฉะนั้น จึงเป็นที่มาของปัญหา ด้านการป้องกันสาธารณสุข ในที่นี้จะกล่าวถึงงานที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นภารกิจหลักของหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณสุข คืองานดับเพลิง หรืองานระงับเหตุเพลิงไหม้ เมื่อเกิดอัคคีภัยในเขตพื้นที่รับผิดชอบหรือในพื้นที่ข้างเคียง ที่ขอการสนับสนุนรถดับเพลิง

หัวข้องานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงการเดินทางของรถดับเพลิงและการเลือกเส้นทางในการเดินทางดับเพลิงที่ทำให้รถดับเพลิงไปถึงยังที่เกิดเหตุได้เร็วที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด ในเขตพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลคู่อี่ อำเภอนองสี จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งมีรถดับเพลิง ขนาดบรรทุก 10 ตัน บรรจุน้ำได้ 10,000 ลิตร จำนวน 1 คัน เป็นครุภัณฑ์ยานพาหนะบรรทุกน้ำเดิมที่ได้รับโอนจากกรมการปกครอง องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อี่ มีพื้นที่ รวม 92.6 ตารางกิโลเมตร

มีหมู่บ้านในเขตพื้นที่รับผิดชอบจำนวน 17 หมู่บ้าน มีประชากรอยู่อาศัยรวม 8,476 คน จำแนกเป็นเพศชาย 4,308 คน และเพศหญิง จำนวน 4,168 คน มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 1,994 หลังคาเรือน

ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลคูอิง กำลังจะพัฒนาเป็นเขตเทศบาลตำบล มีการขยายตัวของประชากรและมีการก่อสร้างอาคารเพื่อใช้เป็น ที่พักอาศัย เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะไม่มีอาคารพักอาศัยที่เป็นตึกสูงอย่างในเขตชุมชนเมือง แต่ก็มีสภาพการเดินทางที่ลำบาก และไปถึงที่เกิดเหตุได้ช้าซึ่งเป็นเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ระยะทาง ประเภถนน ความกว้างของถนนสภาพแวดล้อม ปริมาณการจราจรซึ่งมีมากพอสมควร โดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วน และเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ทำให้การเดินทางของรถดับเพลิงไปถึงที่เกิดเหตุได้ยาก จึงมีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยที่อาจจะลุกลามจากจุดเกิดเหตุขยายเป็นวงกว้างมากยิ่งขึ้น หากควบคุมเพลิงไว้ไม่ทัน ซึ่งเป็นปัญหาที่ร้ายแรงก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อมในบริเวณที่เกิดเหตุหน่วยงานของรัฐมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงต่อปัญหาด้านนี้คือ งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น แต่ละพื้นที่ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันมิให้เกิดเหตุเพลิงไหม้และให้บริการดับเพลิงเมื่อได้รับแจ้งเหตุ โดยส่วนใหญ่เพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นมาจากความประมาททำให้เกิดประกายไฟขึ้นได้ เช่น เกิดไฟฟ้าลัดวงจร เป็นต้น เมื่อได้รับแจ้งเหตุที่อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบ พนักงานเจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ให้เข้าเวร ประจำศูนย์งานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้น ควบคุมรถดับเพลิงเดินทางไปยังที่เกิดเหตุระยะเวลาในการเข้าไปถึงที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ไม่ควรเกิน 12 นาที (แผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558) นับตั้งแต่เวลาที่ได้รับแจ้งเหตุจนกระทั่งเดินทางไปถึงที่เกิดเหตุ ซึ่งการออกปฏิบัติการดับเพลิงส่วนใหญ่ไม่อาจให้บริการได้รวดเร็วทำให้เกิดการสูญเสียอย่างมาก งานที่สำคัญอย่างหนึ่งของการควบคุมเหตุเพลิงไหม้ คือการเดินทางของรถดับเพลิงไปถึงที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ให้รวดเร็วที่สุด

โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาหาเส้นทางที่เหมาะสม และวิเคราะห์หาเวลาในการเดินทางของรถดับเพลิง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solver ที่เป็น Add-in ใน Microsoft Excel โดยการทดลองเดินทางด้วยรถดับเพลิงแต่ไม่ได้เปิดสัญญาณไฟฉุกเฉินพร้อมจับเวลาในแต่ละประเภทผิวทางและบันทึกผลเวลาเพื่อคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย และคำนวณหาเวลา ของแต่ละเส้นทาง แล้วศึกษาวิเคราะห์ถึงปัจจัยอื่นๆที่มีปัจจัยใดบ้าง ที่ทำให้เวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วลดลง ในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคูอิงและเขตพื้นที่บริการ ตำบลสาวแห อำเภอนองสี จังหวัดร้อยเอ็ด จะทำการทดลองเดินทางในช่วงเดือน มิถุนายน 2561

ถึงเดือน กรกฎาคม 2561 เพื่อศึกษาวิจัยว่าในทุกเส้นทาง ผลการทดลองจะได้เวลา ในการเดินทาง ของรถดับเพลิงในแต่ละเส้นทางมีค่ามากน้อยเท่าใด แล้วสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ ใน Solver เพื่อหาผลลัพธ์เส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด แล้วกำหนดเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการ เดินทางไปถึงที่เกิดเหตุ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ในการปฏิบัติ ภาระกิจการดับเพลิงในแต่ละครั้ง และจัดทำคู่มือแผนการเดินทางที่เหมาะสมสำหรับรถดับเพลิง ไปยังที่เกิดเหตุ ของงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางรถดับเพลิง จากสถานี ดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ ในพื้นที่ชุมชนขององค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.3.1 ทราบเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางของรถดับเพลิงไปยังที่เกิดเหตุ ในเขต องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง
- 1.3.2 ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางของรถดับเพลิงที่ใช้เวลาน้อยที่สุด
- 1.3.3. เพื่อนำผลจากงานวิจัยนี้ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการเดินทาง ของรถดับเพลิง ถึงที่เกิดเหตุในพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ขอบเขตด้านพื้นที่
ศึกษาเฉพาะในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัด ร้อยเอ็ด
- 1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา
ศึกษาวิธี Solver เป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือก จากโปรแกรมสำเร็จรูป Solver ที่เป็น Add-in ใน Microsoft Excel
- 1.4.3 ขอบเขตด้านช่วงเวลา
ระยะเวลาในการศึกษา ครั้งนี้ ตั้งแต่ เดือน พฤษภาคม ถึง เดือน ตุลาคม 2561

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย พฤษภาคม 2561 ถึง ตุลาคม 2561 (6 เดือน)

การดำเนินงานวิจัย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัยศึกษา ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	←→					
2. ทดลองเดินรถดับเพลิง เก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์			←→	←→		
3. วิเคราะห์ข้อมูลการเดินทางของรถดับเพลิง					←→	
4. สรุปผลการศึกษาวิจัย						←→
5. จัดรูปเล่มและนำเสนองานวิจัย						←→

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หมายความว่า องค์กรการบริหารส่วนตำบล เทศบาล องค์กรบริหารส่วนจังหวัด เมืองพัทยา กรุงเทพมหานคร และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นที่มีกฎหมายจัดตั้ง (พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550)

สาธารณภัย หมายความว่า อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาดในมนุษย์ โรคระบาดสัตว์ โรคระบาดสัตว์น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนภัยอื่น ๆ อันมีผลกระทบ ต่อสาธารณชน ไม่ว่าจะเกิดจากธรรมชาติ มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือเหตุอื่นใด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต ร่างกายของประชาชน หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน หรือของรัฐ และให้หมายความรวมถึงภัยทางอากาศ และการก่อวินาศกรรมด้วย

อัคคีภัย หมายถึง ภัยอันตรายอันเกิดจากไฟที่ขาดการควบคุมดูแล ทำให้เกิดการติดต่อกันลุกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ต่อเนื่อง สภาพของไฟจะรุนแรงมากขึ้น ถ้าการลุกไหม้ที่มีเชื้อเพลิงหนุนเนื่อง หรือมีไอของเชื้อเพลิงถูกขับออกมาความรุนแรงก็จะมากยิ่งขึ้น สร้างความสูญเสียให้ทรัพย์สินและชีวิต

บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย เรื่องการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิง จากสถานดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลคู่อี่ง อำเภอนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด ครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รวบรวมเอกสาร ที่เกี่ยวข้อง มาใช้ประกอบในการศึกษาวิจัย โดยผู้ศึกษาได้กำหนดประเด็นของการศึกษาวิจัย ไว้ดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย

แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ (2558) อัคคีภัย หมายถึง ภัยอันตรายอันเกิดจากไฟที่ขาดการควบคุมดูแล ทำให้เกิดการติดต่อดลุกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ต่อเนื่อง สภาพะของไฟจะรุนแรงมากขึ้น ถ้าการลุกไหม้ที่มีเชื้อเพลิงหนุ่นเนื่อง หรือมีไอของเชื้อเพลิงถูกขับออกมาความวร้อนแรงก็จะมากยิ่งขึ้น

2.1.1 การป้องกันและระงับอัคคีภัย

2.1.1.1 การป้องกัน

นภัสวรรณ แสงมณี (2558) วิทยาลัยป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กล่าวไว้ว่าในการดำรงชีวิตของมนุษย์ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน มีไฟเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ตลอดเวลา ถือได้ว่า มีความสำคัญเพราะ มีคุณอนันต์หากใช้ด้วยความรอบคอบและระมัดระวัง แต่ในขณะเดียวกัน หากผู้ใช้เกิดความประมาท หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ รวมทั้งขาดความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัย ก็จะทำให้เกิดอัคคีภัยกลายเป็นมหันตภัยที่เฝ้าผลาญทำลายชีวิตและทรัพย์สินขึ้นอย่างรวดเร็ว หลักปฏิบัติเบื้องต้นในการป้องกันและระงับอัคคีภัย ดังนี้

- 1) ต้องจัดระเบียบภายใน ภายในอาคารบ้านเรือน และสถานที่ทำงานให้เรียบร้อยระวังเรื่องการเดินสายไฟฟ้า การใช้ความร้อน เก็บเชื้อเพลิงและวัตถุไวไฟให้เป็นสัดส่วนพ้นจากบริเวณ ที่อาจเกิดความร้อนหรือประกายไฟ และเขียนเครื่องหมายกำกับไว้อย่างชัดเจน รวมทั้งคำนึงถึงทางหนีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินด้วย ซึ่งอย่างน้อยต้องมี 2 ทาง และไม่มีสิ่งกีดขวาง
- 2) ต้องคอยซ่อมบำรุง คือการตรวจตรา ซ่อมแซม ดูแลเอาใจใส่อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่อาจเป็นบ่อเกิดอัคคีภัย เช่น ฟิวส์ สายไฟฟ้า ปลั๊กไฟ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกล เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดความ

ร้อน ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และปลอดภัยเสมอ หากชำรุดต้องรีบแก้ไขทันที และไม่ควรใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหลาย ๆ ชนิดพร้อมกัน เพราะอาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้

- 3) ต้องศึกษาและทำความเข้าใจกฎแห่งความปลอดภัยแล้วปฏิบัติตาม เช่น ไม่ปล่อยให้เด็กเล่นไฟ จุดธูปเทียนบูชาพระโดยไม่ดูแล สูบบุหรี่ในที่ห้ามสูบ เผาขยะมูลฝอยโดยไม่ควบคุม
- 4) ต้องลดความขัดแย้ง เพราะความขัดแย้ง ความไม่สามัคคีกันในชุมชน คือ ภัยอันตรายต่อการสร้างความกลมเกลียวให้เกิดขึ้นทั้งเพื่อนบ้าน และหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง

2.1.1.2 การระงับอัคคีภัย

หลักปฏิบัติเบื้องต้นในการระงับอัคคีภัยหรือการดับเพลิง โดยการกำจัดองค์ประกอบที่ทำให้เกิดไฟแต่ละอย่าง สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

- 1) การกำจัดเชื้อเพลิง โดยการนำเชื้อเพลิงออกจากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย การแยกวัสดุที่ติดไฟออกเพื่อสะดวกในการดับ สำหรับกรณีขนถ่ายเอาเชื้อเพลิงออกไปไม่ได้ ควรใช้วิธีนำสารอื่นๆ มาเคลือบผิวของเชื้อเพลิงเอาไว้ เช่น การใช้ผงเคมีโฟม น้ำละลายด้วยผงซักฟอก ซึ่งเมื่อน้ำตกลงบนผิววัสดุแล้วจะปกคลุมอยู่นานตรงเป้าหมายที่น้ำหรือสารเคมีอื่น ๆ ที่ผสมในน้ำยังไม่สลายตัว
- 2) การกำจัดออกซิเจน โดยการปิดกั้นออกซิเจนไม่ให้ไปรวมตัวกับไอของเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นการลดปริมาณของออกซิเจนในอากาศให้น้อยลง เนื่องจากออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหนึ่งของไฟ ซึ่งมีหลายวิธี เช่น วิธีการฉีดน้ำหรือสารปกคลุมอื่น ๆ ไปคลุมผิวเชื้อเพลิง หรือนิดก๊าซเฉื่อยไปคลุมบริเวณเพลิงไหม้ทำให้จำนวนออกซิเจนในอากาศมีปริมาณต่ำลงจนไม่มี สันดาป อีกต่อไป, วิธีการใช้ผ้าหนา ๆ เช่น ผ้าห่มคลุมทำให้อับอากาศ, วิธีการใช้ทรายหรือดินกลบ, วิธีการใช้ฟองเคมีในกรณีไฟเกิดกับเชื้อเพลิงเหลว ข้อควรระวังเกี่ยวกับการกำจัดอากาศในห้องที่ปิดหรือกั้นแคบ คือการขาดอากาศหายใจ ซึ่งผู้ดับเพลิงต้องระวังให้มาก
- 3) การลดอุณหภูมิ หรือการทำให้เย็นตัวลงหรือการลดความร้อนของวัสดุที่ไหม้ไฟให้ต่ำลง จนไม่สามารถที่จะถูกไหม้ต่อไปได้ โดยปกติทั่วไป

ใช้น้ำเป็นตัวลดอุณหภูมิของวัสดุ ที่ไหม้ไฟเพราะหาง่าย สะดวก มีค่าใช้จ่ายไม่สูง ข้อควรระวังการใช้น้ำคือน้ำเป็นสื่อไฟฟ้า และน้ำเมื่อรวมกับสารเคมีบางชนิดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นสรุปได้ว่า แนวทางที่จะไม่ทำให้เกิดอัคคีภัยได้นั้น ต้องรู้จักที่จะระมัดระวังเอาใจใส่ดูแลอุปกรณ์ไฟฟ้า และวัตถุไวไฟต่าง ๆ รวมทั้งอาคารสถานที่ ให้มีความปลอดภัยที่สุด และหากเกิดอัคคีภัยขึ้นควรรีบกำจัดสิ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่เป็นต้นเหตุ ได้แก่ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และลดอุณหภูมิให้เย็นลง

2.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง

2.2.1 ความหมายและความสำคัญของการขนส่ง

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2553) การเดินทางและขนส่งเป็นกิจกรรมหลักที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ อาจกล่าวได้ว่าแทบจะไม่มีมนุษย์คนใดเลยที่การดำเนินกิจวัตรประจำวัน ไม่เกี่ยวข้องกับการเดินทางและขนส่ง ในชีวิตประจำวันของมนุษย์นั้นต้องเกี่ยวข้องกับการขนส่งไม่มากก็น้อยแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการดำเนินชีวิตและวัตถุประสงค์การเดินทางของแต่ละบุคคลโดยทั่วไป การขนส่ง (Transportation or Transport) ก็คือการเคลื่อนย้ายคน สัตว์ หรือสิ่งของจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งโดยการใช้เครื่องมือหรือพาหนะอย่างใดอย่างหนึ่ง การขนส่ง ตามความหมายที่นิยามไว้โดยสภารานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน กล่าวว่า “ขน” หมายถึง การนำเอาของมาๆ จากที่หนึ่งไปไว้อีกที่หนึ่ง และ “ส่ง” หมายถึง การยื่นให้ถึงมือหรือพาไป ให้ถึงที่ ดังนั้นเมื่อรวมทั้งสองคำเข้าด้วยกัน “ขนส่ง” จึงหมายถึงการนำไปและนำมาซึ่งของมาๆ จากที่หนึ่งไปไว้อีกที่หนึ่งนั่นเอง อีกความหมายหนึ่งของการขนส่ง คือ ความหมายของการขนส่งตามพระราชบัญญัติการขนส่ง พ.ศ. 2497 มาตรา 4 โดยให้นิยามไว้ว่า การขนส่ง คือ การลำเลียงหรือเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของด้วยเครื่องมือ อุปกรณ์การขนส่ง ซึ่งอุปกรณ์การขนส่งในที่นี้ หมายถึง ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งรวมถึงเครื่องทุ่นแรงด้วย และจากมุมมองตามหลักเศรษฐศาสตร์ การขนส่ง หมายถึง กิจกรรมทางเศรษฐกิจ อย่างหนึ่งที่จัดให้มีการเคลื่อนย้ายคน สัตว์ และสิ่งของจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง

2.2.2 การวางแผนการขนส่ง

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2553) ความหมายของการวางแผนการขนส่ง กระบวนการที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งของการขนส่งคือการวางแผนการขนส่ง โดยทั่วไปแล้ว การวางแผนนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็น และมีความสำคัญในการดำเนินกิจการทุกด้าน ที่มีความเสี่ยงในการดำเนินงาน

ไม่ว่าจะเป็น การดำเนินชีวิต ธุรกิจ กิจการทหาร ฯลฯ การวางแผนที่ดีและรอบคอบ โดยคำนึงถึงปัจจัย ที่ส่งผลกระทบในทุกๆ ด้าน สามารถลดความเสี่ยงในการดำเนินกิจการที่กำลังจะปฏิบัติลงได้ในทางตรงกันข้ามถ้าปราศจากการวางแผนเลย กิจการที่กำลังจะดำเนินการนั้นอาจประสบความล้มเหลวอย่างไม่เป็นท่า ทั้งนี้เพราะเราไม่ได้ จัดเตรียมความพร้อมที่จะรองรับกับสถานการณ์ที่ อาจเกิดขึ้นในอนาคต ระหว่างที่กำลังจะดำเนินกิจการนั้นๆ ดังที่มีผู้กล่าวว่าในการทำสิ่งใดก็ตาม ถ้ามีการวางแผนเป็นอย่างดีแล้ว ผลลัพธ์ของการปฏิบัติอาจเป็นไปได้สองแนวทางนั่นคือ เสมอตัวและประสบความสำเร็จแต่ถ้าไม่ได้ มีการวางแผนเลยผลลัพธ์ของการปฏิบัติจะเป็นได้ทางเดียว นั่นคือพบกับความล้มเหลว ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าหลักการสำคัญของการวางแผนก็คือ การเลือกและพิจารณาปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อนำผลการวิเคราะห์นั้น มาทำนายสถานการณ์ในอนาคตในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังพิจารณาอยู่นั่นเอง

จากที่กล่าวข้างต้นอาจกล่าวได้ ว่าการวางแผน (Planning) คือ การดำเนินการหรือกระบวนการที่ใช้ประเมินแนวโน้มของสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับแนะแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ประเด็นสำคัญประการหนึ่งของการวางแผนคือ การคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การดำเนินการเพื่อวางแผนมักเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง แต่การนำแผนนั้นไปปฏิบัติมักเกิดขึ้นในอนาคตด้วยเหตุนี้แม้ว่าการวางแผนจะเป็น การเพิ่มความน่าเชื่อถือของสิ่งที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต แต่ไม่สามารถรับรองได้ว่าเมื่อถึงเวลาที่ นำแผนนั้นไปปฏิบัติจริง ผลที่ได้และเวลาช่วงเวลา ดำเนินการจะตรงตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่

การขนส่งเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญ ต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนและส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของผู้คนในวงกว้าง การที่จะทำให้ การขนส่งมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้มีส่วนรับผิดชอบจะต้องทำการวางแผนและคาดการณ์ สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งส่งผลกระทบ ต่อการขนส่งให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยทั่วไปการวางแผนการขนส่ง (Transportation Planning) คือกระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งในอนาคต ซึ่งมักจะมุ่งเน้น ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง กับความต้องการการขนส่งในอนาคต ความสัมพันธ์ระหว่างระบบขนส่ง และ โครงสร้างพื้นฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการใช้พื้นที่ เศรษฐกิจ และการขนส่ง ทางเลือก สำหรับดำเนินการระบบขนส่ง ผลกระทบด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจาก ระบบขนส่ง และการลงทุนและการบริหารองค์กร เพื่อดำเนินการตามแผนการขนส่งเป็นต้น

2.2.3 กระบวนการวางแผนการขนส่ง

ในทางปฏิบัติโดยมากการวางแผนการขนส่ง มักถูกกำหนดให้เป็นกระบวนการที่ใช้หลักการของเหตุและผลนั่นคือ ในการแก้ไขปัญหาด้านขนส่งนั้น จะต้องดำเนินการให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนและมีเหตุผลรองรับ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดเป้าหมาย (Goal definition) คือการให้คำนิยามเกี่ยวกับเป้าหมายของระบบขนส่ง โดยมากการกำหนดนี้จะคำนึงถึงคุณค่าของสิ่งที่มีอยู่ในชุมชนเป็นพื้นฐาน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้วางแผนจะเป็นผู้กำหนด การกำหนด เป้าหมายมักถูกแสดงในลักษณะของคำพูดกว้างๆ ของสิ่งที่ ต้องการบรรลุ พร้อมด้วยการกำหนดวัตถุประสงค์และตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ที่สอดคล้องกับเป้าหมาย ของโครงการที่เฉพาะมากขึ้น
2. การระบุความจำเป็นของการดำเนินการ (Identification of needs) คือการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของระบบขนส่งที่มีอยู่กับเป้าหมายวัตถุประสงค์และตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่กำหนด จากขั้นตอนแรก ถ้าเปรียบเทียบแล้วพบว่า ประสิทธิภาพของระบบขนส่งที่มีอยู่ต่ำกว่ามาตรฐาน ก็สมควรที่จะต้องทำการปรับปรุงระบบดังกล่าวให้ดีขึ้น
3. การพัฒนาวิธีการสำหรับแต่ละทางเลือกการดำเนินการ (Development of alternative solutions) เพื่อตอบสนองตรงตามความต้องการของความจำเป็นที่ระบุไว้ในข้อที่ 2
4. การประเมินวิธีการสำหรับแต่ละทางเลือกการดำเนินการ (Evaluation of alternative solutions) โดยจะทำการประเมินความเป็นไปได้ของแต่ละทางเลือกเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เศรษฐศาสตร์และการเงินการลงทุน เงินลงทุน ความต้องการใช้ระบบขนส่ง ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม ฯลฯ
5. กระบวนการตัดสินใจ (Decision process) หลังจากทำการประเมินแต่ละทางเลือกของการดำเนินการแล้วทางเลือกใดมีความเหมาะสมมากที่สุด ตามวัตถุประสงค์ของโครงการจะถูกคัดเลือกให้นำไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติให้เป็นไปตามแผนต่อไป

การวางแผนยังอาจแบ่งออกเป็นประเภทตามช่วงเวลา ได้แก่ การวางแผนระยะสั้น (Short-term planning) การวางแผนระยะกลาง (Medium-term planning) และการวางแผนระยะยาว (Long-term planning)

การวางแผนระยะสั้น หรือการวางแผนโครงการ (Short-term or project planning activities) คือ การวางแผนที่มุ่งเน้นไปที่โครงการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ภายในระยะเวลา 1 ถึง 3 ปี โดยทั่วไป กระบวนการของการวางแผนระยะสั้น ได้แก่ การติดตามและตรวจสอบระบบ (การเก็บรวบรวมข้อมูลตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ) ระบุความไม่เพียงพอของระบบที่มีอยู่ กำหนดจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ กำหนดกลยุทธ์ สร้างข้อกำหนดสำหรับตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ การประเมินกลยุทธ์ และจัดลำดับกลยุทธ์ทั้งหมดโดยใช้หลักการความเหมาะสมระหว่างเงินลงทุนและประสิทธิภาพของระบบ ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้รับจากการวางแผนระยะสั้น ได้แก่ รายชื่อโครงการที่ได้รับการสนับสนุน หรือข้อเสนอของวิธีการที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการระบบขนส่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน การวางแผนการขนส่งในเมืองหลวงจะต้องรวมเนื้อหาของการจัดการระบบขนส่ง (Transportation system management, TSM) ไว้ในแผนการขนส่งระยะสั้นของเมืองด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้ทรัพยากรด้านการขนส่งให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางสำหรับการบริหารจัดการการขนส่งคนและสินค้าในเขตเมือง

การวางแผนระยะกลาง (Medium-term plan) เป็นการวางแผนที่มุ่งเน้นเกี่ยวกับการจัดการระบบขนส่ง (Transportation system management, TSM) การวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศ (Air quality management planning) และการศึกษาการขนส่งระหว่างช่วง (Corridor studies) โดยทั่วไปแล้วอาจดูเหมือนว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างการวางแผนระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว แต่ในความเป็นจริงแล้ว แผนระยะกลางจะมีขอบเขตการศึกษาที่กว้างและมีช่วงเวลาที่ผู้วางแผนต้องพิจารณาล่วงหน้าสำหรับการนำไปปฏิบัติที่นานกว่าแผนระยะสั้น แต่จะมีขอบเขตการศึกษาที่เน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นพิเศษมากกว่าแผนระยะยาว

แผนระยะยาว (Long-term plan) เป็นการวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการขนส่ง ที่จำเป็นสำหรับเมือง รวมถึงโครงการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งที่สอดคล้องกับการเตรียมความพร้อมนั้น โดยมีช่วงเวลาที่ผู้วางแผนต้องคาดการณ์ล่วงหน้าอย่างน้อย 20 ปี เป็นแผนที่ต้องคำนึงถึงเงินลงทุนในระยะยาวเนื่องจากต้องคาดการณ์ล่วงหน้าเป็นระยะเวลานาน ในการวางแผนระยะยาวจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนมากกว่ากรณีของการวางแผนระยะสั้นในการคาดการณ์ความต้องการใช้ระบบขนส่งในอนาคต

กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล (2558) กล่าวว่า การหาเส้นทางขนส่งและกระจายสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าต่าง ๆ ที่ให้ประโยชน์สูงสุด จัดอยู่ในปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีกราฟจำลองโครงข่ายเส้นทางคมนาคม การเปลี่ยนแปลง ปัญหาจริงให้อยู่ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ และการแก้สมการ

ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เทคนิคการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ซึ่งนำมาวิเคราะห์ปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard Problem: Non-Polynomial Hard) สามารถแยกทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem : VRP) ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะของปัญหาได้ดังนี้

1. จัดกลุ่มตามการแก้ปัญหาของการจัดเส้นทางรถขนส่ง

- 1.1 วิธีการแม่นยำตรง (Exact method) วิธีการนี้ใช้พื้นฐานจากการโปรแกรมเชิงเส้น การโปรแกรม จำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่นที่จะทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด เช่น วิธีการตัดแบบระนาบ (cutting plane method) วิธีบริวนซ์แอนด์บาว (branch and bound method)
- 1.2 วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นวิธีการเมื่อดำเนินการเรียบร้อยแล้วจะได้ค่าที่ดี แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าวิธีการแบบแม่นยำตรงเหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Any Colony Optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) เป็นต้น

2.3 การค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization)

2.3.1 การสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศักดิ์สิทธิ์ สุขสุเมฆ (2557) กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ Optimization เป็นกระบวนการค้นหาค่าที่ดีที่สุดของตัวแปรด้วยหลักเกณฑ์หนึ่งๆเพื่อการตัดสินใจที่ดีที่สุด วัดด้วยผลลัพธ์อย่างใดอย่างหนึ่งองค์ประกอบของปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุดประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรตัดสินใจ หลักเกณฑ์ และกลุ่มเงื่อนไขที่ต้องการเป็นตัวกำหนดว่าการตัดสินใจ (ตัวแปรตัดสินใจ) ต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมดนั้น ปัญหาที่ต้องค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยทั่วไปมีองค์ประกอบหลายอย่างคล้ายกันเช่น

1. มีตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรที่ผู้ตัดสินใจเลือกได้ว่าจะให้มีค่าเท่าใด ค่าของตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวกำหนดต่อไป (ไม่ว่าโดยตรงหรือโดยอ้อม) ถึงผลลัพธ์ที่จะได้ เช่น จำนวนการผลิต ต้นทุน รายได้ ระยะทาง เวลา เป็นต้น ตัวแปรตัดสินใจนี้เป็นตัวกำหนดสิ่งอื่นๆทั้งหมด

2. มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ที่ต้องการให้ได้ค่าที่ดีที่สุดไม่ว่าจะเป็นค่าสูงที่สุดหรือจะเป็นค่าต่ำสุด
3. มีเงื่อนไขบังคับ (Constraints) ที่ต้องทำตามอาจจะเป็นเงื่อนไขด้านกายภาพด้านการเงินด้านการผลิต เงื่อนไขทางตรรกะ หรือเงื่อนไขด้านอื่นๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาในการค้นหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ได้ค่าที่ดีที่สุด ค่าที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับทั้งหมดเท่านั้นจึงเป็นค่าของตัวแปรตัดสินใจนั้นได้

วรรณศิริ พันธุ์ไร (ม.ป.พ.) กล่าวว่า กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Variable) ซึ่งผู้วิเคราะห์โดยทั่วไปจะเป็นผู้กำหนด ตัวแปรทุกค่าส่วนใหญ่เป็นอิสระต่อกัน ตัวแปรทุกค่าส่วนใหญ่จะคงที่แน่นอน และรู้ค่าจริง
2. สมการความต้องการสุดท้าย (Objective Function) เป็นสมการที่ระบุความต้องการจะได้ที่สูงสุดหรือต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้แล้วแต่ละกรณีปัญหาที่ผู้วิเคราะห์ต้องเผชิญ
3. สมการข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints) คือลิสต์รายการแสดงข้อจำกัดเงื่อนไขที่ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องทำตาม เผชิญหรือหลีกเลี่ยงไม่กระทำไม่ได้

ทั้งสามองค์ประกอบสำคัญนี้นิยมใช้ร่วมกับวิธีการในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีอยู่หลายวิธี (Stoeker, 1989) อันได้แก่ วิธีแคลคูลัส (Calculus Method) วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีการโปรแกรมแบบเรขาคณิต (Geometric Programming) วิธีการโปรแกรมแบบพลวัต (Dynamic Programming) และวิธีค้นหา (Search Method)

วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นเพียงวิธีเดียวทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาเหมาะสมกับการเรียนในเบื้องต้นในระยะเวลาอันสั้น การยกตัวอย่างสมการความสัมพันธ์ระหว่างสมการความต้องการสุดท้ายและเงื่อนไขข้อจำกัด เป็นความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นตรงหรืออย่างน้อยอนุโลมเป็นเชิงเส้นได้ นอกจากนี้เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์ยังสามารถมีแนวทางการตัดสินใจแบบการตั้งคำถามอีกในลักษณะถ้าแล้ว (What if) เพื่อผู้วิเคราะห์จะได้ลองทดสอบเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขอย่างง่าย ผู้วิเคราะห์สามารถทำความเข้าใจและใช้ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเป็นเครื่องมือพื้นฐาน ในการวางแผนรับมือกับปัญหาหรืออุปสรรคที่จะเผชิญและจะต้องแก้ไขต่อไปได้

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นแบบกราฟ

วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น คือวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการใช้หรือการจัดสรรทรัพยากร ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้บรรลุถึงสมการความต้องการสุดท้าย ที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ สมการความต้องการสุดท้ายและสมการข้อจำกัดเกี่ยวกับการใช้ หรือการจัดสรรทรัพยากรอันได้แก่ กำลังคน เงินทุน วัตถุดิบ เครื่องจักร ทรัพยากรอื่นต่างๆ ฯลฯ จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นกำหนดในเทอมของตัวแปร ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อการหาค่าสูงสุด หรือการหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชัน โดยในการสร้างสมการ ต้องรวบรวมรายละเอียดทั้งหมดที่มีอยู่ กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน แล้วกำหนดสัญลักษณ์ตัวไม่ทราบค่า หรือตัวแปร ที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ต้องเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นปฏิกิริยาโดยตรง เมื่อพิจารณาแล้วดำเนินการดังต่อไปนี้คือ โดยมี ตัวแบบของปัญหาเขียนได้ตามขั้นตอนต่างๆ ไปดังนี้

- ก) ขั้นที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์ตัวไม่ทราบค่า หรือตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจ x_j โดยที่ ค่าคงที่ $j = 1, 2, 3, \dots, n$
- ข) สร้างสมการวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องการทราบกำหนดได้จากความต้องการสุดท้ายหาค่าสูงสุด (หรือหาค่าต่ำสุด) ดังแสดงในสมการ 2.1

สมการ

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

โดย c_j คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจ x_j

- ค) เขียนสมการข้อจำกัด เนื่องจากรายละเอียดที่มีอยู่นั้นจะมีทางเลือกปฏิบัติได้หลายทาง ซึ่งประกอบ ด้วยทรัพยากรมีจำกัด ตัวอย่าง เช่น จำนวนชั่วโมงการทำงานมีจำกัด วัตถุดิบมีจำกัด หรือแรงงานมีจำกัดต้องรวบรวมว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในงานนั้นมีขีดจำกัดอย่างไรบ้าง แล้วนำ ข้อจำกัดเหล่านี้มาสร้างในรูปสมการแบบเส้นตรง (Linear Equation) หรือ อสมการแบบเส้นตรง (Linear Inequality)

สมการ

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\{ \leq, \geq, = \} b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\{ \leq, \geq, = \} b_2 \\ &\vdots \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \leq, \geq, = \} b_m$$

เมื่อ a_{ij} คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันข้อจำกัด ($i = 1, 2, 3, \dots, m$ และ $j = 1, 2, 3, \dots, n$)

b_i คือปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ซึ่งมีค่าเป็นค่าคงที่และเป็นจำนวนบวก ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)

- ง) แก๊สมการหรือสมการที่สร้างขึ้นโดยค่าของตัวแปรทุกตัวจะต้องสอดคล้องกับข้อจำกัดทุกข้อ (เมื่อนำค่าที่หาได้ไปแทนในสมการ หรือสมการ แล้วทำให้สมการหรือสมการนั้นเป็นจริง) ด้วยวิธีการเขียนกราฟสำหรับปัญหาขนาดเล็ก หรือใช้คอมพิวเตอร์สำหรับปัญหาขนาดกลางถึงขนาดใหญ่

2.3.2 การนำ Optimization ไปใช้ประโยชน์

การนำ Optimization ไปใช้กับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมาย เช่น ทางฟิสิกส์, ทางเคมี, ทางเศรษฐศาสตร์, ทางธุรกิจ และอื่นๆ การดำเนินการทางธุรกิจ จะมีความต้องการในการลงทุนที่น้อยที่สุด แต่ต้องการกำไรที่เกิดขึ้น เป็นกำไรที่มากที่สุด การพิจารณาการออกแบบของการวางแผนทางเคมี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุด ภายใต้ทรัพยากรและเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างจำกัด และความรู้ที่เกี่ยวข้องของระหว่างเงื่อนไขกับผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ทำให้ Optimization เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์ระบบทางกายภาพ ในการวิจัยการดำเนินงาน (Operation Research) และวิศวกรรมทางอุตสาหกรรม ได้มีการนำเทคนิคของ Optimization ไปใช้ในการผลิต, ผลผลิตที่ออกมา, การควบคุมรายการสิ่งของ, การขนส่ง, การวางแผน และระบบขายงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เหมาะสม และเกิดประโยชน์สูงสุด

2.3.3 Network Optimization Problem

เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายลักษณะ และการตั้งค่าตัวแทนเครือข่ายมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับปัญหาต่างๆ เช่น การวางแผนการผลิต การกระจายสินค้า การวางแผนโครงการหาสถานที่ตั้ง การจัดการทรัพยากร การเงิน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1. ปัญหา Minimum – Cost flow คือ ปัญหาที่ต้องการหาปริมาณหรืออัตราการไหลของสินค้าที่ต้นทุนต่ำที่สุด เป็นการลดต้นทุนรวมของการจัดส่งผ่านเครือข่ายเพื่อตอบสนองความต้องการ
2. ปัญหา Maximum – flow คือ ปัญหาที่ต้องการหาปริมาณหรืออัตราการไหลของสินค้าสูงสุด ที่จะผ่านจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด

3. ปัญหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path Problem) คือ การหาเส้นทางที่ให้ระยะทางทั้งหมดสั้นที่สุด จากต้นทางไปยังปลายทาง เพื่อลดระยะทางรวมในการเดินทางไปยังหลายๆ สถานที่ ลดต้นทุนรวมของกิจกรรมที่เกิดเป็นลำดับ และลดเวลารวมของกิจกรรมที่เกิดขึ้นเป็นลำดับ
4. ปัญหา Minimal Spanning Tree คือ การสร้างเส้นทางเชื่อมโยงระหว่างทุกคู่ของโหนดให้เพียงพอ โดยให้ต้นทุนรวมน้อยที่สุด

2.4 EXCEL SOLVER

2.4.1 ที่มาของ Solver

Solver เป็นโปรแกรมย่อย (add-in) ของโปรแกรมเอ็กเซล มีไว้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด Solver สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงได้ แต่ไม่เสมอไป เพราะบางครั้งอาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในขอบเขตหนึ่ง หรือบางครั้งอาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้ภายในเวลาที่กำหนด อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติหรือในมุมมองของผู้ตัดสินใจผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดหรือไม่เป็นผลลัพธ์ที่แท้จริง หรือเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในขอบเขตหนึ่ง ไม่เป็นประเด็นสำคัญนัก เพียงขอให้ได้ผลลัพธ์ที่ทำให้การดำเนินงานวัดด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในขณะนั้นเท่านั้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิรพันธ์ โกมุทพันธ์ (2556) ศึกษาวิจัยในหัวข้อการศึกษาเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อการวางแผนการเก็บขยะและขนส่งขยะ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ Solver เป็นส่วนหนึ่งของชุดของคำสั่ง ที่บางครั้งเรียกว่าเครื่องมือการวิเคราะห์แบบ What-if ด้วย Solver จะสามารถค้นหาค่าที่เหมาะสม (ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด) สำหรับสูตรในหนึ่งเซลล์ เรียกว่า เซลล์เป้าหมาย ซึ่งขึ้นกับเงื่อนไขหรือขีดจำกัดของค่าในเซลล์สูตรอื่นๆ ในแผ่นงาน Solver ทำงานกับกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ตัวแปรการตัดสินใจหรือเรียกง่าย ๆ ว่าเซลล์ตัวแปร ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการคำนวณสูตรในเซลล์เป้าหมายและเซลล์ข้อจำกัด Solver จะปรับค่าในตัวเซลล์แปรการตัดสินใจให้สอดคล้องกับค่าจำกัดของเซลล์ข้อจำกัด และให้ผลลัพธ์ที่ความต้องการในเซลล์เป้าหมาย พบว่า โปรแกรม Solver ไม่สามารถประมวลผลเส้นทางที่ต้องการ ได้ครบทุกโหนด เนื่องจาก แบบจำลองของปัญหามีความซับซ้อนมากทำให้ต้องเพิ่มเส้นทางในบางโหนดและต้องวิเคราะห์เพิ่มเส้นทางรอง เพื่อเชื่อมโยงเข้าไปในเส้นทาง

หลัก การป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม Solver จะต้องมีความละเอียดถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ โปรแกรม Solver ถึงจะสามารถที่จะประมวลผลและหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล (2558) ศึกษาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel Solver) และฟังก์ชันอีวอลูชันนารี (Evaluation Function) มาใช้วิเคราะห์ระยะทางและการจัดการพื้นที่บนรถบรรทุก 4 ล้อ เพื่อจัดส่งสินค้าให้กับบริษัท โททาล ออยล์ (ประเทศไทย) จำกัด พบว่าการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่รถบรรทุก 4 ล้อสำหรับขนส่งน้ำมันหล่อลื่น เพื่อทำการจัดเส้นทางรถขนส่งโดยการนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย ทำให้การจัดเส้นทางรถขนส่งมีความถูกต้อง แม่นยำ สะดวกรวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายและป้องกันความเสี่ยงต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ผู้ชำนาญการในการจัดเส้นทางในกรณีไม่สามารถทำงานได้ไม่ว่าจะเกิดจากเหตุผลใดๆก็ตาม

เพชรายุทธ แซ่หลี่, วชิระ วิจิตรพงษา, และหทัยชนก พวงแย้ม (2560) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเส้นทางรถขนส่งน้ำมันโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้น กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด 2015 โดยนำตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling salesman problem) (Rasmus Rasmussen, 2011) มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำมัน การแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นเป็นการหาคำตอบแบบแม่นยำตรง (Optimization) ซึ่งจะทำให้ได้ผลคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้ข้อขอบเขต และเงื่อนไขที่กำหนด Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ คำนวณ และการจัดการข้อมูลในรูปแบบตาราง โดยปกติใน Microsoft Excel จะมี Add-in ที่ชื่อว่า “Solver” ซึ่งสามารถใช้ในการหาคำตอบของตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นได้แต่มีข้อจำกัดคือ สามารถหาคำตอบของปัญหาที่มีตัวแปรตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัวแปรเท่านั้น จากการศึกษาพบว่าการขนส่งน้ำมันของห้างหุ้นส่วนจำกัด 2015 ซึ่งเป็นวิสาหกิจขนาดเล็กทำการผลิตและจัดส่งน้ำมันให้กับลูกค้าแต่ละร้านเอง บริษัท ยังไม่มีแผนการจัดส่งที่เหมาะสม ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งมากเกินไปจนจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ในการวางแผน เพื่อหาเส้นทางรถขนส่งน้ำมันที่สั้นที่สุด โดยคำนึงถึงปัจจัยและข้อจำกัดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย หลังจากนั้นได้ใช้ Open Solver เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาคำตอบใน Microsoft Excel ผู้วิจัยได้แบ่งการเดินทางรถขนส่งน้ำมันออกเป็น 3 กรณี ตามเส้นทางและที่ตั้งของร้านค้า ผลจากการหาระยะทางรถขนส่งรวมทั้งสั้นที่สุดจากทั้ง 3 กรณีพบว่าการจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำมันโดยแบ่งเส้นทางรถขนส่งออกเป็น 2 เส้นทาง มีความเหมาะสมที่สุด มีระยะทางรวมทั้งสั้นที่สุดเท่ากับ 72.26 กิโลเมตร และรถขนส่งสามารถบรรทุกและขนส่งน้ำมันได้เพียงพอในแต่ละเที่ยวที่ทำการจัดส่งได้ และเมื่อเทียบผลการจัดเส้นทางที่ได้กับการดำเนินงานในปัจจุบันพบว่า

มีระยะทางที่สั้นกว่า 108.24 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59.97 ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งลดลง 4,138.56 บาท/เดือน ทำให้สามารถจัดส่งน้ำดื่มได้รวดเร็วขึ้นและลดเวลาในการจัดส่งน้ำดื่ม

จิตรทิพย์ มีสุข, ธนดล งามเสิษชัย, พิชญา หอมมาน, ช่อแก้ว จตุรานนท์, เจริญชัย โขมพัฒนารักษ์ และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ (2555) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการจัตรทรเลอ์ในการขนส่งรถยนต์สินค้า เพื่อแก้ไขปัญหการจัตรทรเลอ์ในการขนส่งรถยนต์สินค้าโดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ปัญหการจัตรทรเลอ์ในการขนส่งรถยนต์สินค้านี้เป็นการตัดสินใจว่ารถทรเลอ์คันใดจะขนส่งรถยนต์สินค้าไปให้กับลูกค้ารายใดในเส้นทางใดบ้างจึงจะมีต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ต้นทุนการขนส่งทั้งหมดมาจากต้นทุนสองส่วน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาแบบจำลองของปัญหาในรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็มฐานสอง และใช้ MS Excel Solver ในการหาคำตอบที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบน MS Excel สำหรับเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมภายในเวลาอันรวดเร็วอีกด้วย

กุลดา กิจสวัสดิ์ (2554) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบกระจายสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด อุตสาหกรรมประเภทนม มีสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อให้บริษัทฯ สามารถเติบโตในอุตสาหกรรมนี้ได้อย่างมั่นคง การพัฒนาและการลดต้นทุนในด้านต่างๆ จึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของบริษัทได้วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเช่าคลังสินค้าในเขตพื้นที่ต่างจังหวัด เพื่อที่จะลดต้นทุนการขนส่งและลดเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้าในการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ปริมาณการขนส่งสินค้าแต่ละเดือนข้อมูลในเรื่องของค่าบริหารคลัง ปริมาณการเก็บสินค้าคงคลัง และต้นทุนการกระจายสินค้า เป็นต้นจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหา จากนั้นจึงนำเสนอแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุง โดยนำโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) มาใช้ในการวิเคราะห์ที่ต้งหาจำนวนคลังสินค้า ที่ต้ง คลังสินค้าที่เหมาะสมและมีต้นทุนต่ำที่สุดผลการศึกษาวิจัยพบว่า พื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ เขตพื้นที่ต่างจังหวัดที่มี จำนวน 73 จังหวัด และคัดเลือกเข้ามาจำนวน 21 จังหวัด ด้วย 2 วิธี คือ วิธีการคัดเลือกโดยวิธีหาจุดศูนย์กลาง (Center of gravity) และคัดเลือกจากจังหวัดที่มีปริมาณสินค้ามากที่สุด 15 จังหวัด ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) นั้น พบว่า ตำแหน่งคลังสินค้าที่เหมาะสมที่สุดในการเช่าเพื่อกระจายสินค้าไปยังจุดต่างๆของลูกค้าในพื้นที่ต่างจังหวัด มีจำนวน 4 จังหวัดคือ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดนครปฐม จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดอ่างทอง และสามารถลดต้นทุนให้กับบริษัทได้ ประมาณ 2,850,176 บาท ต่อ 16 สัปดาห์ หรือประมาณ 712,544 บาท

บุญอนันต์ เปื้องระบิล,สาธิต บัวงาม และ จักรพงษ์ ไชยานุพัทธกุล (2560) ศึกษาเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้ Solver หาดัชนีทุนที่ต่ำสุดในการเทคอนกรีต พบว่าการประยุกต์ใช้ Solver หาดัชนีทุนที่ต่ำที่สุดในการเทคอนกรีตพบว่า ส่วนที่ 1 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เพื่อศึกษาการจัดสรรทรัพยากรในงานเทคอนกรีตให้มีต้นทุนต่ำสุด และ 2 เพื่อใช้ฟังก์ชัน Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel เข้ามาประยุกต์หาดัชนีทุนและช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งจะสามารถช่วยในเรื่องการตัดสินใจ ในการจัดสรรทรัพยากรในงานเทคอนกรีตด้านต้นทุนลดลง ส่วนที่ 2 เป็นไปตามเงื่อนไข สมมุติฐานที่ตั้งไว้ก็ต่อหลังจากการศึกษาพบว่าการใช้ Solver เข้ามาใช้งานสามารถช่วยในเรื่องการตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากร ในการทำงานจริงเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในอนาคตและยังเป็นประโยชน์ในการวางแผนด้านต้นทุนครั้งต่อไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ดำเนินการ

ข้อมูลทั่วไป

องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อ้อย ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 92.60 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 57,875 ไร่ อยู่ห่างจากอำเภอหนองฮี ประมาณ 10 กิโลเมตร อยู่ห่างจากจังหวัดร้อยเอ็ด ประมาณ 90 กิโลเมตร เป็น 1 ใน 4 ตำบล ในเขตอำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด มีอาณาเขต ติดต่อดังนี้ คือ เขตเทศบาลตำบลหนองฮี, องค์การบริหารส่วนตำบลเด่นราษฎร์, องค์การบริหารส่วนตำบลสาวแห และองค์การบริหารส่วนตำบลยางคำ อำเภอโพนทราย

ลักษณะภูมิประเทศ เป็นที่ราบ ประกอบด้วยทุ่งนา และป่าไม้ เป็นที่ราบลุ่ม มีลำน้ำเสียวเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญ ลักษณะพื้นที่เป็นดินร่วนปนทรายเหมาะแก่การเพาะปลูกโดยเฉพาะฤดูฝน ต้องอาศัยน้ำจากธรรมชาติ คือ น้ำฝน เท่านั้น แหล่งน้ำที่มีความสำคัญคือ ลำน้ำเสียวเป็นเส้นกั้นเขตแดนระหว่างอำเภอหนองฮี และอำเภอโพนทรายซึ่งไหลผ่านหมู่บ้านที่เป็นพื้นที่บริการดังนี้คือบ้านหนองไสลงหมูที่ 7 บ้านหนองจานหมูที่ 8 บ้านราษฎร์รังษี หมูที่ 12 บ้านวาริเกษม หมูที่ 2 บ้านสีสุก หมูที่ 5 และบ้านธาตุจอมศรี หมูที่ 4 มีความสำคัญในด้านการทำประมง น้ำเพื่อการเกษตรกรรม มีอาณาเขตพื้นที่ติดต่อกับตำบลและอำเภอต่างๆ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดกับเทศบาลตำบลหนองฮี และตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี

ทิศใต้ ติดกับอำเภอโพนทราย

ทิศตะวันออก ติดกับตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี

ทิศตะวันตก ติดกับตำบลเด่นราษฎร์ อำเภอหนองฮี

มีประชากรอยู่อาศัยรวม 8,476 คน จำแนกเป็นเพศชาย 4,308 คนและเพศหญิง จำนวน 4,168 คน มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 1,994 หลังคาเรือน มีหมู่บ้าน 17 หมู่บ้าน (รายละเอียด ตามตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง) แบ่งเป็น 11 ชุมชน และเขต บริการตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี 2 ชุมชน รวมเป็น 13 ชุมชนที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ครั้งนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลหมู่บ้าน ในเขตตำบลคู่อิ่ง

ที่	ชื่อหมู่บ้าน	ลักษณะทางกายภาพ	ประเภทภัยที่เกิดขึ้นบ่อย และที่คาดว่าจะเกิด
1	หมู่ที่ 1 บ้านคู่อิ่ง	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
2	หมู่ที่ 2 บ้านวริเกษม	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
3	หมู่ที่ 3 บ้านหนองแหว	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
4	หมู่ที่ 4 บ้านธาตุจอมศรี	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
5	หมู่ที่ 5 บ้านสีสุก	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
6	หมู่ที่ 6 บ้านหนองบัวแดง	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
7	หมู่ที่ 7 บ้านหนองไส	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
8	หมู่ที่ 8 บ้านหนองจาน	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
9	หมู่ที่ 9 บ้านโนนสะอาด	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
10	หมู่ที่ 10 บ้านหนองแซง	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
11	หมู่ที่ 11 บ้านศรีเจริญ	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
12	หมู่ที่ 12 บ้านราษฎร์รังษี	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
13	หมู่ที่ 13 บ้านหนองบัวทอง	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
14	หมู่ที่ 14 บ้านหนองเป็ดเก่า	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
15	หมู่ที่ 15 บ้านธาตุพัฒนา	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
16	หมู่ที่ 16 บ้านไร่พัฒนา	เป็นที่ราบสูง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า
17	หมู่ที่ 17 บ้านหนองแกเจริญสุข	เป็นที่ราบลุ่ม , โล่ง	วาตภัย, อุทกภัย, ไฟป่า

3.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเดินรถดับเพลิง

3.2.1 ข้อมูลถนนและชุมชน

องค์การบริหารส่วนตำบลคูอิง มีเส้นทางเดินรถดับเพลิงทั้งหมด แบ่งเป็น สายทางหลัก 5 สายทางซึ่งโดยส่วนมากเป็นถนนลาดยาง อยู่ในความรับผิดชอบของ องค์การบริหารส่วนจังหวัดร้อยเอ็ด 3 สายทาง ได้แก่ 1. ถนนลาดยาง สายทางบ้านวาริเกษม -บ้านดอนกลอย 2. ถนนลาดยางบ้านหนองเหี้ยว- บ้านหนองสมบูรณ์ 3. ถนนลาดยางสายทางบ้านเขวา - บ้านสาวแห และแขวงทางหลวงชนบทจังหวัดร้อยเอ็ด อีก 2 สายทาง ได้แก่ 1. สายทางทช.รอ.3004 บ้านยางเครือ - บ้านโพนทราย เป็นโครงข่ายทางหลวงชนบท เชื่อมโยงระหว่างอำเภอสุวรรณภูมิ - อำเภอหนองฮี - อำเภอโพนทราย 2. สายทาง ทช.รอ.3012 บ้านชะโค - บ้านส่องสังข์ เชื่อมโยงระหว่างอำเภอพนมไพร - อำเภอหนองฮี - อำเภอโพนทราย - อำเภอสุวรรณภูมิ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลถนน สายทางหลัก ผ่านชุมชนในพื้นที่ตำบลคูอิง

ลำดับที่	ชื่อสายทาง	รหัสสายทาง	หน่วยงานรับผิดชอบ	ชุมชนที่ผ่าน
1	บ.วาริเกษม – บ.ดอนกลอย	อบจ.รอ 1049	อบจ.ร้อยเอ็ด	หมู่ที่ 2,หมู่ที่ 1,หมู่ที่11 ,หมู่ที่ 17, หมู่ที่ 3
2	บ.หนองเหี้ยว – บ.หนองสมบูรณ์	อบจ.รอ 1050	อบจ.ร้อยเอ็ด	หมู่ที่ 3,หมู่ที่ 17
3	บ.เขวา - บ.สาวแห	อบจ.รอ 1051	อบจ.ร้อยเอ็ด	หมู่ที่ 1,หมู่ที่ 11
4	บ.ยางเครือ – บ.โพนทราย	ทช.รอ. 3004	ทช.ร้อยเอ็ด	หมู่ที่16,หมู่ที่7, หมู่ที่ 12,หมู่ที่ 8
5	บ.ชะโค – บ.ส่องสังข์	ทช.รอ. 3012	ทช.ร้อยเอ็ด	หมู่ที่ 9,หมู่ที่ 4

สายทางรอง เป็นถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบ ขององค์การบริหารส่วนตำบลคูอิง มี 5 สายทาง ที่เชื่อมกับโครงข่ายทางหลวงชนบท ซึ่งได้ขึ้นทะเบียนทางหลวงท้องถิ่น ไว้แล้ว ดังนี้ 1.รอ.ถ.87 - 001 สายทางบ้านธาตุจอมศรี – บ้านวาริเกษม 2.รอ.ถ.87 – 002 สายทาง บ้านวาริเกษม – บ้านหนองไสล 3.รอ.ถ. 87 - 003 สายทางบ้านหนองจาน –บ้านวาริเกษม 4.รอ.ถ.87 - 004 สายทางบ้านหนองเหี้ยว – บ้านหนองบัวทอง 5.รอ.ถ. 87 - 005 สายทางบ้านหนองบัวแดง – บ้านศรีเจริญ 6.รอ.ถ.87 - 006 สายทางบ้านหนองไสล – บ้านเด่นราษฎร์ 7.รอ.ถ.87 – 0010

สายทางบ้านสีสุก – บ้านโนนสมบูรณ์ 8. รอ.ถ. 87- 0011 สายทางบ้านหนองบัวแดง – บ้านหนองจาน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลถนนสายรอง ในเขตตำบลคูก้อ

ลำดับที่	ชื่อสายทาง	รหัสสายทาง	หน่วยงานรับผิดชอบ	ชุมชนที่ผ่าน
1	บ.ธาตุจอมศรี – บ.วาริเกษม	รอ.ถ. 87 - 001	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 4 ,หมู่ที่9, หมู่ที่15,หมู่ที่ 5, หมู่ที่ 2
2	บ.วาริเกษม – บ.หนองไส	รอ.ถ. 87 - 002	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 2 ,หมู่ที่6, หมู่ที่7
3	บ.หนองจาน – บ.วาริเกษม	รอ.ถ. 87 - 003	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 8 ,หมู่ที่2
4	บ.หนองเหี้ยว – บ.หนองบัวทอง	รอ.ถ. 87 - 004	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 3 ,หมู่ที่17, หมู่ที่13
5	บ.หนองบัวแดง – บ.ศรีเจริญ	รอ.ถ. 87 - 005	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 6 ,หมู่ที่11
6	บ.หนองไส – บ.เด่นราษฎร์	รอ.ถ. 87 - 006	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 7 ,หมู่ที่10
7	บ.สีสุก – บ.โนนสมบูรณ์	รอ.ถ. 87 - 010	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 5 ,หมู่ที่9
8	บ.หนองบัวแดง – บ.หนองจาน	รอ.ถ. 87 - 011	อบต.คูก้อ	หมู่ที่ 6 ,หมู่ที่8

เขตบริการที่อยู่ใกล้สุดที่ ขอสนับสนุนระดับเพลิง บ่อยที่สุดคือเขตตำบลสาวแห ซึ่งเป็นตำบลที่ติดต่อกันในด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะทางห่าง จาก สถานีดับเพลิง ประมาณ 3.7 กิโลเมตร มีสายทางเชื่อมโยงอยู่ทั้งหมด 4 สายทางหลัก คือ 1. ถนนลาดยางสายทางของแขวงทางหลวงชนบทร้อยเอ็ด รหัสทข.รอ.3012 2.สายทางบ้านสีสุก –บ้านโนนสมบูรณ์ รหัสรอ.ถ. 87- 010 3.สายทางบ้านคูก้อ – บ้านสาวแห (อบจ.รอ.1051) 4.สายทางบ้านธาตุ จอมศรี – บ้านคอนแดง ตำบลสาวแห

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้แก่

1. รถดับเพลิงของสถานีดับเพลิง องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง
2. นาฬิกาจับเวลา สมุดบันทึก
3. โปรแกรม Microsoft Excel Solver
4. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
5. เครื่องพิมพ์
6. เครื่องมือ วัดระยะ เช่น ตลับเมตร เทปวัดระยะ ล้อวัดระยะ หน่วยเป็น เมตร

3.4 วิธีดำเนินการ

3.4.1 เก็บข้อมูลเส้นทางในการเดินรถ

การเก็บรวบรวมข้อมูล เส้นทาง และข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง ที่จะนำมาใช้เป็นตัวแปรเพื่อตัดสินใจ (decision variables) ในการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมของรถดับเพลิง ในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่งและพื้นที่เขตบริการ ตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด ดังนี้ ประเภทถนน ความกว้างของถนน ระยะทาง สภาพแวดล้อมที่ผ่าน ปริมาณการจราจร เฉลี่ย ต่อวัน ช่วงเวลาและเวลาเดินทางในแต่ละเส้นทาง

3.4.2 กำหนดตัวแปรตัดสินใจ

3.4.2.1 ประเภทถนน

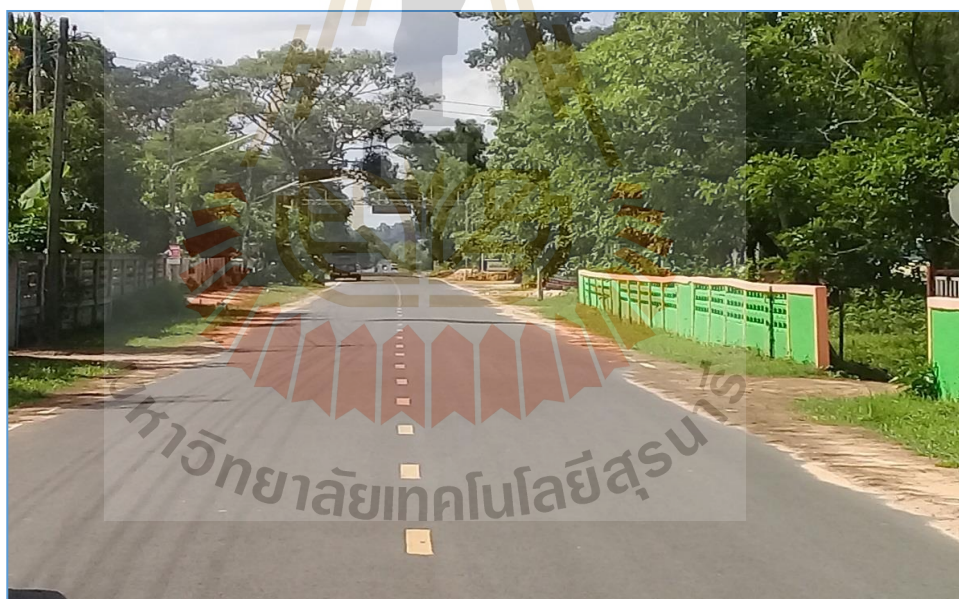
ถนนในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ ถนนดินถนนลูกรัง ถนนคอนกรีต ถนนลาดยาง ซึ่งถนนลาดยางมีทั้ง เป็นผิวทางเคปซีล (Cape seal) ผิวทาง แอสฟัลท์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) โดยส่วนมากในเขตชุมชนจะเป็น ถนนคอนกรีต และถนนลาดยาง ส่วนถนนดิน เป็นถนนที่อยู่ในทุ่งเกษตร ที่อยู่นอกเขตชุมชน



รูปที่ 3.3 ประเภทถนนผิวทางลูกรัง



รูปที่ 3.4 ประเภทถนนผิวทางคอนกรีต



รูปที่ 3.5 ประเภทถนนผิวทางลาดยาง ชนิด แอสฟัลต์ติกคอนกรีต

3.4.2.2 ความกว้างของถนน

ความกว้าง ของถนน ในสายทางหลัก จะมีเกณฑ์กำหนด ขึ้นทางในเมือง หรือในชุมชนให้สอดคล้องกับความเป็นจริงโดยแบ่ง ความกว้างของผิวทาง ดังนี้ ผิวทางกว้าง ตั้งแต่ 3.00 -4.00 เมตร, 4.00 -5.00 เมตร, 5.00 -6.00 เมตร และ 6.00 - 8.00 เมตร

3.4.2.3 ระยะทาง

การกำหนดระยะทางใน จะวัดจากช่วงโหนด ถึงโหนด ของแต่ละเส้นทางที่รถผ่าน หน่วยมาตรฐานเป็น เมตร กิโลเมตร โดยเริ่มวัดจากสถานีดับเพลิงองค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง เป็นจุดเริ่มต้น คือ โหนดที่ 0 และ กำหนด จุด ปลายทาง คือชุมชนที่เกิดเหตุ จะเริ่มตั้งแต่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 X_n จนครบทุกโหนด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องของถนน เกี่ยวกับประเภทถนน ความกว้างของถนน และระยะทาง ดังแสดงในตารางที่ 3.4

3.4.2.4 สภาพแวดล้อมที่ผ่าน

ลักษณะสภาพแวดล้อม ทั้งสองข้างทางที่รถดับเพลิงวิ่งผ่าน เช่น เขตชุมชนหนาแน่น ตลาด โรงเรียน ทางเลี้ยว ทางโค้ง เป็นต้น

3.4.2.5 ปริมาณการจราจร เฉลี่ย คั่นต่อวัน

ปริมาณการจราจร ใช้ค่าสถิติของ ทางหลวงชนบท และวิธีการเก็บข้อมูลจริง ของแต่ละสายทางโดยจะแบ่งเป็น ชนิดของรถแต่ละประเภท กำหนดหน่วย ให้เป็นหน่วยเดียวกัน คือหน่วยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit ; PCU.)

3.4.2.6 เวลาในการเดินทางและช่วงเวลา

เวลาในการเดินทาง ทดลองขับรถดับเพลิงแต่มีได้เปิดสัญญาณไฟฉุกเฉิน พร้อมจับเวลาและบันทึกผลของแต่ละประเภทผิวทาง ทั้ง 4 ประเภท ในระยะทาง 1,000 เมตร คำนวณหาค่า ความเร็วเฉลี่ยในแต่ละผิวทาง ซึ่งจะใช้ค่าของประเภทผิวทางที่ดีที่สุด ตัวแปรด้านช่วงเวลาการเดินทางด้วยรถดับเพลิงที่ดีที่สุด แบ่งเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า (06.00-11.00 น.) , ช่วงกลางวัน-บ่าย (11.00-16.00น.) ช่วงเย็น- กลางคืน (16.00 – 21.00 น.) ช่วงกลางคืน-เช้า (20.00-06.00 น.) เพื่อศึกษาว่าแต่ละช่วงเวลา ใช้เวลาในการเดินทางเท่าไร หน่วยเป็น นาที วินาที และค่าเวลา แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ช่วงเวลาไหนดีที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด



รูปที่ 3.6 วิธีการจับเวลาในการทดลองเดินรถดับเพลิง

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลถนนในเขตตำบลคู่อิ่ง และเขตบริการตำบลสาวแห

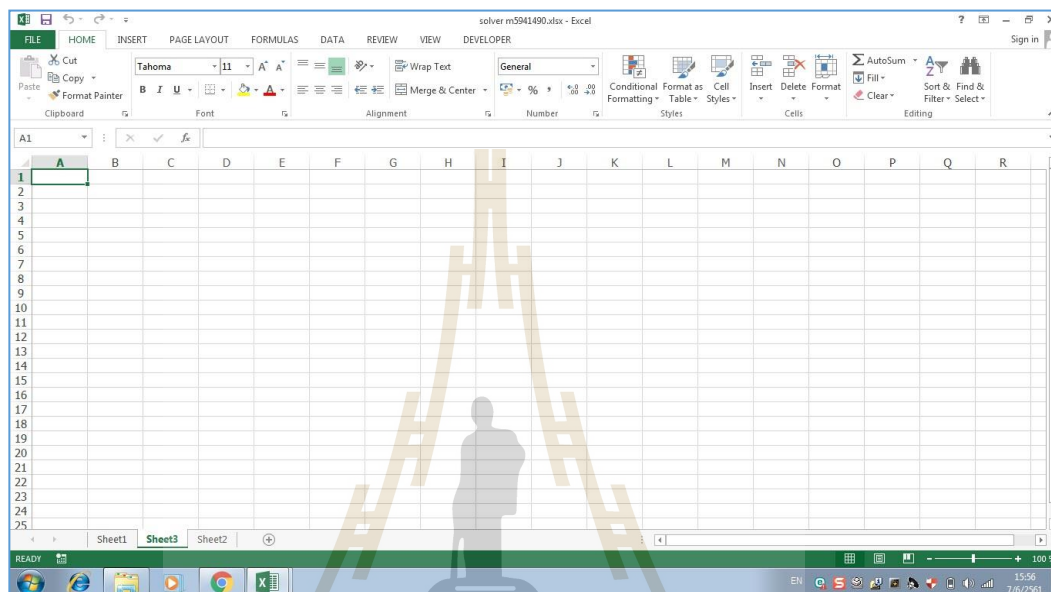
ลำดับที่	รหัสสายทาง	ชื่อสายทาง	ระยะทาง (กม.)	ผิวจราจรกว้าง (ม.)					หมู่บ้านชุมชนที่ผ่าน (หมู่ที่)	หมายเหตุ
				คสล.	ลาดยาง	ลูกรัง	ไหล่ทาง	ทางเท้า		
1	รอ.ถ.087-001	บ้านวาริเกษม – บ้านธาตุจอมศรี	3.00	-	6.00	-	0.50	-	ม.2,ม.5,ม.9,ม.15,ม.4	
2	รอ.ถ.087-002	บ้านวาริเกษม – บ้านหนองไส	3.60	6.00	4.00	-	0.50	-	ม.2, ม.6, ม. 7	
3	รอ.ถ.087-003	บ้านหนองจาน – บ้านวาริเกษม	3.60	4/5	-	-	0.50	-	ม.2 , ม.8	
4	รอ.ถ.087-004	บ้านหนองเหี้ยว – บ้านหนองบัวทอง	1.70	4.00	-	-	0.50	-	ม.3,ม.13	
5	รอ.ถ.087-005	บ้านหนองบัวแดง – บ้านศรีเจริญ	1.90	-	-	6.00	0.50	-	ม.6 ,ม.11	
6	รอ.ถ.087-006	บ้านหนองไส – บ้านเด่นราษฎร์	1.60	4.00	-	-	0.50	-	ม.7,ม.10	ไป ต.เด่นราษฎร์
7	รอ.ถ.087-010	บ้านสีสุก – บ้านโนนสมบูรณ์	1.800	-	-	5.00	0.50	-	ม.5,ม.	ไป ต.สาวแห
8	รอ.ถ.087-011	บ้านหนองบัวแดง – บ้านหนองจาน	2.30	4.00	-	6.00	0.50	-	ม.6,ม.8	
9	-	บ้านวาริเกษม – สถานีสูบน้ำฯ	3.320	-	-	5.00	0.50	-	ม.2,ม.5	
10	-	บ้านหนองไส – บ้านหนองแขง	1.20	4.00	-	-	0.50	-	ม.7,ม.10	
11	-	บ้านธาตุพัฒนา – บ้านหนองเป็ดเก่า	1.050	4.00	4.00	-	0.50	-	ม.15,ม.14	
12	-	บ้านหนองไส – บ้านหนองกุ่ม	3.20	-	-	4.00	0.50	-	ม.7,ม.10	
13	-	บ้านหนองบัวแดง – บ้านไร่พัฒนา	1.50	4.00	-	-	0.50	-	ม.6,ม.16	

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

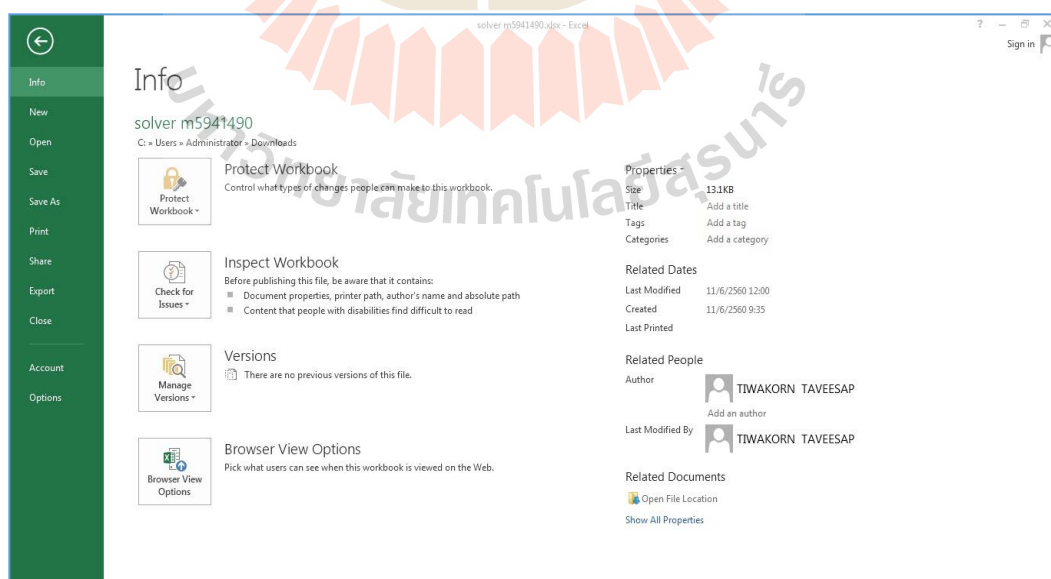
ลำดับที่	รหัสสายทาง	ชื่อสายทาง	ระยะทาง (กม.)	ผิวจราจรกว้าง (ม.)					หมู่บ้านชุมชนที่ผ่าน(หมู่ที่)	หมายเหตุ
				คสล.	ลาดยาง	ลูกรัง	ไหล่ทาง	ทางเท้า		
14	-	บ้านคูอิ่ง – บ้านสาวแห	3.00	6.00	6.00	-	0.50	-	ม.1, บ.สาวแห ม.1.2	อบจ.รอ.1051
15	-	บ้านโนนสะอาด – บ้านใหม่ดอนเจริญ	2.50	-	6.00	-	0.50	-	ม.9,บ.ใหม่ดอนเจริญม.5	ทช.รอ.3012
16	-	บ้านธาตุจอมศรี – บ้านคอนแดง	2.00	4/5	6.00	-	0.50	-	ม.4 ,บ.คอนแดง	
17	-	บ้านธาตุจอมศรี – แยกคอนส้มโฮง	2.10	-	6.00	-	0.50	-	ม.4,ม.15	
18	-	แยกคอนส้มโฮง – สถานีสูบน้ำฯ	2.80	-	-	6.00	0.50	-	ม.15, ม.14,ม.15	
19	-	บ้านสาวแห – บ้านหนองแคน	1.00	4 /5	-	-	0.50	-	บ.สาวแห,บ.หนองแคน	ต.สาวแห
20	-	บ้านสาวแห – แยกหนองแค	3.00	-	-	6.00	0.50	-	บ.สาวแห,ม.17	
21	-	บ้านใหม่ดอนเจริญ– แยก ร.ร.สาวแห	1.10	-	6.00	-	0.50	-	บ.ใหม่ดอนเจริญ,บ.สาวแห	
22	ทช.รอ.3012	บ้านชะโค – บ้านอ่องสังข์	4.10	-	6.00	-	0.50	-	ม.9,ม.4	เฉพาะในเขตตำบล
23	ทช.รอ.3004	บ้านยางเครือ – บ้านโพนทราย	4.10	-	6.00	-	0.50-1.00	-	ม.16,ม.7,ม.8,ม.12	เฉพาะในเขตตำบล
24	อบจ.รอ. 1051	บ้านคูอิ่ง – บ้านเขวา	4.60	-	6.00	-	0.50	-	ม.1,ม.11	เฉพาะในเขตตำบล
25	อบจ.รอ.1049	บ้านวาริเกษม – บ้านดอนกลอย	6.10	-	6.00	-	0.50-1.00	-	ม.2,ม.1,ม.11,ม.17,ม.3	เฉพาะในเขตตำบล
26	อบจ.รอ.1050	บ้านหนองเหี้ยว– บ้านหนองสมบูรณ์	1.30	-	6.00	-	0.50-1.00	-	ม.17	เฉพาะในเขตตำบล

3.4.3 สร้างโมเดลปัญหาของเส้นทางเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

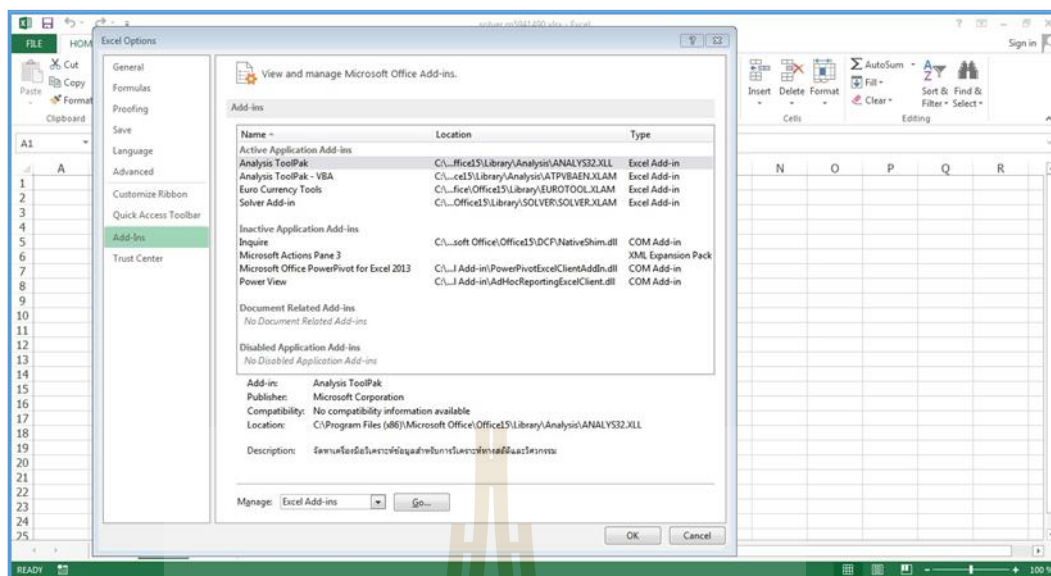
โมเดลปัญหาที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นปัญหาแบบโปรแกรมเชิงเส้นลักษณะปัญหา Shortest Path และได้เลือกใช้วิธีการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Solver ซึ่งเป็นโปรแกรม Add-in ใน Microsoft Excel ซึ่งหลังจากติดตั้งโปรแกรมแล้วจะปรากฏในเมนูของ Microsoft Excel เพื่อรอการเรียกใช้



รูปที่ 3.7 หน้าต่างแสดงโปรแกรม Solver

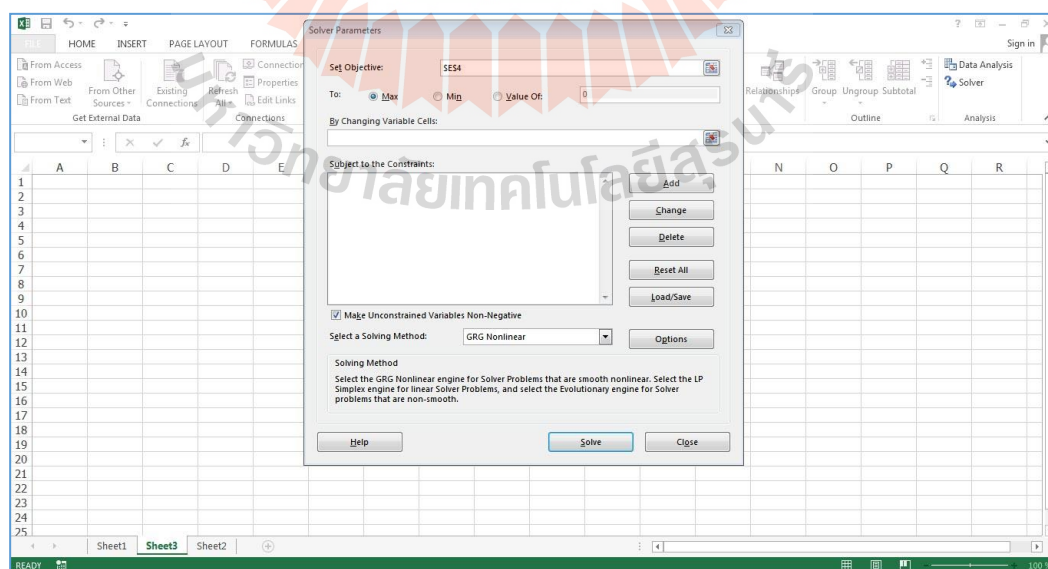


รูปที่ 3.8 เมนู Ribbon ของ Solver



รูปที่ 3.9 เมนู Ribbon ของ Solver ที่ได้ติดตั้ง Add-in แล้ว

ขั้นตอนการใช้งาน Solver คือ เริ่มจากการกำหนดส่วนประกอบหลักของโมเดล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตัวแปรตัดสินใจและฟังก์ชันข้อจำกัด หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลนำเข้าของโมเดลทั้ง 3 ส่วนนี้ แสดงดังในรูปที่ 3.10 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สามารถกำหนดได้ว่าเป็น Optimization แบบการ Minimization หรือ Maximization และโดยการกำหนดเซลล์ที่จะใช้คำนวณค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์



รูปที่ 3.10 หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลส่วนประกอบหลักของโมเดล

ตัวแปรตัดสินใจ กำหนดให้เป็นกลุ่มเซลล์ ที่เรียกว่า Set Target Cell ซึ่งโปรแกรม Solver จะบังคับให้กำหนดขอบเขตบนและล่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่างๆทั้งหมดด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดชนิดของค่าตัวแปรเป็นจำนวนเต็มหรือจำนวนจริงก็ได้ ฟังก์ชันข้อจำกัดสามารถป้อนข้อมูลแบ่งเป็นชุดๆ ตามต้องการได้ โดยอ้างอิงไปที่กลุ่มเซลล์ที่มีสูตรฟังก์ชันข้อจำกัดที่ต้องการ จากนั้นกำหนดขอบเขตบนและล่างที่เหมาะสม By Changing Cells เป็นตัวแปรตัดสินใจ และ Subject to the Constraints เป็นฟังก์ชันข้อจำกัดหลังจากที่ได้กำหนดส่วนประกอบหลักของโมเดลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Solver และทำการ Run Program เพื่อหาคำตอบ



บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

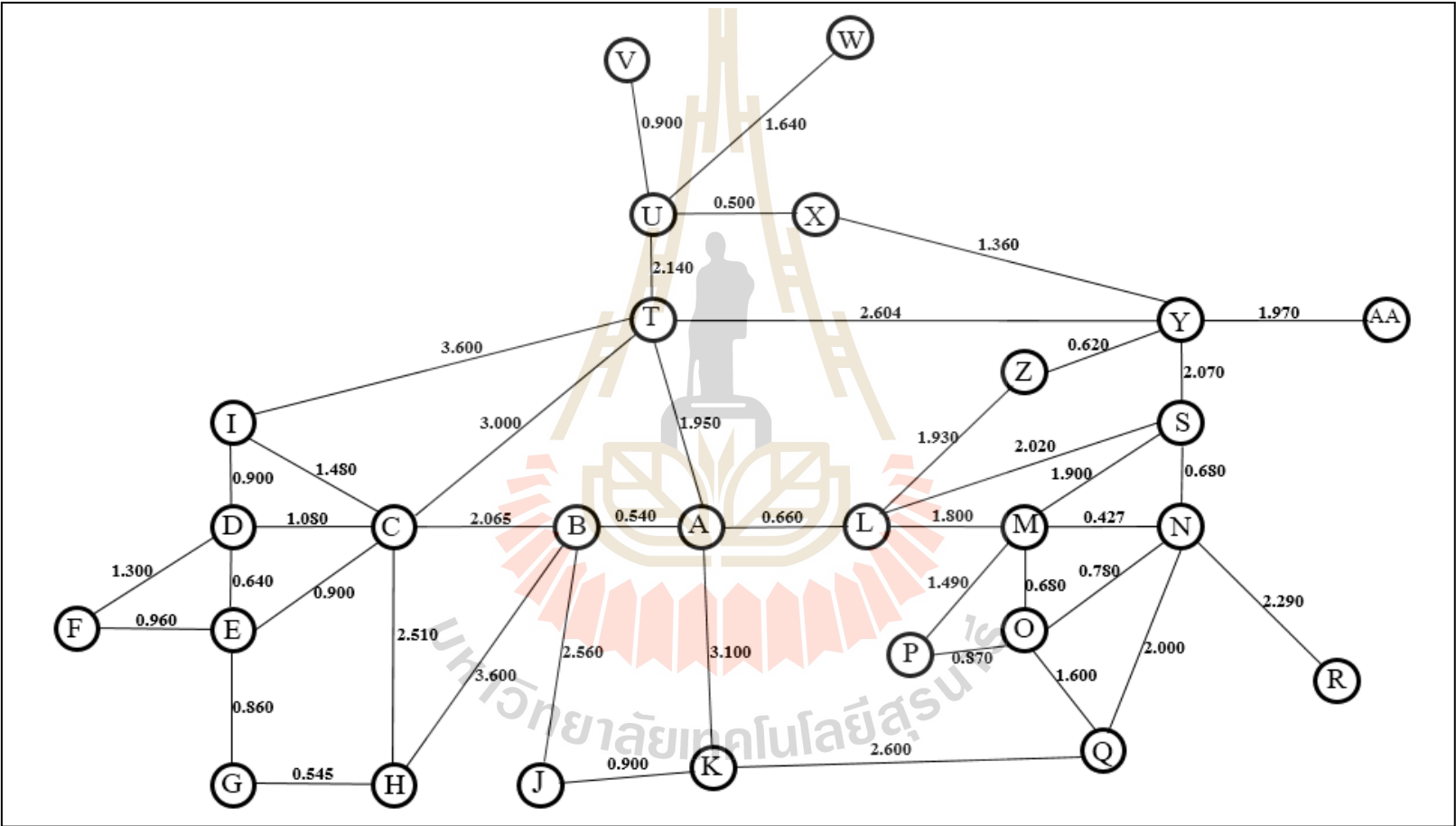
ในการศึกษาวิจัย การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด ผู้ศึกษาวิจัย ได้ศึกษางานเกี่ยวกับเส้นทางเดินรถดับเพลิงของพื้นที่ตำบลคู่อิ่ง และเขตบริการตำบลสาวแห ที่มีพื้นที่ติดต่อด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออก ซึ่งรวมสองตำบลมีเขตพื้นที่ดูแล ที่กว้างมาก ชุมชนที่มีอยู่กระจายกระจาย และด้วยการพัฒนาด้านคมนาคมในหลายปีที่ผ่านมาทำให้โครงข่ายถนนเข้าถึงทุกพื้นที่ แต่มีข้อบกพร่อง ในบางส่วนคือ ป่าสงวนแห่งชาติ ที่ไม่มีถนนตัดผ่าน เป็นเพียงทางลัด การเข้าถึงยากลำบาก จึงจำลองโครงข่าย การเดินทางของรถดับเพลิงตามแผนที่ถนนไปยังชุมชนต่างๆ ดังที่จะแสดงในหัวข้อ 4.1 การสร้างโมเดลจำลองเส้นทาง

4.1 การสร้างโมเดลจำลองเส้นทางด้วยวิธี Network

4.1.1 การจำลองกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้

การจำลองเพื่อกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ในพื้นที่ตำบลคู่อิ่ง ทั้ง 17 หมู่บ้านและในเขตพื้นที่ตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด 4 ชุมชน จะกำหนดตำแหน่งสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้เป็นชุมชนบางชุมชน อาจจะรวมกัน 2 หมู่บ้านซึ่งเป็นชุมชนเดียวกัน และจุดที่สำคัญ ที่มักเกิดเหตุเพลิงไหม้ เช่นป่าชุมชน ป่าสงวนแห่งชาติทุ่งเกษตร และสร้างโหนดจำลอง ที่เชื่อมโยง ไปยังโหนดอื่นๆ ตามแยกภายในหมู่บ้าน ซึ่งแต่ละหมู่บ้านนั้นๆ จะมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเส้นทาง ลักษณะการจัดวางผังถนน จะเป็นไปตามขนาดและลักษณะทางภูมิศาสตร์ในแผนที่ตำบลคู่อิ่ง เงื่อนไขเส้นทางเดินทางของรถดับเพลิง จุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุด จะต้องวิ่งให้ครอบคลุม ให้ครบทุกจุด ทั้งหมด 26 จุด ซึ่งนำมากำหนดให้เป็นโหนดของเน็ตเวิร์ก โดยชื่อโหนด กำหนดเป็นอักษรภาษาอังกฤษ เพื่อง่ายต่อการเขียนและให้เข้าใจง่ายขึ้น เริ่มตั้งแต่ A ,B, C, D ,E, F ,G AA ไปจนครบทุกโหนด ซึ่งแต่ละโหนดถึงแต่ละโหนด จะบอกค่าระยะทาง หน่วยเป็นกิโลเมตร ตัวอย่างเช่น จากโหนด A (อบต.) ไปยัง B (บ้านวาริเกษม) ระยะทาง 0.540 กิโลเมตร มีแผนภาพและรายละเอียดดังแสดงต่อไปนี้

แผนผังแบบจำลองปัญหา (Network) เส้นทางเดินรถดับเพลิง อบต.ดุกอิ่ง และตำบลสาวแห



รูปที่ 4.1 แผนผัง Network ระยะทาง (หน่วย : กิโลเมตร)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลระยะทาง เชื่อมแต่ละโหนด

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)
1	A	อบต.	B	บ.วาริเกษม	0.540
2	A	อบต.	T	บ.คู่อิ่ง	1.950
3	A	อบต.	L	บ.สีสุก	0.660
4	A	อบต.	L	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	3.100
5	B	บ.วาริเกษม	C	บ.หนองบัวแดง	2.065
6	B	บ.วาริเกษม	H	บ.หนองจาน	3.600
7	B	บ.วาริเกษม	J	กุดหล่ม (ป่าโนนหนามแพ่ง)	2.560
8	J	กุดหล่ม	K	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	0.900
9	C	บ.หนองบัวแดง	D	แยก รร.บ.หนองไสล	1.080
10	C	บ.หนองบัวแดง	I	บ.ไร่พัฒนา	1.480
11	C	บ.หนองบัวแดง	T	บ.คู่อิ่ง	3.000
12	C	บ.หนองบัวแดง	E	บ.หนองไสล	0.900
13	C	บ.หนองบัวแดง	H	บ.หนองจาน	2.510
14	D	แยก รร.บ.หนองไสล	I	บ.ไร่พัฒนา	0.900
15	D	แยก รร.บ.หนองไสล	E	บ.หนองไสล	0.640
16	D	แยก รร.บ.หนองไสล	F	บ.หนองแซง	1.300
17	E	บ.หนองไสล	F	บ.หนองแซง	0.960
18	E	บ.หนองไสล	G	บ.ราษฎร์รังษี	0.860
19	G	บ.ราษฎร์รังษี	H	บ.หนองจาน	0.545
20	T	บ.คู่อิ่ง	I	บ.ไร่พัฒนา	3.600
21	T	บ.คู่อิ่ง	U	บ.หนองเหี้ยว	2.140
22	T	บ.คู่อิ่ง	Y	บ.สาวแห	2.604
23	U	บ.หนองเหี้ยว	W	บ.หนองบัวทอง	1.640
24	U	บ.หนองเหี้ยว	V	ป่าเป็ดคำ (วัดป่าเทวานุรักษ์)	0.900
25	U	บ.หนองเหี้ยว	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	0.500
26	L	บ.สีสุก	M	ห้าแยก บ.ธาตุพัฒนา	1.800

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)
27	L	บ.สีสุก	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	1.930
28	L	บ.สีสุก	S	บ.โนนสะอาด	2.020
29	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	N	บ.ธาตุจอมศรี	0.427
30	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	O	บ.ธาตุพัฒนา	0.680
31	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	P	บ.หนองเป็ดเก่า	1.490
32	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	S	บ.โนนสะอาด	1.900
33	N	บ.ธาตุจอมศรี	Q	แยกคอนสั้มโฮง	2.000
34	N	บ.ธาตุจอมศรี	O	บ.ธาตุพัฒนา	0.780
35	N	บ.ธาตุจอมศรี	R	บ.ดอนแดง	2.290
36	N	บ.ธาตุจอมศรี	S	บ.โนนสะอาด	0.680
37	O	บ.ธาตุพัฒนา	P	บ.หนองเป็ดเก่า	0.870
38	O	บ.ธาตุพัฒนา	Q	แยกคอนสั้มโฮง	1.600
39	Q	แยกคอนสั้มโฮง	K	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	2.600
40	S	บ.โนนสะอาด	Y	บ.สาวแห	2.070
41	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	Y	บ.สาวแห	1.360
42	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	Y	บ.สาวแห	0.620
43	Y	บ.สาวแห	AA	บ.หนองแคน	1.970
				รวมระยะทาง	68.021

4.2 สร้างแบบจำลองของปัญหา Network ให้เป็นค่าเวลา

โดยดำเนินการทดลองวิ่งรถดับเพลิง ในผิวทางลาดยางเป็นเกณฑ์ ในแต่ละช่วงเวลาความกว้างที่กำหนด ,สภาพผิวทาง,สภาพแวดล้อมที่รถวิ่งผ่าน, ปริมาณจราจรต่างๆ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ของเวลาของแต่ละตัวแปร แล้วนำมาคูณกับ Factor ของประเภทผิวทาง ที่ได้จากการทดลองวิ่งรถดับเพลิงแต่ละประเภทผิวทาง ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร เพื่อหาความเร็วเฉลี่ย

สูตรเมสัวร์ พริยะวัฒน์, 2553 ในการเดินทาง (Speed and Travel Time) ผลการทดสอบการวิ่งของรถดับเพลิง หาค่าเวลา โดยใช้สมการดังนี้

$$S = D / T \quad \text{..... (4.1)}$$

โดยที่ S = ความเร็ว หน่วย กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง (km / h)

D = ระยะทาง หน่วย กิโลเมตร (km)

T = เวลาที่ใช้เวลาในการเดินทาง หน่วย ชั่วโมง

ค่าเวลาที่ทดลองวิ่งรถดับเพลิง จากผลการศึกษา ดังแสดงแต่ละประเภทตัวแปรต่างๆ ต่อไปนี้

4.2.1 ตัวแปรด้านช่วงเวลา

ค่าเวลาด้าน ช่วงเวลา วิเคราะห์จาก สภาพปริมาณการจราจร ทักษะภาพในการมองเห็น แสงสว่าง ตอนกลางวันจะสามารถมองเห็นได้มากกว่าตอนกลางคืน จึงได้ช่วงเวลาที่ดีที่สุด ในช่วงตอนกลางวัน ส่วนตอนเย็น ให้นำค่าเวลา ไปคูณกับ factor ในตอนกลางคืน จะได้ค่าเวลาที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 Factor ช่วงเวลา

ลำดับที่	ช่วงเวลา	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	06.00-11.00น.	1	1.15	52	
2	11.00-16.00 น.	1	1.00	60	
3	16.00-21.00น.	1	1.20	50	
4	21.00-06.00น.	1	1.50	40	

4.2.2 ตัวแปรความกว้าง

ค่าเวลาที่ทดลองวิ่งรถดับเพลิงในแต่ละความกว้าง ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 Factor ความกว้าง

ลำดับที่	ความกว้าง (m)	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	6-8	1	1.00	60	ผิวทางปกติ สภาพดี/ดีมาก
2	5-6	1	1.07	56	
3	4-5	1	1.40	50	
4	3-4	1	1.45	44	

4.2.3 ตัวแปร สภาพผิวทาง

ค่าเวลาที่ทดลองวิ่งรถดับเพลิงในแต่ละสภาพผิวทาง ผลการศึกษา โดยใช้เกณฑ์การประเมิน แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1. ระดับ A หมายถึง ดี หรือ ดีมาก
2. ระดับ B หมายถึง ปานกลาง หรือพอใช้
3. ระดับ C หมายถึง แย่ ในระดับนี้มีความจำเป็นต้องซ่อมบำรุง
4. ระดับ D หมายถึง แย่มาก ในระดับนี้เป็นสภาพที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ต้องรับซ่อมหรือปรับปรุงโดยด่วน (สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น กรมทางหลวงชนบท, ม.ป.ป.)

จากการศึกษาทดลอง ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 Factor สภาพผิวทาง

ลำดับที่	สภาพผิวทาง	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	ดี/ดีมาก	1	1.00	60	ราบเรียบ
2	ปานกลาง/พอใช้	1	1.10	55	สะดุดบ้าง
3	แย่	1	1.40	43	เป็นหลุมบางจุด
4	แย่มาก	1	1.80	33	หลุมบ่อเยอะมาก

4.2.4 ตัวแปร สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมที่รถดับเพลิงวิ่งผ่าน เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้ค่าเวลาเพิ่มขึ้น ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 Factor สภาพแวดล้อม

ลำดับที่	สภาพแวดล้อม ที่รถวิ่งผ่าน	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	ผ่าน 2 จุด	1	1.05	57	1. ตลาด 2. ทางเลี้ยว 3. ชุมชน 4. โรงเรียน 5. ทางโค้ง
2	ผ่าน 3 จุด	1	1.07	56	
3	ผ่าน 4 จุด	1	1.10	54	
4	ผ่าน 5 จุด	1	1.15	52	
5	ผ่าน 6 จุด	1	1.20	50	

4.2.5 ตัวแปรปริมาณจราจร

ค่าเวลาด้าน ปริมาณจราจร ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 Factor ปริมาณจราจร

ลำดับที่	ปริมาณจราจร คัน/วัน (PCU.)	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	น้อยกว่า 200	1	1.05	57	
2	201 - 500	1	1.07	56	
3	500-1,000	1	1.08	55	
4	มากกว่า 1,000	1	1.10	54	

4.2.6 ตัวแปรประเภทผิวทาง

ค่าเวลาที่ทดลองวิ่งรถดับเพลิงในแต่ละผิวทาง ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 Factor ช่วงเวลา

ลำดับที่	ประเภทผิวทาง	ระยะทาง (km)	เวลาในการเดินทาง (Min)	ความเร็ว (km/h)	หมายเหตุ
1	ลาดยาง	1	1.00	60	ผิวทางปกติ สภาพดี/ดีมาก
2	คอนกรีต	1	1.15	52	
3	ลูกรัง	1	1.40	43	
4	ดิน	1	1.45	41	

เมื่อกำหนดค่าตัวแปร(Factor) ที่ทำให้ค่าเวลาเพิ่มขึ้น แล้ว การคำนวณหาค่าเวลาทั้งหมดในแต่ละเส้นทาง โดยคำนวณได้จากฟังก์ชัน ต่อไปนี้

$$\text{เวลา} = \text{ระยะทาง} (X1 \times X2 \times X3 \times X4 \times X5 \times X6)$$

เช่น จาก $A > B = 0.540 (1.00 \times 1.07 \times 1.00 \times 1.07 \times 1.08 \times 1.00) = 0.67$ นาที (แล้วแปลงหน่วยให้เป็นวินาที $= 0.67 \times 60 = 40$ วินาที) ผลการศึกษารูป ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ค่าเวลา ในแต่ละเส้นทาง เชื่อมโครงข่ายเส้นทางเดินรถดับเพลิง

ที่	จาก	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)	1.ตัวแปร ช่วงเวลา	2.ตัวแปร ความกว้าง	3.ตัวแปร สภาพ ผิวทาง	4.ตัวแปร สภาพ แวลด้อม	5.ตัวแปร ปริมาณ จราจร	7.ตัวแปร ผิวทาง	ผลรวม เวลา (นาที:วินาที)
1	A	B	0.540	1.00	1.07	1.00	1.07	1.08	1.00	0.40
2	A	T	1.950	1.00	1.00	1.10	1.07	1.08	1.00	2.29
3	A	L	0.660	1.00	1.00	1.00	1.07	1.10	1.00	0.47
4	A	L	3.100	1.00	1.20	1.40	1.07	1.05	1.40	8.11
5	B	C	1.630/0.435	1.00	1.07	1.10	1.15	1.08	1.15/1.00	3.23
6	B	H	3.600	1.00	1.20	1.00	1.10	1.08	1.15	5.55
7	B	J	2.410/0.150	1.00	1.20	1.10	1.07	1.05	1.40/1.15	5.16
8	J	K	0.900	1.00	1.20	1.10	1.00	1.05	1.40	1.44
9	C	D	420/660	1.00	1.00	1.10	1.07	1.08	1.15/1.00	1.27
10	C	I	1.480	1.00	1.20	1.00	1.15	1.07	1.15	2.31
11	C	T	2.700/0.300	1.00	1.07	1.40	1.20	1.08	1.40/1.15	8.1
12	C	E	0.700/0.200	1.00	1.20	1.40	1.10	1.08	1.40 /1.15	2.25
13	C	H	2.100/0.410	1.00	1.20	1.40	1.10	1.07	1.40/1.15	6.44
14	D	I	0.900	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	0.59

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ที่	จาก	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)	1.ตัวแปร ช่วงเวลา (นาทีก)	2.ตัวแปร ความกว้าง (นาทีก)	3.ตัวแปร สภาพ ผิวทาง(นาทีก)	4.ตัวแปร สภาพ แวลด้อม (นาทีก)	5.ตัวแปร ปริมาณ จราจร (นาทีก)	6.ตัวแปร ผิวทาง (นาทีก)	ผลคูณ เวลา (นาทีก)
15	D	E	0.640	1.00	1.00	1.40	1.07	1.10	1.00	0.45
16	D	F	1.300	1.00	1.20	1.00	1.10	1.07	1.40	3.36
17	E	F	0.960	1.00	2.20	1.00	1.00	1.08	1.15	2.24
18	E	G	0.860	1.00	1.00	1.00	1.07	1.10	1.00	1.1
19	G	H	0.545	1.00	2.07	1.00	1.07	1.08	1.00	1.19
20	T	I	0.600/2.00/1.00	1.00	1.62	1.40	1.15	1.05	1.45/1.40/1	12.48
21	T	U	2.140	1.00	1.00	1.10	1.20	1.08	1.00	3.3
22	T	Y	1.204/1.400	1.00	1.07	1.00	1.00	1.10	1.15/1.00	3.16
23	U	W	1.040/0.600	1.00	1.20	1.10	1.15	1.07	1.15/1.00	2.56
24	U	V	0.900	1.00	1.00	1.10	1.07	1.08	1.00	1.8
25	U	X	0.500	1.00	1.00	1.10	1.07	1.08	1.00	0.38
26	L	M	1.800	1.00	1.00	1.00	1.10	1.08	1.00	2.8

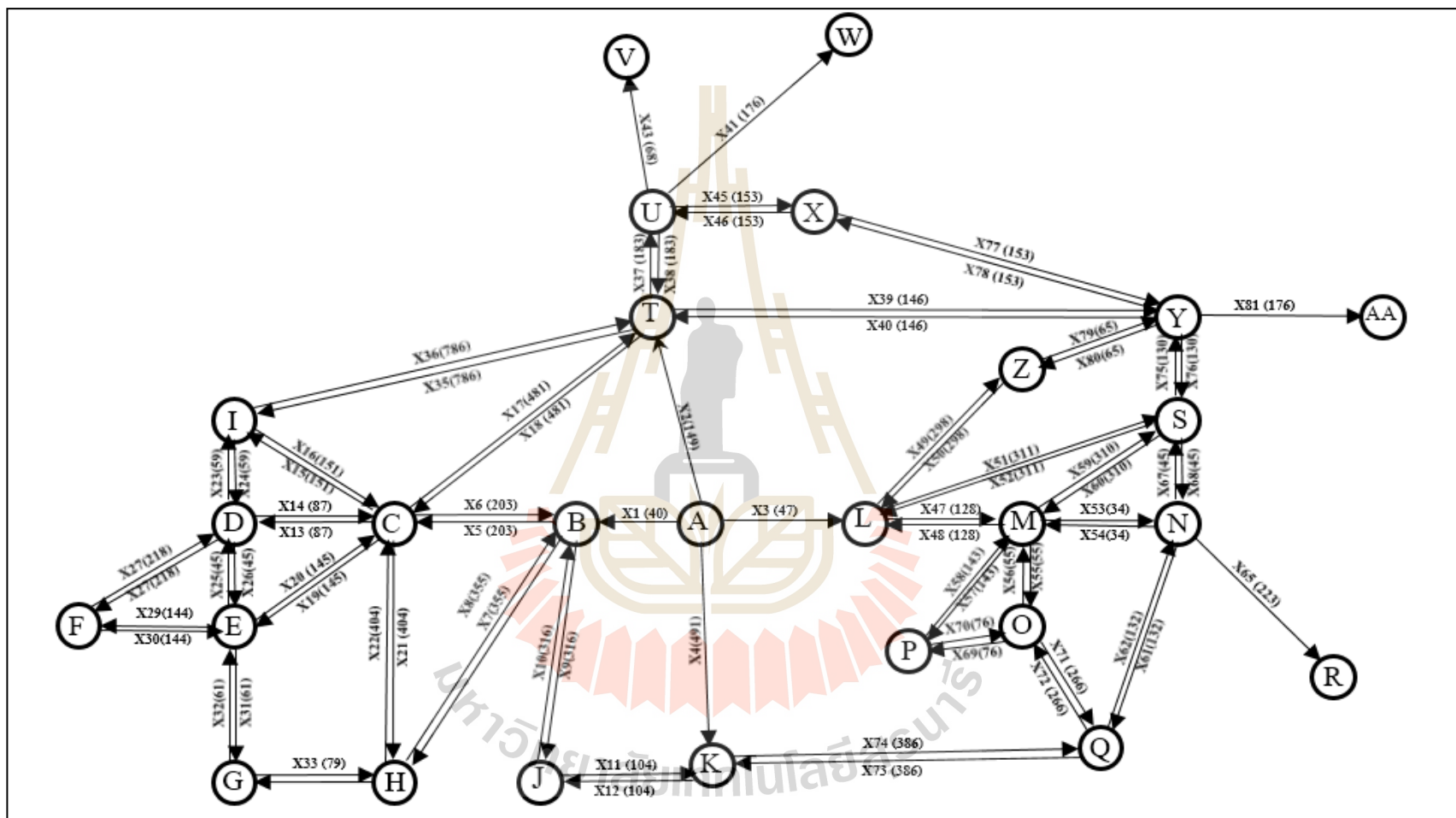
ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ที่	จาก	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)	1.ตัวแปร ช่วงเวลา	2.ตัวแปร ความ กว้าง	3.ตัวแปร สภาพ ผิวทาง	4.ตัวแปร สภาพ แวดล้อม	5.ตัวแปร ปริมาณ จราจร	6.ตัวแปร ผิวทาง	ผลคูณ เวลา (นาที)
27	L	Z	1.650/0.280	1.00	1.20	1.40	1.07	1.05	1.40/1.15	4.58
28	L	S	1.720/0.300	1.00	1.20	1.40	1.07	1.05	1.40/1.15	5.11
29	M	N	0.427	1.00	1.20	1.00	1.00	1.07	1.00	0.34
30	M	O	0.680	1.00	1.20	1.00	1.00	1.07	1.00	0.55
31	M	P	1.490	1.00	1.20	1.00	1.15	1.07	1.00	2.23
32	M	S	1.600/0.300	1.00	1.20	1.40	1.15	1.05	1.40/1.00	5.10
33	N	Q	2.000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	2.12
34	N	O	0.300/0.480	1.00	1.20	1.10	1.00	1.07	1.15/1.00	1.11
35	N	R	2.290	1.00	1.28	1.00	1.10	1.07	1.00	3.43
36	N	S	0.680	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	0.45
37	O	P	0.200/0.670	1.00	1.20	1.00	1.10	1.07	1.15/1.00	1.16
38	O	Q	1.600	1.00	1.35	1.40	1.00	1.05	1.40	4.26
39	Q	K	2.600	1.00	1.20	1.40	1.00	1.05	1.40	6.26

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ที่	จาก	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)	1.ตัวแปร ช่วงเวลา	2.ตัวแปร ความกว้าง	3.ตัวแปร สภาพ ผิวทาง	4.ตัวแปร สภาพ แวลล์้อม	5.ตัวแปร ปริมาณ จราจร	6.ตัวแปร ผิวทาง	ผลคูณ เวลา (นาทึ)
40	S	Y	2.070	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00	2.10
41	X	Y	1.100/0.260	1.00	1.20	1.10	1.00	1.05	1.40/1.15	2.33
42	Z	Y	0.620	1.00	1.20	1.10	1.07	1.07	1.15	1.5
43	Y	AA	1.970	1.00	1.20	1.00	1.00	1.08	1.15	2.56

ผลการศึกษา เมื่อนำค่า ระยะทาง X ตัวแปร = เวลาที่น้อยที่สุด ของแต่ละช่วงโหนดถึงโหนด แล้วนำค่าเวลาสร้างโครงข่ายด้าน เวลา โดยให้หน่วยเป็น นาที : วินาที เมื่อได้ค่าครบถ้วนทุกโหนดแล้ว จึงจำลองปัญหาว่า กรณีเกิดเหตุที่จุดต่างๆ ของโครงข่ายมีจุดใดบ้าง ในที่นี้หมายความว่าจุดเกิดเหตุคือชุมชนที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ จุดเกิดเหตุกำหนดเป็น จุดปลายทาง (สัญลักษณ์ตามที่กำหนด เช่น B ,C, D ... AA เป็นต้น) จุดเริ่มต้น คือสถานีนับเพลิงองค์การบริหารส่วนตำบลลูกอิ่ง (สัญลักษณ์วงกลม A) ตามรูปที่ 4.2 เส้นทางที่ไปยังสถานที่เกิดเหตุมีเส้นทางใดที่ไปได้บ้างโดยแบ่งการพิจารณาเส้นทางที่เดินทางเข้าและออกได้ตามการเชื่อมโยงของโหนดถึงโหนด ที่เป็นจริงโดยผลลัพธ์ที่ได้คือ ผลรวมเวลาที่มีค่าน้อยที่สุด (Minimize Total Time) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 แผนผัง Network เวลา แปลงหน่วยเป็น วินาที



รูปที่ 4.3 แผนผังโมเดลแบบจำลองปัญหา การเดินทางของรถดับเพลิง ไปยังที่เกิดเหตุ อบต.คู่อิ่ง

ตารางที่ 4.9 ข้อมูล เวลา เส้นทางเดินรถดับเพลิงของอบต.คู่อิ่ง

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	เวลา (วินาที)
X1	A	อบต.	B	บ.วาริเกษม	40
X2	A	อบต.	T	บ.คู่อิ่ง	149
X3	A	อบต.	L	บ.สีสุก	47
X4	A	อบต.	L	สถานีสูบน้ำ บ.สีสุก	491
X5	B	บ.วาริเกษม	C	บ.หนองบัวแดง	203
X6	C	บ.หนองบัวแดง	B	บ.วาริเกษม	203
X7	B	บ.วาริเกษม	H	บ.หนองจาน	355
X8	H	บ.หนองจาน	B	บ.วาริเกษม	355
X9	B	บ.วาริเกษม	J	กุดหล่ม (ป่าโนนหนามแท่ง)	316
X10	J	กุดหล่ม (ป่าโนนหนามแท่ง)	B	บ.วาริเกษม	316
X11	J	กุดหล่ม (ป่าโนนหนามแท่ง)	K	สถานีสูบน้ำ บ.สีสุก	104
X12	K	สถานีสูบน้ำ บ.สีสุก	J	กุดหล่ม (ป่าโนนหนามแท่ง)	104
X13	C	บ.หนองบัวแดง	D	แยก รร.บ.หนองไสล	87
X14	D	แยก รร.บ.หนองไสล	C	บ.หนองบัวแดง	87
X15	C	บ.หนองบัวแดง	I	บ.ไร่พัฒนา	151
X16	I	บ.ไร่พัฒนา	C	บ.หนองบัวแดง	151
X17	C	บ.หนองบัวแดง	T	บ.คู่อิ่ง	481
X18	T	บ.คู่อิ่ง	C	บ.หนองบัวแดง	481
X19	C	บ.หนองบัวแดง	E	บ.หนองไสล	145
X20	E	บ.หนองไสล	C	บ.หนองบัวแดง	145
X21	C	บ.หนองบัวแดง	H	บ.หนองจาน	404
X22	H	บ.หนองจาน	C	บ.หนองบัวแดง	404
X23	D	แยก รร.บ.หนองไสล	I	บ.ไร่พัฒนา	59
X24	I	บ.ไร่พัฒนา	D	แยก รร.บ.หนองไสล	59
X25	D	แยก รร.บ.หนองไสล	E	บ.หนองไสล	45
X26	E	บ.หนองไสล	D	แยก รร.บ.หนองไสล	45

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	เวลา (วินาที)
X27	D	แยก รร.บ.หนองไส	F	บ.หนองแขง	216
X28	F	บ.หนองแขง	D	แยก รร.บ.หนองไส	216
X29	E	บ.หนองไส	F	บ.หนองแขง	144
X30	F	บ.หนองแขง	E	บ.หนองไส	144
X31	E	บ.หนองไส	G	บ.ราษฎร์รังษี	61
X32	G	บ.ราษฎร์รังษี	E	บ.หนองไส	61
X33	G	บ.ราษฎร์รังษี	H	บ.หนองจาน	79
X34	H	บ.หนองจาน	G	บ.ราษฎร์รังษี	79
X35	T	บ.คู่อิ่ง	I	บ.ไร่พัฒนา	768
X36	I	บ.ไร่พัฒนา	T	บ.คู่อิ่ง	768
X37	T	บ.คู่อิ่ง	U	บ.หนองเหี้ยว	183
X38	U	บ.หนองเหี้ยว	T	บ.คู่อิ่ง	183
X39	T	บ.คู่อิ่ง	Y	บ.สาวแห	196
X40	Y	บ.สาวแห	T	บ.คู่อิ่ง	196
X41	U	บ.หนองเหี้ยว	W	บ.หนองบัวทอง	176
X42	W	บ.หนองบัวทอง	U	บ.หนองเหี้ยว	176
X43	U	บ.หนองเหี้ยว	V	ป่าเป็ดคำ (วัดป่าเทวานุรักษ์)	68
X44	V	ป่าเป็ดคำ (วัดป่าเทวานุรักษ์)	U	บ.หนองเหี้ยว	68
X45	U	บ.หนองเหี้ยว	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	153
X46	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	U	บ.หนองเหี้ยว	153
X47	L	บ.สีสุก	M	ห้าแยก บ.ธาตุพัฒนา	128
X48	M	ห้าแยก บ.ธาตุพัฒนา	L	บ.สีสุก	128
X49	L	บ.สีสุก	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	298
X50	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	L	บ.สีสุก	298

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	เวลา (วินาที)
X51	L	บ.สีสุก	S	บ.โนนสะอาด	311
X52	S	บ.โนนสะอาด	L	บ.สีสุก	311
X53	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	N	บ.ธาตุจอมศรี	34
X54	N	บ.ธาตุจอมศรี	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	34
X55	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	O	บ.ธาตุพัฒนา	55
X56	O	บ.ธาตุพัฒนา	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	55
X57	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	P	บ.หนองเปิดก่า	143
X58	P	บ.หนองเปิดก่า	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	143
X59	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	S	บ.โนนสะอาด	310
X60	S	บ.โนนสะอาด	M	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	310
X61	N	บ.ธาตุจอมศรี	Q	แยกคอนสั้มโสง	132
X62	Q	แยกคอนสั้มโสง	N	บ.ธาตุจอมศรี	132
X63	N	บ.ธาตุจอมศรี	O	บ.ธาตุพัฒนา	71
X64	O	บ.ธาตุพัฒนา	N	บ.ธาตุจอมศรี	71
X65	N	บ.ธาตุจอมศรี	R	บ.คอนแดง	223
X66	R	บ.คอนแดง	N	บ.ธาตุจอมศรี	223
X67	N	บ.ธาตุจอมศรี	S	บ.โนนสะอาด	45
X68	S	บ.โนนสะอาด	N	บ.ธาตุจอมศรี	45
X69	O	บ.ธาตุพัฒนา	P	บ.หนองเปิดก่า	76
X70	P	บ.หนองเปิดก่า	O	บ.ธาตุพัฒนา	76
X71	O	บ.ธาตุพัฒนา	Q	แยกคอนสั้มโสง	266
X72	Q	แยกคอนสั้มโสง	O	บ.ธาตุพัฒนา	266
X73	Q	แยกคอนสั้มโสง	K	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	386
X74	K	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	Q	แยกคอนสั้มโสง	386
X75	S	บ.โนนสะอาด	Y	บ.สาวแห	130
X76	Y	บ.สาวแห	S	บ.โนนสะอาด	130

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

ที่	โหนด	จาก	โหนด	ไปยัง	ระยะทาง (กม.)
X77	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	Y	บ.สาวแห	153
X78	Y	บ.สาวแห	X	แยกป่าสาธารณะหนองแค	153
X79	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	Y	บ.สาวแห	65
X80	Y	บ.สาวแห	Z	บ.โนนสมบูรณ์ (ต.สาวแห)	65
X81	Y	บ.สาวแห	AA	บ.หนองแคน	176

4.2.7 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด C บ้านหนองบัวแดง

1) ตัวแปรตัดสินใจ → หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง (จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด C

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด C

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\text{Minimize Total Time : } 40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) + 355(X8) + 404(X21) + 404(X22) + 481(X17) + 481(X18) \dots (4.3)$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสดำ และกระแสนอกจากโหนด

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่จุด C

1	A	$X1+X2 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5+X7-X6-X8 = 0$	
3	T	$X18-X17 = 0$	
4	H	$X21-X22 = 0$	
5	C	$X5+X18+X21 = 1$	

4.2.8 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุการณ์ที่จุด D แยกรร.บ.หนองไผ่

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่จุด D

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่จุด D

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที
X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที
X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 40(X_1) + 149(X_2) + 203(X_5) + 203(X_6) + 355(X_7) \\ & + 355(X_8) + 404(X_{21}) + 404(X_{22}) + 87(X_{13}) + 87(X_{14}) + 145(X_{19}) + 145(X_{20}) + 79(X_{33}) + 75(X_{34}) \\ & + 61(X_{31}) + 61(X_{32}) + 45(X_{25}) + 45(X_{26}) \end{aligned} \quad \text{..... (4.4)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด D

1	A	$X_1 + X_2 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X_5 + X_7 - X_6 - X_8 = 0$	
3	C	$X_6 + X_{13} + X_{21} - X_5 - X_{14} - X_{22} = 0$	
4	E	$X_{20} + X_{26} + X_{31} - X_{19} - X_{25} - X_{32} = 0$	
5	G	$X_{32} + X_{33} - X_{31} - X_{34} = 0$	
6	H	$X_8 + X_{22} + X_{34} - X_7 - X_{21} - X_{33} = 0$	
7	D	$X_{13} + X_{26} = 1$	

4.2.9 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด E ชุมชนบ้านหนองไผ่

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง (จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที
X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที
X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time} : & 40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) \\ & + 355(X8) + 404(X21) + 404(X22) + 87(X13) + 87(X14) + 145(X19) + 145(X20) + 79(X33) + 75(X34) \\ & + 61(X31) + 61(X32) + 45(X25) + 45(X26) \end{aligned} \quad \text{..... (4.5)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด E

1	A	$X1 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5 + X7 - X6 - X8 = 0$
3	C	$X6 + X13 + X21 - X5 - X14 - X22 = 0$
4	D	$X14 + X25 - X13 - X26 = 0$
5	H	$X8 + X22 + X34 - X7 - X21 - X33 = 0$
6	G	$X32 + X33 - X31 - X34 = 0$
7	E	$X19 + X25 + X32 = 1$

4.2.10 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด F ชุมชนบ้านหนองแขง

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X27	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	F	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X28	การเลือกเส้นทางจาก	F	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X29	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	F	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X30	การเลือกเส้นทางจาก	F	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที
X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที
X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

X27	เส้นทางจาก	D	ไป	F	216	วินาที
X28	เส้นทางจาก	F	ไป	D	216	วินาที
X29	เส้นทางจาก	E	ไป	F	144	วินาที
X30	เส้นทางจาก	F	ไป	E	144	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time} : & 40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) \\ & + 355(X8) + 404(X21) + 404(X22) + 87(X13) + 87(X14) + 145(X19) + 145(X20) + 79(X33) + 75(X34) + 61 \\ & (X31) + 61(X32) + 45(X25) + 45(X26) + 216(X27) + 216(X28) + 144(X29) + 144(X30) \end{aligned} \quad \dots\dots (4.6)$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้าและกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด F

1	A	$X1 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5 + X7 - X6 - X8 = 0$
3	C	$X6 + X13 + X21 - X5 - X14 - X22 = 0$
4	H	$X8 + X22 + X34 - X7 - X21 - X33 = 0$
5	D	$X13 + X25 - X14 - X26 = 0$
6	E	$X20 + X26 + X31 - X19 - X25 - X32 = 0$
7	G	$X32 + X33 - X31 - X34 = 0$
8	F	$X27 + X29 = 1$

4.2.11 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด G ชุมชนบ้านราษฎร์
รังษี

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด G

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด G

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที
X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) \\ & + 355(X8) + 404(X21) + 404(X22) + 87(X13) + 87(X14) + 145(X19) + 145(X20) + 79(X33) + 75(X34) \\ & + 61(X31) + 61(X32) + 45(X25) + 45(X26) \end{aligned} \quad \dots\dots (4.7)$$

4) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด G

1	A	$X1 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5 + X7 - X6 - X8 = 0$
3	C	$X6 + X13 + X21 - X5 - X14 - X22 = 0$
4	H	$X8 + X22 + X34 - X7 - X21 - X33 = 0$
5	D	$X13 + X25 - X14 - X26 = 0$
6	E	$X20 + X26 + X31 - X19 - X25 - X32 = 0$
7	G	$X32 + X34 = 1$

4.2.12 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด H ชุมชนบ้านหนองจาน

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.25 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด H

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.26 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด H

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที
X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) \\ & + 355(X8) + 404(X21) + 404(X22) + 87(X13) + 87(X14) + 145(X19) + 145(X20) + 79(X33) + 79(X34) \\ & + 61(X31) + 61(X32) + 45(X25) + 45(X26) \end{aligned} \quad \dots\dots (4.8)$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด H

1	A	$X1 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5 + X7 - X6 - X8 = 0$
3	C	$X6 + X13 + X21 - X5 - X14 - X22 = 0$
4	D	$X13 + X25 - X14 - X26 = 0$
5	E	$X20 + X26 + X31 - X19 - X25 - X32 = 0$
6	G	$X32 + X33 - X31 - X34 = 0$
7	H	$X7 + X21 + X33 = 1$

4.2.13 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด I ชุมชนบ้านไร่พัฒนา

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด I

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X5	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X6	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X7	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X8	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X13	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X14	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X19	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X20	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X21	การเลือกเส้นทางจาก	C	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X22	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	C	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X25	การเลือกเส้นทางจาก	D	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X31	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X32	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	E	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X33	การเลือกเส้นทางจาก	G	ไป	H	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X34	การเลือกเส้นทางจาก	H	ไป	G	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X26	การเลือกเส้นทางจาก	E	ไป	D	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.29 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด I

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X5	เส้นทางจาก	B	ไป	C	203	วินาที
X6	เส้นทางจาก	C	ไป	B	203	วินาที
X7	เส้นทางจาก	B	ไป	H	355	วินาที
X8	เส้นทางจาก	H	ไป	B	355	วินาที
X13	เส้นทางจาก	C	ไป	D	87	วินาที

ตารางที่ 4.29 (ต่อ)

X14	เส้นทางจาก	D	ไป	C	87	วินาที
X19	เส้นทางจาก	C	ไป	E	145	วินาที
X20	เส้นทางจาก	E	ไป	C	145	วินาที
X21	เส้นทางจาก	C	ไป	H	404	วินาที
X22	เส้นทางจาก	H	ไป	C	404	วินาที
X25	เส้นทางจาก	D	ไป	E	45	วินาที
X26	เส้นทางจาก	E	ไป	D	45	วินาที
X31	เส้นทางจาก	E	ไป	G	61	วินาที
X32	เส้นทางจาก	G	ไป	E	61	วินาที
X33	เส้นทางจาก	G	ไป	H	79	วินาที
X34	เส้นทางจาก	H	ไป	G	79	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

Minimize Total Time : $40(X1) + 149(X2) + 203(X5) + 203(X6) + 355(X7) + 355(X8) + 40(X21)$
 $+ 404(X22) + 151(X15) + 151(X16) + 87(X13) + 87(X14) + 145(X19) + 145(X20) + 59(X23)$
 $+ 59(X24) + 79(X33) + 75(X34) + 61(X31) + 61(X32) + 45(X25) + 45(X26)$ (4.9)

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสดออกจากโหนด

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด I

1	A	$X1 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X5 + X7 - X6 - X8 = 0$
3	C	$X6 + X13 + X15 + X21 - X5 - X14 - X16 - X22 = 0$
4	H	$X8 + X22 + X34 - X7 - X21 - X33 = 0$
5	D	$X14 + X24 + X25 - X13 - X23 - X26 = 0$
6	E	$X20 + X26 + X31 - X19 - X25 - X32 = 0$
7	G	$X32 + X33 - X31 - X34 = 0$
8	I	$X15 + X24 = 1$

4.2.14 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด J กุดหล่ม (ป่าชุมชน โนนหนามแท่ง)

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.31 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด J

X1	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X4	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X9	การเลือกเส้นทางจาก	B	ไป	J	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X10	การเลือกเส้นทางจาก	J	ไป	B	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X11	การเลือกเส้นทางจาก	J	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X12	การเลือกเส้นทางจาก	K	ไป	J	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.32 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด J

X1	เส้นทางจาก	A	ไป	B	40	วินาที
X4	เส้นทางจาก	A	ไป	K	491	วินาที
X9	เส้นทางจาก	B	ไป	J	316	วินาที
X10	เส้นทางจาก	J	ไป	B	316	วินาที
X11	เส้นทางจาก	J	ไป	K	104	วินาที
X12	เส้นทางจาก	K	ไป	J	104	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

Minimize Total Time : $40(X1)+491(X4)+316(X9)+316(X10)+104(X11)+104(X12)$ (4.10)

3) ฟังก์ชันข้อจำกัดด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.33 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด J

1	A	$X1+X4 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	B	$X9-X10 = 0$	
3	J	$X9+X12 = 1$	
			เลือกพิจารณาเฉพาะ A , B , J , K

4.2.15 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด M ชุมชนห้วยแยกบ้าน
ธาตุพัฒนา

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.34 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด M

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.35 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด M

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที

ตารางที่ 4.35 (ต่อ)

X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 47(X3) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X35) + 311(X36) \\ & + 310(X59) + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 34(X53) + 34(X54) + 55(X55) + 55(X56) \\ & + 71(X63) + 71(X64) \end{aligned} \quad \text{..... (4.11)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.36 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่จุด M

1	A	$X3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47 + X51 - X48 - X52 = 0$
3	S	$X52 + X60 + X67 - X51 - X59 - X68 = 0$
4	N	$X54 + X63 + X68 - X53 - X64 - X67 = 0$
5	O	$X56 + X64 - X55 - X63 = 0$
6	M	$X47 + X54 + X56 + X60 = 1$

4.2.16 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุการณ์ที่จุด Nชุมชนบ้านธาตุจอมศรี

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.37 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่จุด N

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.37 (ต่อ)

X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.38 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด N

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	X59
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	X60
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time} : & 47(X3) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X51) + 311(X52) \\ & + 310(X59) + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 34(X53) + 34(X54) + 55(X55) + 55(X56) \\ & + 71(X63) + 71(X64) \end{aligned} \quad \text{..... (4.12)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสน้ำ และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.39 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด N

1	A	$X3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47 + X51 - X48 - X52 = 0$
3	M	$X48 + X53 + X55 + X59 - X47 - X54 - X56 - X60 = 0$
4	O	$X56 + X64 - X55 - X63 = 0$
5	S	$X52 + X60 + X67 - X51 - X59 - X68 = 0$
6	N	$X53 + X64 + X67 = 1$

4.2.17 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด O ชุมชนบ้านธาตุพัฒนา

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด O

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.41 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด O

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	X59
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	X60
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time} : & 47(X3) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X51) + 311(X52) \\ & + 143(X57) + 143(X58) + 310(X59) + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 34(X53) + 34(X54) \\ & + 55(X55) + 55(X56) + 143(X57) + 143(X58) + 71(X63) + 71(X64) + 76(X69) + 76(X70) \quad \dots\dots (4.13) \end{aligned}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.42 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด O

1	A	$X3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47 + X51 - X48 - X52 = 0$
3	M	$X48 + X53 + X55 + X57 + X59 - X47 - X54 - X56 - X58 - X60 = 0$
4	N	$X54 + X63 + X68 - X53 - X64 - X67 = 0$
5	S	$X52 + X60 + X67 - X51 - X59 - X68 = 0$
6	P	$X58 + X70 - X57 - X69 = 0$
7	O	$X55 + X63 + X70 = -1$

4.2.18 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด P ชุมชนบ้านหนอง เปิดท่า

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.43 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด P

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X57	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X58	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X69	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X70	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.44 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด P

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที

ตารางที่ 4.44 (ต่อ)

X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X57	เส้นทางจาก	M	ไป	P	143	วินาที
X58	เส้นทางจาก	P	ไป	M	143	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X69	เส้นทางจาก	O	ไป	P	76	วินาที
X70	เส้นทางจาก	P	ไป	O	76	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 47(X3) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X51) + 311(X52) \\ & + 143(X57) + 143(X58) + 310(X59) + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 34(X53) + 34(X54) \\ & + 55(X55) + 55(X56) + 143(X57) + 143(X58) + 71(X63) + 71(X64) + 76(X69) + 76(X70) \quad \text{..... (4.14)} \end{aligned}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.45 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์จุด P

1	A	$X_3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47}+X_{51}-X_{48}-X_{52} = 0$
3	M	$X_{48}+X_{53}+X_{55}+X_{57}+X_{59}-X_{47}-X_{54}-X_{56}-X_{58}-X_{60} = 0$
4	N	$X_{54}+X_{63}+X_{68}-X_{53}-X_{64}-X_{67} = 0$
5	S	$X_{52}+X_{60}+X_{67}-X_{51}-X_{59}-X_{68} = 0$
6	O	$X_{56}+X_{64}-X_{55}-X_{63} = 0$
7	P	$X_{57}+X_{69} = -1$

4.2.19 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด Q แยกดอนสามเือง

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.46 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Q

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X4	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X57	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X58	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X61	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X62	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X69	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X70	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X71	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X72	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X73	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X74	การเลือกเส้นทางจาก	K	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.47 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Q

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X4	เส้นทางจาก	A	ไป	K	491	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X57	เส้นทางจาก	M	ไป	P	143	วินาที
X58	เส้นทางจาก	P	ไป	M	143	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X61	เส้นทางจาก	N	ไป	Q	132	วินาที
X62	เส้นทางจาก	Q	ไป	N	132	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X69	เส้นทางจาก	O	ไป	P	76	วินาที
X70	เส้นทางจาก	P	ไป	O	76	วินาที
X71	เส้นทางจาก	O	ไป	Q	266	วินาที
X72	เส้นทางจาก	Q	ไป	O	266	วินาที
X73	เส้นทางจาก	Q	ไป	K	386	วินาที
X74	เส้นทางจาก	K	ไป	Q	386	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\text{Minimize Total Time : } 47(X3) + 491(X4) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X51) + 311(X52) + 34(X53) + 34(X54) + 55(X55) + 55(X56) + 143(X57) + 143(X58) + 310(X59)$$

$$+310(X60)+45(X67)+45X68)+71(X63)+71(X64)+76(X69)+76(X70)+132(X61)+132(X62) \\ +266(X71)+266(X72)+386(X73)+386(X74) \quad \dots\dots (4.15)$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสน้ำเข้าและกระแสน้ำออกจากโหนด

ตารางที่ 4.48 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Q

1	A	$X3+X4 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	K	$X74-X73 = 0$	
3	L	$X47+X51-X48-X52 = 0$	
4	S	$X52+X60+X67-X51-X59-X68 = 0$	
5	M	$X48+X53+X55+X57+X59-X47-X54-X56-X58-X60 = 0$	
6	N	$X54+X61+X63+X68-X53-X62-X64-X67 = 0$	
7	P	$X58+X70-X57-X69 = 0$	
8	O	$X56+X64+X69+X71-X55-X63-X70-X72 = 0$	
9	Q	$X61+X71+X74 = 1$	

4.2.20 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด R บ้านดอนแดง ต.สาวแห

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง (จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.49 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด R

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X4	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X55	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.49 (ต่อ)

X56	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X57	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X58	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X61	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X62	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X65	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	R	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X66	การเลือกเส้นทางจาก	R	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X69	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	P	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X70	การเลือกเส้นทางจาก	P	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X71	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X72	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X73	การเลือกเส้นทางจาก	Q	ไป	K	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X74	การเลือกเส้นทางจาก	K	ไป	Q	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.50 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด R

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X4	เส้นทางจาก	A	ไป	K	491	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที

ตารางที่ 4.50 (ต่อ)

X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X57	เส้นทางจาก	M	ไป	P	143	วินาที
X58	เส้นทางจาก	P	ไป	M	143	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X61	เส้นทางจาก	N	ไป	Q	132	วินาที
X62	เส้นทางจาก	Q	ไป	N	132	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X65	เส้นทางจาก	N	ไป	R	223	วินาที
X66	เส้นทางจาก	R	ไป	N	223	วินาที
X69	เส้นทางจาก	O	ไป	P	76	วินาที
X70	เส้นทางจาก	P	ไป	O	76	วินาที
X71	เส้นทางจาก	O	ไป	Q	266	วินาที
X72	เส้นทางจาก	Q	ไป	O	266	วินาที
X73	เส้นทางจาก	Q	ไป	K	386	วินาที
X74	เส้นทางจาก	K	ไป	Q	386	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned}
 \text{Minimize Total Time} : & 47(X3) + 491(X4) + 128(X47) + 128(X48) + 311(X51) + 311(X52) \\
 & + 34(X53) + 34(X54) + 55(X55) + 55(X56) + 143(X57) + 143(X58) + 310(X59) \\
 & + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 71(X63) + 71(X64) + 76(X69) + 76(X70) + 132(X61) + 132(X62) \\
 & + 223(X65) + 223(X66) + 266(X71) + 266(X72) + 386(X73) + 386(X74) \quad \dots\dots (4.16)
 \end{aligned}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแเข้า และกระแออกจากโหนด

ตารางที่ 4.51 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด R

1	A	$X_3 + X_4 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	K	$X_{74} - X_{73} = 0$	
3	L	$X_{47} + X_{51} - X_{48} - X_{52} = 0$	
4	S	$X_{52} + X_{60} + X_{67} - X_{51} - X_{59} - X_{68} = 0$	
5	M	$X_{48} + X_{53} + X_{55} + X_{57} + X_{59} - X_{47} - X_{54} - X_{56} - X_{58} - X_{60} = 0$	
6	N	$X_{54} + X_{61} + X_{63} + X_{65} + X_{75} - X_{53} - X_{62} - X_{64} - X_{66} - X_{76} = 0$	
7	P	$X_{58} + X_{70} - X_{57} - X_{69} = 0$	
8	O	$X_{56} + X_{64} + X_{69} + X_{71} - X_{55} - X_{63} - X_{70} - X_{72} = 0$	
9	Q	$X_{61} + X_{71} + X_{62} + X_{72} + X_{73} - X_{61} - X_{71} - X_{73} = 0$	
10	R	$X_{65} = 1$	

4.2.21 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด S ชุมชนบ้านโนนสะอาด

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.52 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด S

X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.52 (ต่อ)

X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.53 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด S

X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned}
 \text{Minimize Total Time} : & 47(X3) + 128(X47) + 128(X48) + 298(X49) + 298(X50) \\
 & + 311(X51) + 311(X52) + 310(X59) + 310(X60) + 45(X67) + 45(X68) + 34(X53) + 34(X54) \\
 & + 130(X75) + 130(X76) + 65(X79) + 65(X80) \quad \dots\dots (4.17)
 \end{aligned}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสน้ำ และกระแสน้ำออกจากโหนด

ตารางที่ 4.54 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด S

1	A	$X_2 + X_3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47} + X_{49} + X_{51} - X_{48} - X_{50} - X_{52} = 0$	
3	M	$X_{47} + X_{59} + X_{53} + X_{55} - X_{47} - X_{60} - X_{54} - X_{56} = 0$	
4	N	$X_{54} + x_{79} - X_{53} - X_{67} = 0$	
5	T	$X_{39} - X_{40} = 0$	
6	Z	$X_{50} + X_{79} - X_{49} - X_{80} = 0$	
7	Y	$X_{80} + X_{76} - X_{39} - X_{79} - X_{75} = 0$	
8	S	$X_{51} + X_{52} + X_{68} + X_{76} = 1$	

4.2.22 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด U บ้านหนองแหัวบ้านหนองแค

- 1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.55 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด U

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X37	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X38	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X45	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X46	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.55 (ต่อ)

X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.56 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด U

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X37	เส้นทางจาก	T	ไป	U	183	วินาที
X38	เส้นทางจาก	U	ไป	T	183	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X45	เส้นทางจาก	U	ไป	X	38	วินาที
X46	เส้นทางจาก	X	ไป	U	38	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที

ตารางที่ 4.56 (ต่อ)

X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X77	เส้นทางจาก	X	ไป	Y	153	วินาที
X78	เส้นทางจาก	Y	ไป	X	153	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time} : & 149(X_2) + 47(X_3) + 196(X_{39}) + 196(X_{40}) + 183(X_{38}) + 183(X_{39}) + \\ & 38(X_{45}) + 38(X_{46}) + 128(X_{47}) + 128(X_{48}) + 298(X_{49}) + 298(X_{50}) + 311(X_{51}) + 311(X_{52}) + 34(X_{53}) \\ & + 34(X_{54}) + 310(X_{59}) + 310(X_{60}) + 45(X_{67}) + 45(X_{68}) + 130(X_{75}) + 130(X_{76}) + 153(X_{77}) \\ & + 153(X_{78}) + 65(X_{79}) + 65(X_{80}) \end{aligned} \quad \text{..... (4.18)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.57 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์จุด U

1	A	$X_2 + X_3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47} + X_{49} - X_{48} - X_{50} = 0$
3	M	$X_{48} + X_{59} + X_{53} + X_{55} - X_{47} - X_{60} - X_{54} - X_{56} = 0$
4	N	$X_{54} + X_{68} - X_{53} - X_{67} = 0$
5	S	$X_{52} + X_{60} + X_{67} + X_{75} - X_{51} - X_{59} - X_{68} - X_{76} = 0$

ตารางที่ 4.57 (ต่อ)

6	T	$X37+X39-X38-X40 = 0$
7	Z	$X50+X79-X49-X80 = 0$
8	Y	$X40+X76+X78+X80-X39-X77-X79 = 0$
9	X	$X46+X77-X45-X78 = 0$
10	U	$X37+X46 = 1$

4.2.23 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด V ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าเป็ดเก่า (วัดป่าเทวารักษ์)

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.58 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด V

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X37	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X38	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X43	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	V	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X44	การเลือกเส้นทางจาก	V	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X45	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X46	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.58 (ต่อ)

X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.59 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด V

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X37	เส้นทางจาก	T	ไป	U	183	วินาที
X38	เส้นทางจาก	U	ไป	T	183	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X43	เส้นทางจาก	U	ไป	V	68	วินาที
X44	เส้นทางจาก	V	ไป	U	68	วินาที
X45	เส้นทางจาก	U	ไป	X	38	วินาที
X46	เส้นทางจาก	X	ไป	U	38	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที

ตารางที่ 4.59 (ต่อ)

X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X77	เส้นทางจาก	X	ไป	Y	153	วินาที
X78	เส้นทางจาก	Y	ไป	X	153	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

Minimize Total Time : $149(X_2) + 47(X_3) + 196(X_{39}) + 196(X_{40}) + 183(X_{38}) + 68(X_{43}) + 68(X_{44}) + 183(X_{39}) + 38(X_{45}) + 38(X_{46}) + 128(X_{47}) + 128(X_{48}) + 298(X_{49}) + 298(X_{50}) + 311(X_{51}) + 311(X_{52}) + 34(X_{53}) + 34(X_{54}) + 310(X_{59}) + 310(X_{60}) + 45(X_{67}) + 45(X_{68}) + 130(X_{75}) + 130(X_{76}) + 153(X_{77}) + 153(X_{78}) + 65(X_{79}) + 65(X_{80})$ (4.19)

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.60 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด V

1	A	$X_2 + X_3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47} + X_{49} - X_{48} - X_{50} = 0$	
3	M	$X_{48} + X_{59} + X_{53} + X_{55} - X_{47} - X_{60} - X_{54} - X_{56} = 0$	
4	N	$X_{54} + X_{68} - X_{53} - X_{67} = 0$	
5	S	$X_{52} + X_{60} + X_{67} + X_{75} - X_{51} - X_{59} - X_{68} - X_{76} = 0$	
6	T	$X_{37} + X_{39} - X_{38} - X_{40} = 0$	
7	Z	$X_{50} + X_{79} - X_{49} - X_{80} = 0$	

ตารางที่ 4.60 (ต่อ)

8	Y	$X40+X76+X78+X80-X39-X77-X79 = 0$
9	X	$X46+X77-X45-X78 = 0$
10	U	$X38+X41+X41-X37-X44-X42 = 0$
11	V	$X43 = 1$

4.2.24 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด W ชุมชนบ้านหนองบัวทอง

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.61 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด W

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X37	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X38	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X41	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	W	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X42	การเลือกเส้นทางจาก	W	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X45	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X46	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.61 (ต่อ)

X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.62 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด W

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X37	เส้นทางจาก	T	ไป	U	183	วินาที
X38	เส้นทางจาก	U	ไป	T	183	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X41	เส้นทางจาก	U	ไป	W	176	วินาที
X42	เส้นทางจาก	W	ไป	V	176	วินาที
X45	เส้นทางจาก	U	ไป	X	38	วินาที
X46	เส้นทางจาก	X	ไป	U	38	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที

ตารางที่ 4.62 (ต่อ)

X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X77	เส้นทางจาก	X	ไป	Y	153	วินาที
X78	เส้นทางจาก	Y	ไป	X	153	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 149(X_2)+47(X_3)+196(X_{39})+196(X_{40})+183(X_{38})+ \\ & 176(X_{41}) +176(X_{42})+183(X_{39})+ 38(X_{45}) +38(X_{46}) +128(X_{47}) +128(X_{48}) +298(X_{49}) +298(X_{50}) \\ & +311(X_{51}) +311(X_{52})+34(X_{53}) +34(X_{54}) +310(X_{59}) +310(X_{60}) +45(X_{67}) +45(X_{68}) +130(X_{75}) \\ & +130(X_{76})+153(X_{77})+153(X_{78})+65(X_{79})+65(X_{80}) \end{aligned} \quad \text{.....(4.20)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสดออกจากโหนด

ตารางที่ 4.63 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด W

1	A	$X_2+X_3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47}+X_{49}-X_{48}-X_{50} = 0$	
3	M	$X_{48}+X_{59}+X_{53}+X_{55}-X_{47}-X_{60}-X_{54}-X_{56} = 0$	
4	N	$X_{54}+X_{68}-X_{53}-X_{67} = 0$	
5	S	$X_{52}+X_{60}+X_{67}+X_{75}-X_{51}-X_{59}-X_{68}-X_{76} = 0$	
6	T	$X_{37}+X_{39}-X_{38}-X_{40} = 0$	
7	Z	$X_{50}+X_{79}-X_{49}-X_{80} = 0$	
8	Y	$X_{40}+X_{76}+X_{78}+X_{80}-X_{39}-X_{77}-X_{79} = 0$	

ตารางที่ 4.63 (ต่อ)

9	X	$X_{46}+X_{77}-X_{45}-X_{78} = 0$
10	U	$X_{38}+X_{41}+X_{41}-X_{37}-X_{44}-X_{42} = 0$
11	V	$X_{42} = 1$

4.2.25 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่ จุด X ป่าสาธิตหนองแค

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.64 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด X

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X37	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X38	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X45	การเลือกเส้นทางจาก	U	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X46	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	U	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.64 (ต่อ)

X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.65 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด X

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X37	เส้นทางจาก	T	ไป	U	183	วินาที
X38	เส้นทางจาก	U	ไป	T	183	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X45	เส้นทางจาก	U	ไป	X	38	วินาที
X46	เส้นทางจาก	X	ไป	U	38	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที

ตารางที่ 4.65 (ต่อ)

X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X77	เส้นทางจาก	X	ไป	Y	153	วินาที
X78	เส้นทางจาก	Y	ไป	X	153	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 149(X2)+47(X3)+196(X39)+196(X40)+183(X38)+ \\ & 183(X39)+38(X45)+38(X46)+128(X47)+128(X48)+298(X49)+298(X50)+311(X51)+ \\ & 311(X52)+34(X53)+34(X54)+310(X59)+310(X60)+45(X67)+45(X68)+130(X75)+ \\ & 130(X76)+153(X77)+153(X78)+65(X79)+65(X80) \end{aligned} \quad \text{.....(4.21)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.66 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด X

1	A	$X2+X3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47+X49-X48-X50 = 0$	
3	M	$X48+X59+X53+X55-X47-X60-X54-X56 = 0$	
4	N	$X54+X68-X53-X67 = 0$	
5	S	$X52+X60+X67+X75-X51-X59-X68-X76 = 0$	
6	T	$X37+X39-X38-X40 = 0$	
7	Z	$X50+X79-X49-X80 = 0$	
8	Y	$X40+X76+X78+X80-X39-X77-X79 = 0$	
9	U	$X38+X45-X37-X45 = 0$	
10	X	$X45+X78 = 1$	

4.2.26 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด Y บ้านสาวแห ต.สาวแห

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.67 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Y

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.68 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Y

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที

ตารางที่ 4.68 (ต่อ)

X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 149(X2)+47(X3)+196(X39)+196(X40) +128(X47) +128(X48) \\ & +298(X49) +298(X50) +311(X51) +311(X52)+34(X53) +34(X54) +310(X59) +310(X60) \\ & +45(X67) +45(X68) +130(X75) +130(X76) +65(X79) +65(X80) \end{aligned} \quad \text{.....(4.22)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.69 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์จุด Y

1	A	$X2+X3 = -1$ รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47+X49-X48-X50 = 0$
3	T	$X39-X40 = 0$
4	M	$X48+X59+X53+X55-X47-X60-X54-X56 = 0$

ตารางที่ 4.69 (ต่อ)

5	N	$X54+X68-X53-X67 = 0$
6	S	$X52+X60+X67+X75-X51-X59-X68-X76 = 0$
7	Z	$X50+X79-X49-X80 = 0$
8	Y	$X39+X75+X79 = 1$

4.2.27 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด Z บ้านโนนสมบูรณ์

ต.สาวแห

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.70 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Z

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.70 (ต่อ)

X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.71 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Z

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที
X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินคำตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 149(X_2)+47(X_3)+196(X_{39})+196(X_{40}) +128(X_{47}) +128(X_{48}) \\ & +298(X_{49}) +298(X_{50}) +311(X_{51}) +311(X_{52})+34(X_{53}) +34 (X_{54}) +310(X_{59}) +310(X_{60}) \\ & +45(X_{67})+45(X_{68})+130(X_{75})+130(X_{76})+65(X_{79})+65(X_{80}) \end{aligned} \quad \text{.....(4.23)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้า และกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.72 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด Z

1	A	$X_2+X_3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X_{47}+X_{49}-X_{48}-X_{50} = 0$	
3	T	$X_{39}-X_{40} = 0$	
4	M	$X_{48}+X_{59}+X_{53}+X_{55}-X_{47}-X_{60}-X_{54}-X_{56} = 0$	
5	N	$X_{54}+X_{68}-X_{53}-X_{67} = 0$	
6	S	$X_{52}+X_{60}+X_{67}+X_{75}-X_{51}-X_{59}-X_{68}-X_{76} = 0$	
7	Y	$X_{40}+X_{76}+X_{78}+X_{80}-X_{39}-X_{77}-X_{79} = 0$	
8	Z	$X_{49}+X_{80} = 1$	

4.2.28 แบบจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงกรณีเหตุเกิดที่จุด AA บ้านหนองแคน

ต.สาวแห

1) ตัวแปรตัดสินใจ $\longrightarrow$ หาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง(จุดเกิดเหตุ)

ตารางที่ 4.73 ข้อมูลตัวแปรตัดสินใจเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด AA

X2	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X3	การเลือกเส้นทางจาก	A	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X39	การเลือกเส้นทางจาก	T	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X40	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	T	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X47	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X48	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X49	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X50	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X51	การเลือกเส้นทางจาก	L	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.73 (ต่อ)

X52	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	L	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X53	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X54	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X59	การเลือกเส้นทางจาก	M	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X60	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	M	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X63	การเลือกเส้นทางจาก	N	ไป	O	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X64	การเลือกเส้นทางจาก	O	ไป	N	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X75	การเลือกเส้นทางจาก	S	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X76	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	S	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X77	การเลือกเส้นทางจาก	X	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X78	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	X	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X79	การเลือกเส้นทางจาก	Z	ไป	Y	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X80	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary
X81	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	ไม่มีหน่วยให้เป็น Binary

ตารางที่ 4.74 ข้อมูลเวลาของเส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด AA

X2	เส้นทางจาก	A	ไป	T	149	วินาที
X3	เส้นทางจาก	A	ไป	L	47	วินาที
X39	เส้นทางจาก	T	ไป	Y	196	วินาที
X40	เส้นทางจาก	Y	ไป	T	196	วินาที
X47	เส้นทางจาก	L	ไป	M	128	วินาที
X48	เส้นทางจาก	M	ไป	L	128	วินาที
X51	เส้นทางจาก	L	ไป	S	311	วินาที
X52	เส้นทางจาก	S	ไป	L	311	วินาที
X53	เส้นทางจาก	M	ไป	N	34	วินาที
X54	เส้นทางจาก	N	ไป	M	34	วินาที
X55	เส้นทางจาก	M	ไป	O	55	วินาที
X56	เส้นทางจาก	O	ไป	M	55	วินาที

ตารางที่ 4.74 (ต่อ)

X59	เส้นทางจาก	M	ไป	S	310	วินาที
X60	เส้นทางจาก	S	ไป	M	310	วินาที
X63	เส้นทางจาก	N	ไป	O	71	วินาที
X64	เส้นทางจาก	O	ไป	N	71	วินาที
X75	เส้นทางจาก	S	ไป	Y	130	วินาที
X76	เส้นทางจาก	Y	ไป	S	130	วินาที
X79	เส้นทางจาก	Z	ไป	Y	65	วินาที
X80	เส้นทางจาก	Y	ไป	Z	65	วินาที
X81	การเลือกเส้นทางจาก	Y	ไป	Z	176	วินาที

2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประเมินค่าตอบที่ดีที่สุด คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{Minimize Total Time : } & 149(X2)+47(X3) +196(X39) +196(X40) +128(X47) +128(X48) \\ & +298(X49)+298(X50)+311(X51) +311(X52)+34(X53) +34 (X54) +310(X59)+310(X60) +45(X67) \\ & +45(X68) +130(X75) +130(X76) +65(X79) +65(X80) +176(X81) \end{aligned} \quad \text{.....(4.24)}$$

3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ด้านกระแสเข้าและกระแสออกจากโหนด

ตารางที่ 4.75 ข้อมูลฟังก์ชันข้อจำกัด เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่จุด AA

1	A	$X2+X3 = -1$	รถวิ่งออกจากจุดเริ่มต้น 1 หน่วย
2	L	$X47+X49-X48-X50 = 0$	
3	T	$X39-X40 = 0$	
4	M	$X48+X59+X53+X55-X47-X60-X54-X56 = 0$	
5	N	$X54+X68-X53-X67 = 0$	
6	S	$X52+X60+X67+X75-X51-X59-X68-X76 = 0$	
7	Z	$X50+X79-X49-X80 = 0$	
8	Y	$X40+X76+ X80-X39 -X75-X79 = 0$	
9	AA	$X81 = 1$	

ตารางที่ 4.76 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 3 (C) บ้านหนองบัวแดง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C	2.605	4 : 3
	2.A > T > C	4.950	10:30
	3.A > B > H > C	4.140	13:19
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > C	2.605	4:3
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.77 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 4 (D) แยกโรงเรียนบ้านหนองไส

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D	3.685	5:30
	2.A > B > C > H > G > E > D	7.160	13:52
	3.A > B > H > G > E > D	6.185	9:40
	4.A > B > H > C > E > D	8.190	17:9
	5.A > B > C > E > D	4.145	7:53
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > C > D	3.685	5:30
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.78 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 5 (E) บ้านหนองไส

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D > E	4.325	6:15
	2.A > B > C > E	3.505	6:28
	3.A > B > H > G > E	5.545	8:55
	4.A > B > H > C > E	7.550	15:44
	5.A > B > C > H > G > E	6.520	13:7
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > C > D > E	4.325	6:15
กรณีเวลาน้อยที่สุด			

ตารางที่ 4.79 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 6 (F) บ้านหนองแซง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D > F	4.985	9:6
	2.A > B > C > D > E > F	5.285	8:39
	3.A > B > C > H > G > E > F	4.465	8:52
	4.A > B > C > H > G > E > F	7.480	15:49
	5.A > B > H > C > D > F	9.030	18:22
	6.A > B > H > C > E > F	8.510	18:8
	7. A > B > H > G > E > F	6.505	11:37
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	2.A > B > C > D > E > F	5.285	8:39
กรณีเวลาน้อยที่สุด		-	

ตารางที่ 4.80 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 7 (G) บ้านราษฎร์รังษี

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D > E > G	5.185	7:16
	2.A > B > C > E > G	4.365	7:29
	3.A > B > C > H > G	5.660	12:6
	4.A > B > H > C > E > G	8.410	16:45
	5.A > B > H > G	4.685	7:54
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > C > D > E > G	5.185	7:16
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.81 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 8 (H) บ้านหนองจาน

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D > G > H	5.950	8:1
	2.A > B > C > E > G > H	4.910	8:14
	3.A > B > C > H	5.115	10:47
	4.A > B > H	4.140	6:35
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	4.A > B > H	4.140	6:35
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.82 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 9 (I) บ้านไร่พัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที่ : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > C > D > I	4.585	6:29
	2.A > B > C > I	4.085	6:34
	3.A > B > H > G > E > D > I	7.085	10:39
	4.A > B > H > C > E > D > I	9.090	17:28
	5.A > B > H > G > E > D > I	7.085	10:39
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > C > D > I	4.585	6:29
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.83 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 10 (J) แยกกุดหล่ม

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที่ : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > B > J	3.100	5:56
	2.A > K > J	4.000	9:55
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > B > J	3.100	5:56
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.84 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 13 (M) ห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M	2.460	2:55
	2.A > L > S > M	3.920	11:8
	3.A > L > S > N > M	3.947	7:17
	4.A > L > S > N > O > M	4.980	8:49
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M	2.460	2:55
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.85 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 14 (N) บ้านธาตุจอมศรี

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > N	2.887	3:29
	2.A > L > S > N	3.520	6:43
	3.A > L > M > O > N	3.920	5:1
	4.A > L > M > S > N	4.220	8:50
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M > N	2.887	3:29
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.86 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 15 (O) บ้านธาตุพัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > O	3.140	3:50
	2.A > L > M > P > O	4.820	6:34
	3.A > L > M > N > O	3.567	4:40
	4.A > L > S > M > O	4.600	12:3
	5.A > L > S > N > M > O	4.627	8:12
	6.A > L > S > N > O	4.300	7:54
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M > O	3.140	3:50
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.87 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 16 (P) บ้านหนองเป็ดเก่า

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > N > O > P	4.537	5:56
	2.A > L > M > O > P	4.010	5:6
	3.A > L > M > P	3.950	5:18
	4.A > L > M > S > N > O > P	5.870	11:17
	5.A > L > S > N > O > P	5.170	9:10
	6.A > L > S > M > P	5.410	13:31
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	2.A > L > M > O > P	4.010	5:6
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.88 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 17 (Q) แยกคอนสั่มโสง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาทิจวินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > N > Q	4.887	5:41
	2.A > L > M > O > Q	4.440	8:16
	3.A > L > M > P > O > Q	6.120	11
	4.A > L > M > O > Q	5.920	7:13
	5.A > L > S > N > Q	5.520	8:55
	6.A > K > Q	5.700	14:37
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M > N > Q	4.887	5:41
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.89 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 18 (R) บ้านดอนแดง ตำบลสาวแห

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาทิจวินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > N > R	5.177	3:29
	2.A > L > S > N > R	5.810	6:43
	3.A > L > M > O > N > R	6.210	5:1
	4.A > K > Q > N > R	9.990	16:49
	5.A > L > M > P > O > N > R	7.890	7:45
	6.A > L > S > M > N > R	6.237	11:42
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M > N > R	5.177	3:29
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.90 ผลลัพธ์ ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 19 (S) บ้านโนนสะอาด

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาท : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > M > N > S	3.567	4:14
	2.A > L > M > S	3.540	8:5
	3.A > L > Z > Y > S	5.280	9
	4.A > T > Y > S	6.624	7:55
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > M > N > S	3.567	4:14
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.91 ผลลัพธ์ ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 21 (U) บ้านหนองแหว บ้านหนองแค

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาท : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > U	4.091	5:32
	2.A > L > M > N > S > Y > X > U	7.497	9:35
	3.A > L > Z > Y > X > U	5.070	10:1
	4.A > L > M > S > Y > X > U	8.570	13:26
	5.A > L > M > N > S > Y > T > U	10.381	12:43
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1. A > T > U	4.091	5:32
	กรณีเวลาน้อยที่สุด	-	

ตารางที่ 4.92 ผลลัพธ์ ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 22 (V) ป่าสงวนแห่งชาติเป็ดก่า

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที :วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > U > V	4.990	6:40
	2.A > L > Z > Y > X > U > V	5.970	11:9
	3.A > L > Z > Y > T > U > V	8.854	14:17
	4.A > L > M > N > S > Y > X > U > V	8.397	10:43
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > T > U > V	4.990	6:40
	กรณีเวลาน้อยที่สุด	-	

ตารางที่ 4.93 ผลลัพธ์ ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 23 (W) บ้านหนองบัวทอง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที :วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > U > W	5.730	8:28
	2.A > L > Z > Y > X > U > W	6.710	12:57
	3.A > L > Z > Y > T > U > W	8.594	15
	4.A > L > M > N > S > Y > X > U > W	9.817	12:31
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > T > U > W	5.730	8:28
	กรณีเวลาน้อยที่สุด	-	

ตารางที่ 4.94 ผลลัพธ์ ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 24 (X) แยกป่าสาธารณะหนองแค

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที่ : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > U > X	4.590	6:10
	2.A > T > Y > X	5.914	8:18
	3.A > L > Z > Y > X	4.570	9:23
	4.A > L > S > Y > X	6.270	10:41
	5.A > L > M > N > S > Y > X	6.997	8:57
	6.A > L > M > S > Y > X	6.970	12:48
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > T > U > X	4.590	6:10
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.95 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 25 (Y) บ้านสาวแห ตำบลสาวแห

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที่ : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > Y	4.554	5:45
	2.A > L > M > S > Y	5.610	10:15
	3.A > L > Z > Y	3.210	6:50
	4.A > L > S > Y	4.910	8:8
	5.A > L > M > S > Y	5.637	6:24
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > T > Y	4.554	5:45
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.96 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 26 (Z) บ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลสาวแห

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > L > Z	2.590	5:45
	2.A > T > Y > Z	5.174	10:15
	3.A > L > M > N > S > Y > Z	6.257	6:50
	4.A > L > M > S > Y > Z	6.230	8:8
	5.A > L > S > Y > Z	5.530	6:24
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > L > Z	2.590	5:45
	กรณีเวลาน้อยที่สุด		

ตารางที่ 4.97 ผลลัพธ์ที่ Run Solver กรณีเหตุการณ์ที่ 27 (AA) บ้านหนองแคน ตำบลสาวแห

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
เส้นทางไปยัง ที่เกิดเหตุได้	1.A > T > Y > AA	6.524	8:41
	2.A > L > Z > Y > AA	5.180	9:46
	3.A > L > S > Y > AA	6.880	11:4
	4.A > L > M > N > S > Y > AA	7.607	9:19
ผลลัพธ์ เส้นทางจาก Solver	1.A > T > Y > AA	6.524	8:41
	กรณีเวลาน้อยที่สุด	-	

ตารางที่ 4.98 ตารางสรุปผลเส้นทางที่เหมาะสม สำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิง อบต.คู่อิ่ง

ที่	เหตุเกิดที่	โหนด	เส้นทางเดินรถดับเพลิง	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
1.	อบต.(สถานีดับเพลิง)	A	A	0	0
2.	บ.วารีเกษม	B	A > B	0.540	0:40
3.	บ.หนองบัวแดง	C	A > B > C	2.605	4:03
4.	แยกรร.หนองไส	D	A > B > C > D	3.685	5:30
5.	บ.หนองไส	E	A > B > C > D > E	4.325	6:15
6.	บ.หนองแขง	F	A > B > C > D > E > F	5.275	8:39
7.	บ.ราษฎร์รังษี	G	A > B > C > D > E > G	5.185	7:16
8.	บ.หนองจาน	H	A > B > H	4.14	6:35
9.	บ.ไร่พัฒนา	I	A > B > C > D > I	4.585	6:29
10.	แยกภูดหล่ม	J	A > B > J	3.100	5:56
11.	สถานีสูบน้ำบ.สีสุก	K	A > K	3.100	8:11
12.	บ.สีสุก	L	A > L	0.660	0:47
13.	ห้าแยกบ.ธาตุพัฒนา	M	A > L > M	2.46	2:55
14.	บ.ธาตุจอมศรี	N	A > L > M > N	2.887	3:29
15.	บ.ธาตุพัฒนา	O	A > L > M > O	3.14	3:50
16.	บ.หนองเป็ดเก่า	P	A > L > M > O > P	4.01	5:6
17.	แยกดอนส้มโฮง	Q	A > L > M > N > Q	4.887	5:41
18.	บ.ดอนแดง	R	A > L > M > N > R	5.177	3:29
19.	บ.โนนสะอาด	S	A > L > M > N > S	3.567	4:14
20.	บ.คู่อิ่ง	T	A > T	1.950	2:29
21.	บ.หนองแห้ว	U	A > T > U	4.090	5:32
22.	ป่าสงวนเป็ดเก่า	V	A > T > U > V	4.990	6:40
23.	บ.หนองบัวทอง	W	A > T > U > W	5.730	8:28
24.	แยกป่าหนองแค	X	A > T > U > X	4.590	6:10

ตารางที่ 4.98 (ต่อ)

ที่	เหตุเกิดที่	โหนด	เส้นทางเดินรถดับเพลิง	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที : วินาที)
25.	บ.สาวแห	Y	$A > T > Y$	4.554	5:45
26.	บ.โนนสมบูรณ์	Z	$A > L > Z$	2.590	5:45
27.	บ.หนองแคน	AA	$A > T > Y > AA$	6.524	8:41

4.3 ผลการเปรียบเทียบเส้นทาง จากโปรแกรม Solver กับ เส้นทางเดินรถดับเพลิง ที่สั้นที่สุด

จากผลการเปรียบเทียบ พบว่า เส้นทางที่ระยะทางสั้นที่สุด แต่เวลาในการเดินทางมากกว่าเส้นทางที่ Run จาก Solver จำนวน 10 เส้นทาง คือ 1.กรณีเกิดเหตุที่ E บ้านหนองไส 2.กรณีเกิดเหตุที่ F บ้านหนองแขง 3.กรณีเกิดเหตุที่ G บ้านราษฎร์รังษี 4.กรณีเกิดเหตุที่ I บ้านไร่พัฒนา 5.กรณีเกิดเหตุที่ P บ้านหนองเป็ดเก่า 6.กรณีเกิดเหตุที่ Q แยกคอนสั่มโฮง 7.กรณีเกิดเหตุที่ S บ้านโนนสะอาด 8.กรณีเกิดเหตุที่ X แยกป่าสาธารณะหนองแค 9.กรณีเกิดเหตุที่ Y บ้านสาวแห 10.กรณีเกิดเหตุที่ AA บ้านหนองแคน และ สำหรับกรณี เส้นทางสั้นที่สุดและเวลาน้อยที่สุด 12 เส้นทาง คือ 1.กรณีเกิดเหตุที่ C บ้านหนองบัวแดง 2.กรณีเกิดเหตุที่ D แยกโรงเรียนบ้านหนองไส 3.กรณีเกิดเหตุที่ D บ้านหนองไส 4.กรณีเกิดเหตุที่ J แยกกุดหลุ่ม 5.กรณีเกิดเหตุที่ M ห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา 6.กรณีเกิดเหตุที่ 14 บ้านธาตุจอมศรี 7.กรณีเกิดเหตุที่ O บ้านธาตุพัฒนา 8.กรณีเกิดเหตุที่ R บ้านดอนแดง 9.กรณีเกิดเหตุที่ U บ้านหนองแห้ว 10.กรณีเกิดเหตุที่ V ป่าสงวนแห่งชาติเป็ดเก่า 11.กรณีเกิดเหตุที่ W บ้านหนองไส 12.กรณีเกิดเหตุที่ Z บ้านโนนสมบูรณ์ ดังแสดงในตาราง ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.99 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด C

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > B > C$	2.605	4:3	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C$	2.605	4:3	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.100 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด D

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > C > D$	3.685	5:30	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C > D$	3.685	5:30	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.101 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด E

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > C > E$	3.505	6:28	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C > D > E$	4.325	6:15	
ผลต่าง		0.820	0:13	

ตารางที่ 4.102 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด F ชุมชน
บ้านหนองแซง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > C > H > G > E > F$	4.465	8:52	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C > D > E > F$	5.285	8:39	
ผลต่าง		0.820	0:13	

ตารางที่ 4.103 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด G ชุมชน บ้านราษฎร์รังษี

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > C > E > G$	4.365	7:29	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C > D > E > G$	5.185	7:16	
ผลต่าง		0.820	0:13	

ตารางที่ 4.104 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด H ชุมชน บ้านหนองจาน

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > H$	4.140	6:35	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > H$	4.140	6:35	
ผลต่าง		0.500	0	

ตารางที่ 4.105 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด I ชุมชน บ้านไร่พัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > C > I$	4.085	6:34	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > C > D > I$	4.585	6:29	
ผลต่าง		0	0:5	

ตารางที่ 4.106 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด J แยกภูค
หล่ม (ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง)

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > B > J$	3.100	5:56	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > B > J$	3.100	5:56	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.107 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด M ชุมชน
ห้วยเขยบ้านธาตุพัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > L > M$	2.460	2:55	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M$	2.460	2:55	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.108 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด N ชุมชน
บ้านธาตุจอมศรี

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > L > M > N$	2.887	3:29	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > N$	2.887	3:29	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.109 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด O ชุมชน บ้านธาตุพัฒนา

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > M > O$	3.140	3:50	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > O$	3.140	3:50	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.110 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด P ชุมชนบ้านหนองเป็ดเก่า

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > M > P$	3.950	5:18	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > O > P$	4.010	5:6	
ผลต่าง		0.060	0:12	

ตารางที่ 4.111 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Q แยกคอนสั่มไฮ

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > M > O > Q$	4.440	8:16	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > N > Q$	4.887	5:41	
ผลต่าง		0.447	2:35	

ตารางที่ 4.112 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด R ชุมชน บ้านดอนแดง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > M > N > R$	5.177	3:29	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > N > R$	5.177	3:29	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.113 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด S ชุมชน บ้านโนนสะอาด

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > M > S$	3.540	8:5	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > M > N > S$	3.567	4:14	
ผลต่าง		0.027	3:51	

ตารางที่ 4.114 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด U ชุมชนบ้านหนองแค

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > T > U$	4.091	5:32	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > U$	4.091	5:32	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.115 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด V ป่าสงวนแห่งชาติเป็ดเก่า

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > T > U > V$	4.990	6:40	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > U > V$	4.990	6:40	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.116 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด W ชุมชนบ้านหนองบัวทอง

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > T > U > W$	5.730	8:28	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > U > W$	5.730	8:28	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.117 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด X แยกป่าสาธารณะหนองแค

เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้นที่สุด	$A > L > Z > Y > X$	4.570	9:23	กรณีเวลาน้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > U > X$	4.590	6:10	
ผลต่าง		0.020	3:13	

ตารางที่ 4.118 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Y
ชุมชนบ้านสาวแห ตำบลสาวแห

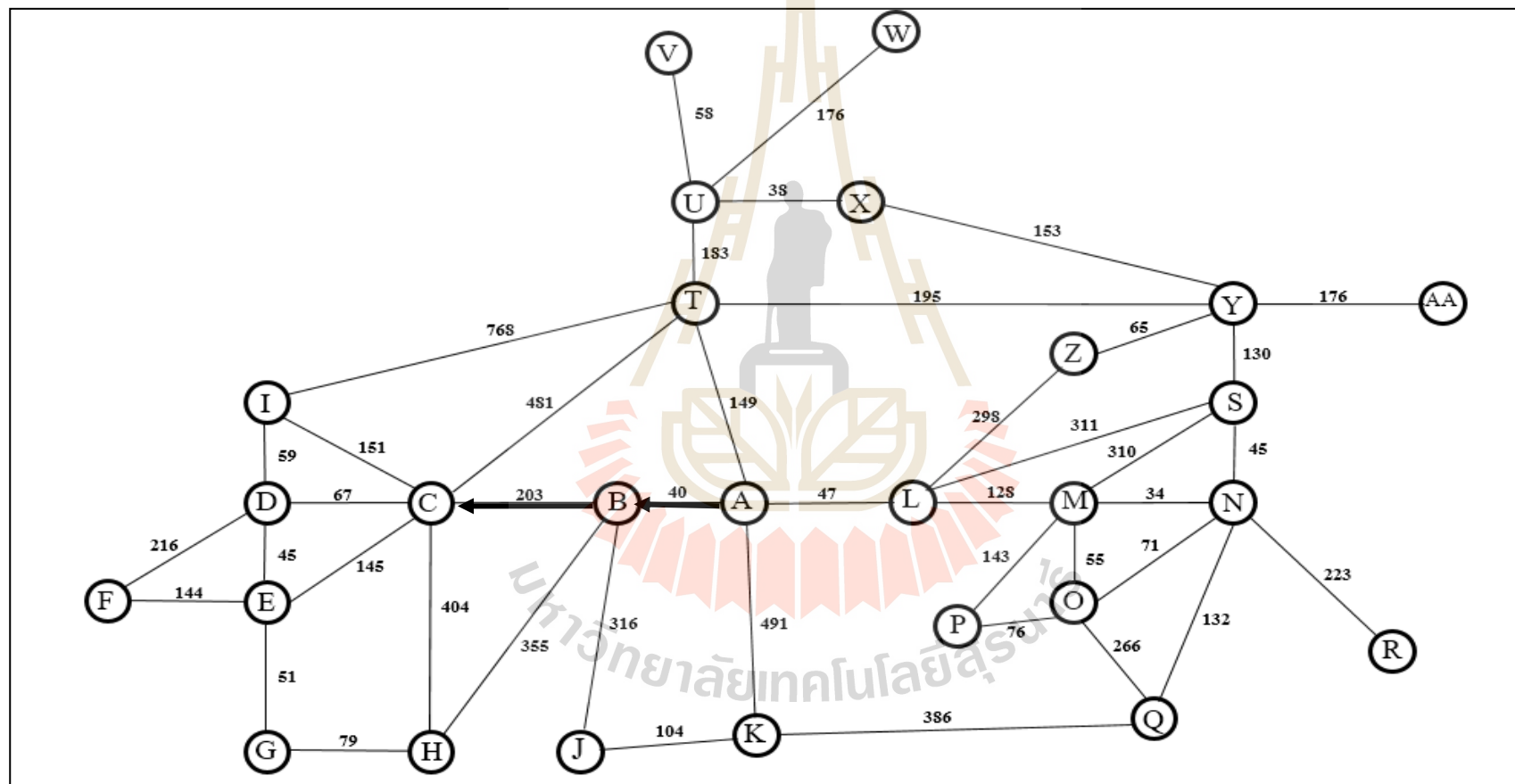
เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > L > Z > Y$	3.210	6:50	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > Y$	4.554	5:45	
ผลต่าง		1.344	1:5	

ตารางที่ 4.119 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด Z
ชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ ตำบลสาวแห

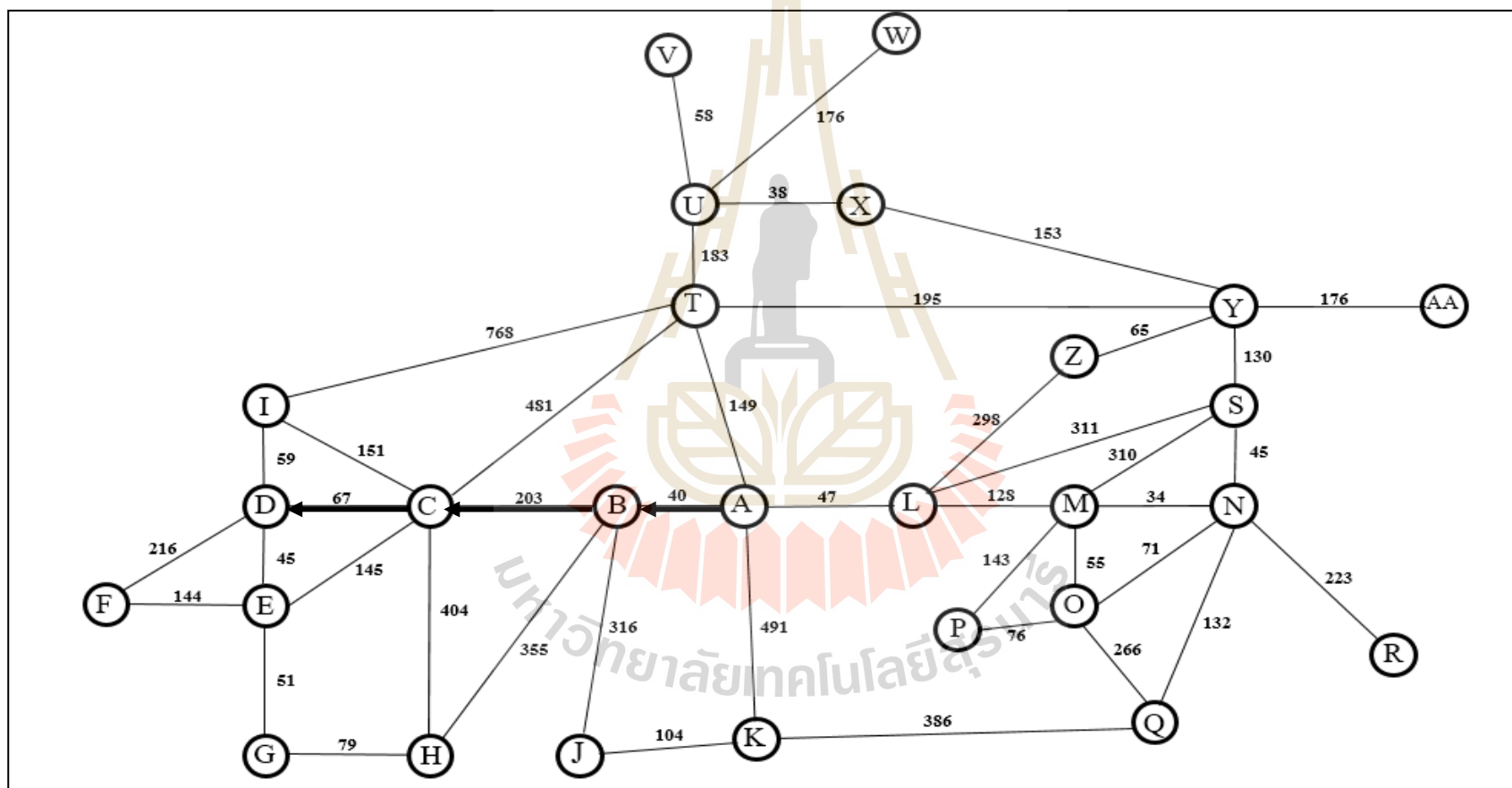
เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > L > Z$	2.590	5:45	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > L > Z$	2.590	5:45	
ผลต่าง		0	0	

ตารางที่ 4.120 เปรียบเทียบผลเส้นทาง เดินรถดับเพลิง ระหว่าง ระยะทาง กับ เวลา ที่จุด AA
ชุมชนบ้านหนองแคน ตำบลสาวแห

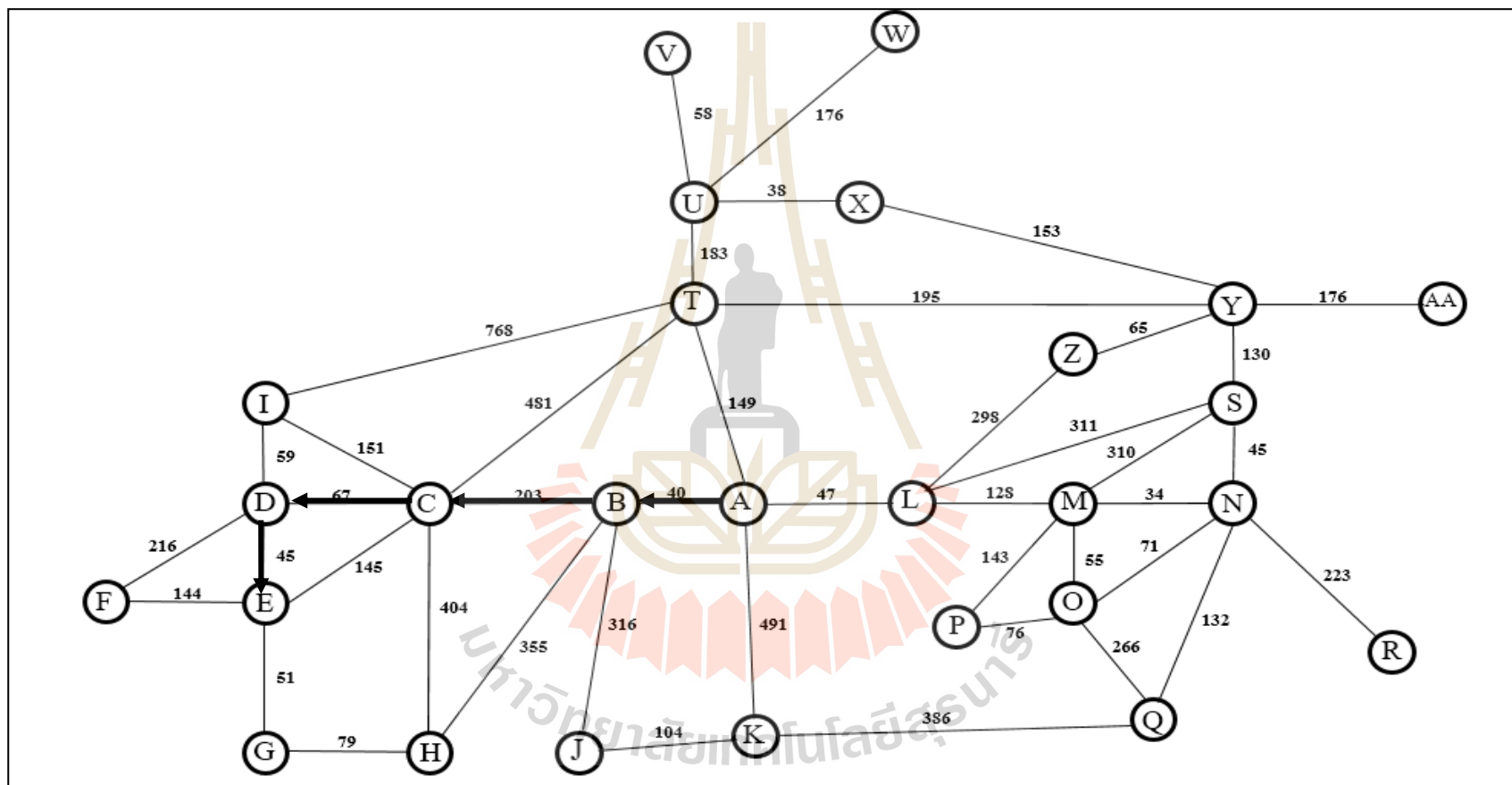
เส้นทางเดินรถดับเพลิง		ระยะทาง (KM.)	เวลา (min:sec)	หมายเหตุ
เส้นทางสั้น ที่สุด	$A > L > Z > Y > AA$	5.180	9:46	กรณีเวลา น้อยที่สุด
เส้นทางจาก Solver	$A > T > Y > AA$	6.524	8:41	
ผลต่าง		1.344	1:5	



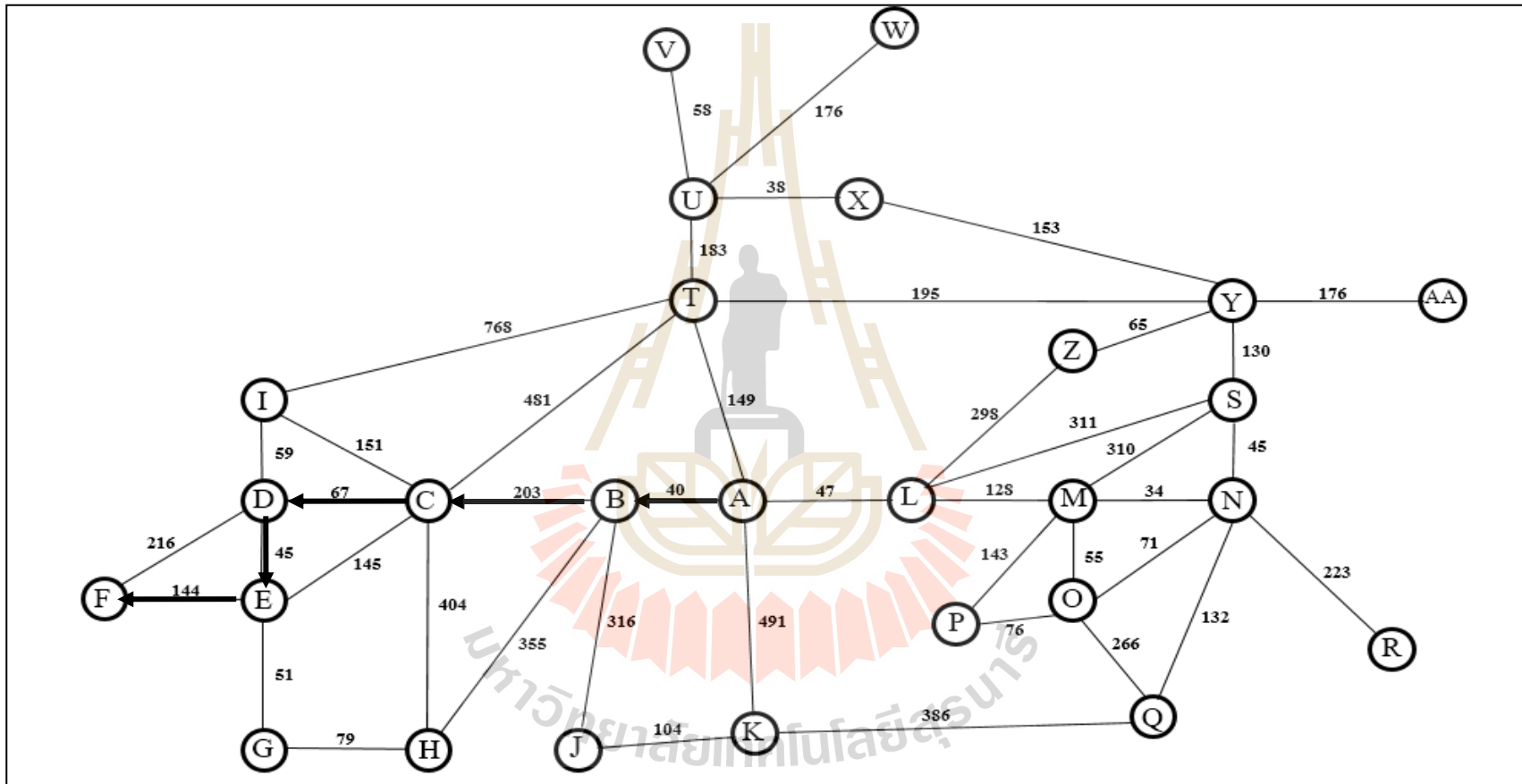
รูปที่ 4.4 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ C ชุมชนบ้านหนองบัวแดง



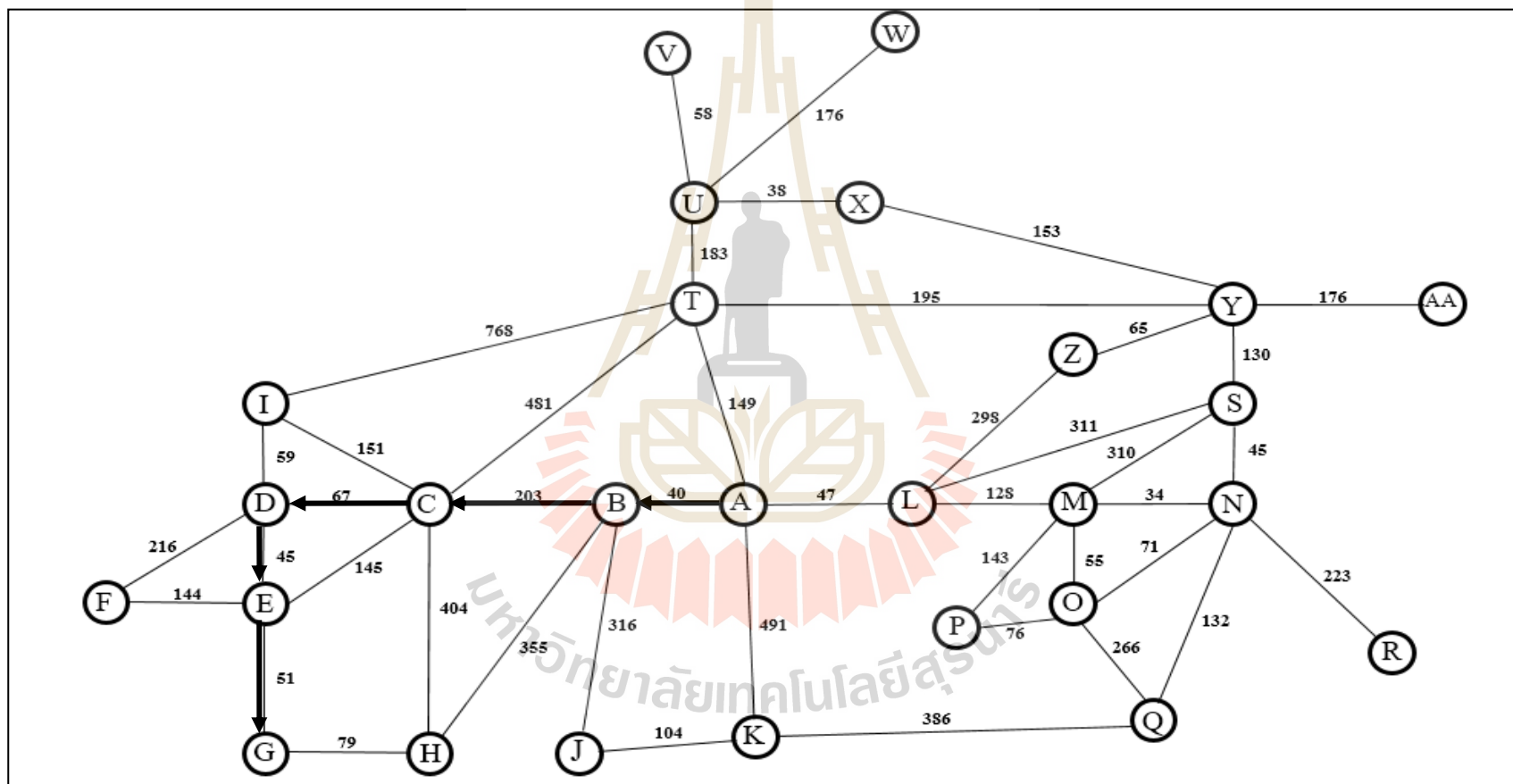
รูปที่ 4.5 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ D ชุมชนแยกโรงเรียน บ้านหนองไส



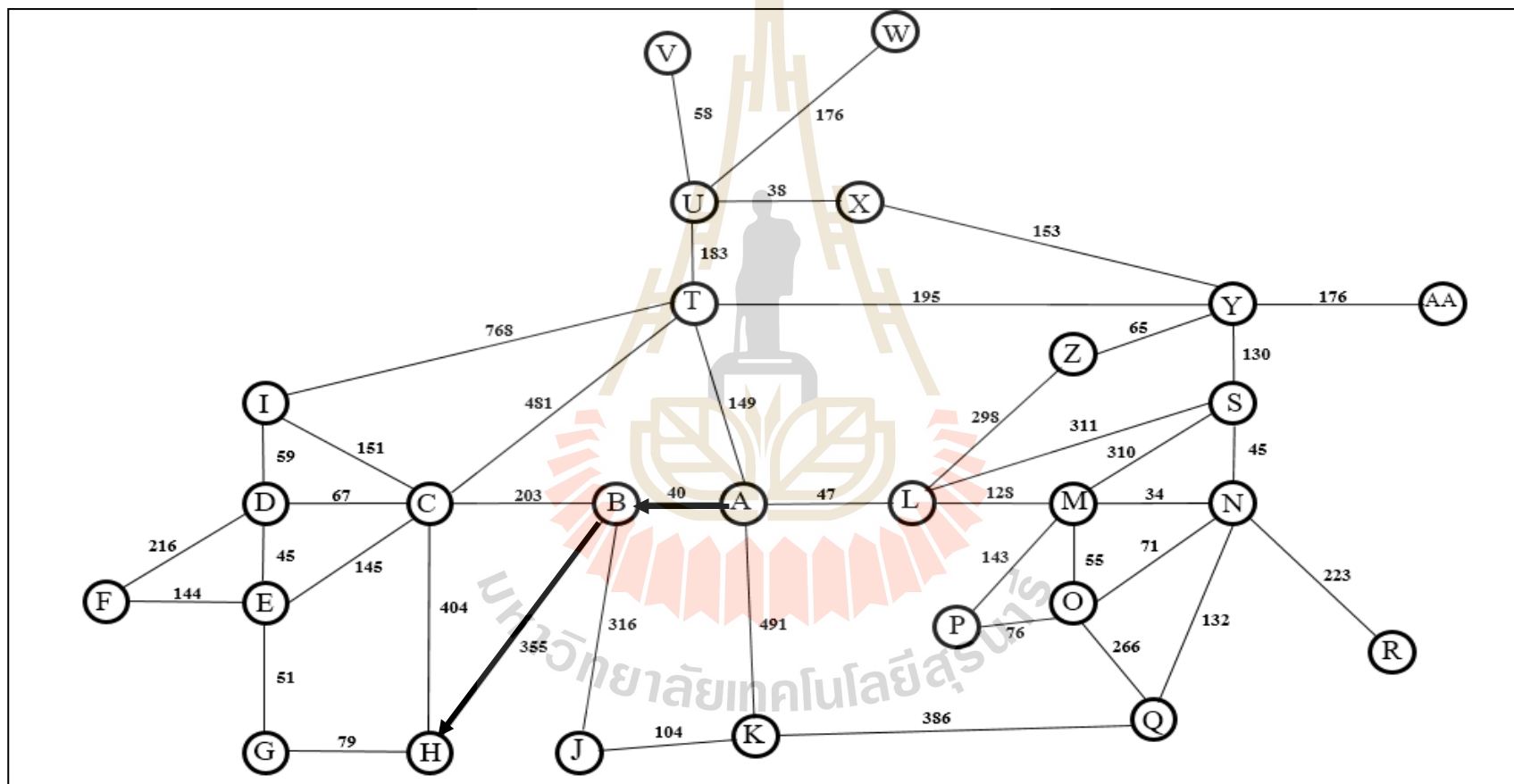
รูปที่ 4.6 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ E ชุมชนบ้านหนองไส



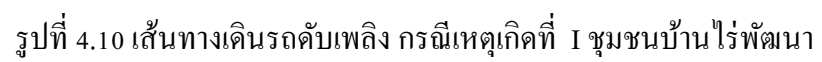
รูปที่ 4.7 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุการณ์ที่ F ชุมชนบ้านหนองแซง

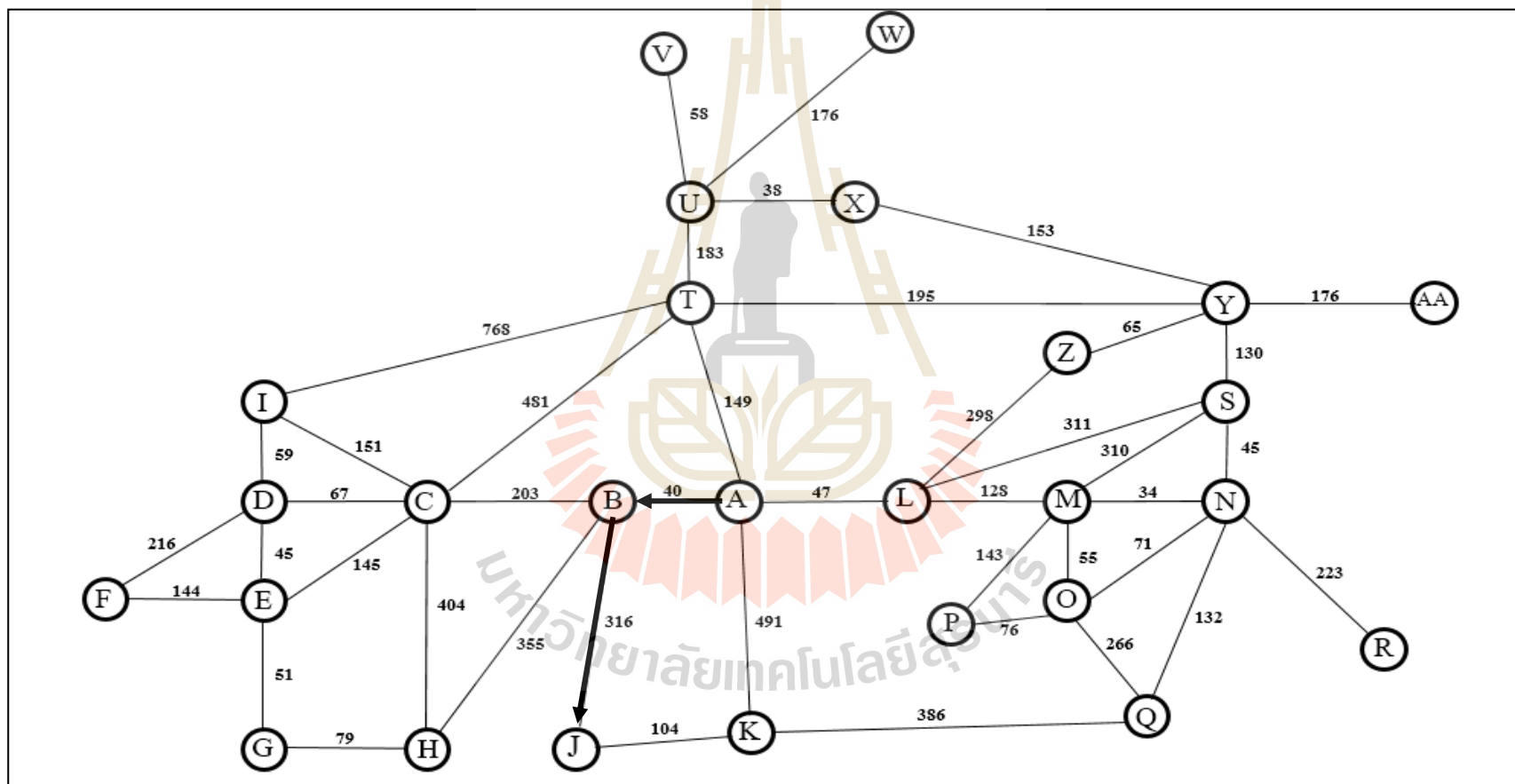


รูปที่ 4.8 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ G ชุมชนบ้าน ราษฎรรังษี

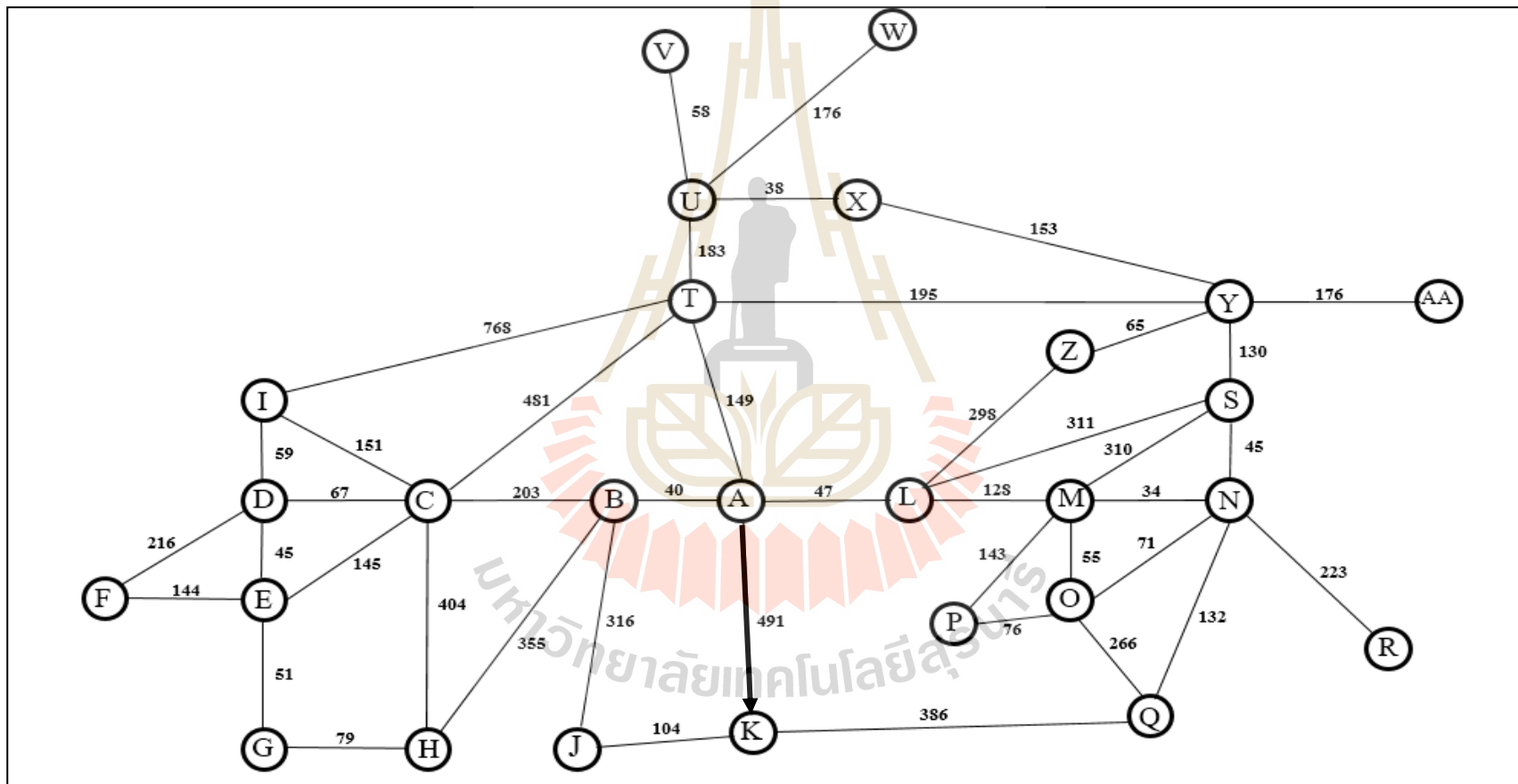


รูปที่ 4.9 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ H ชุมชนบ้าน หนองจาน

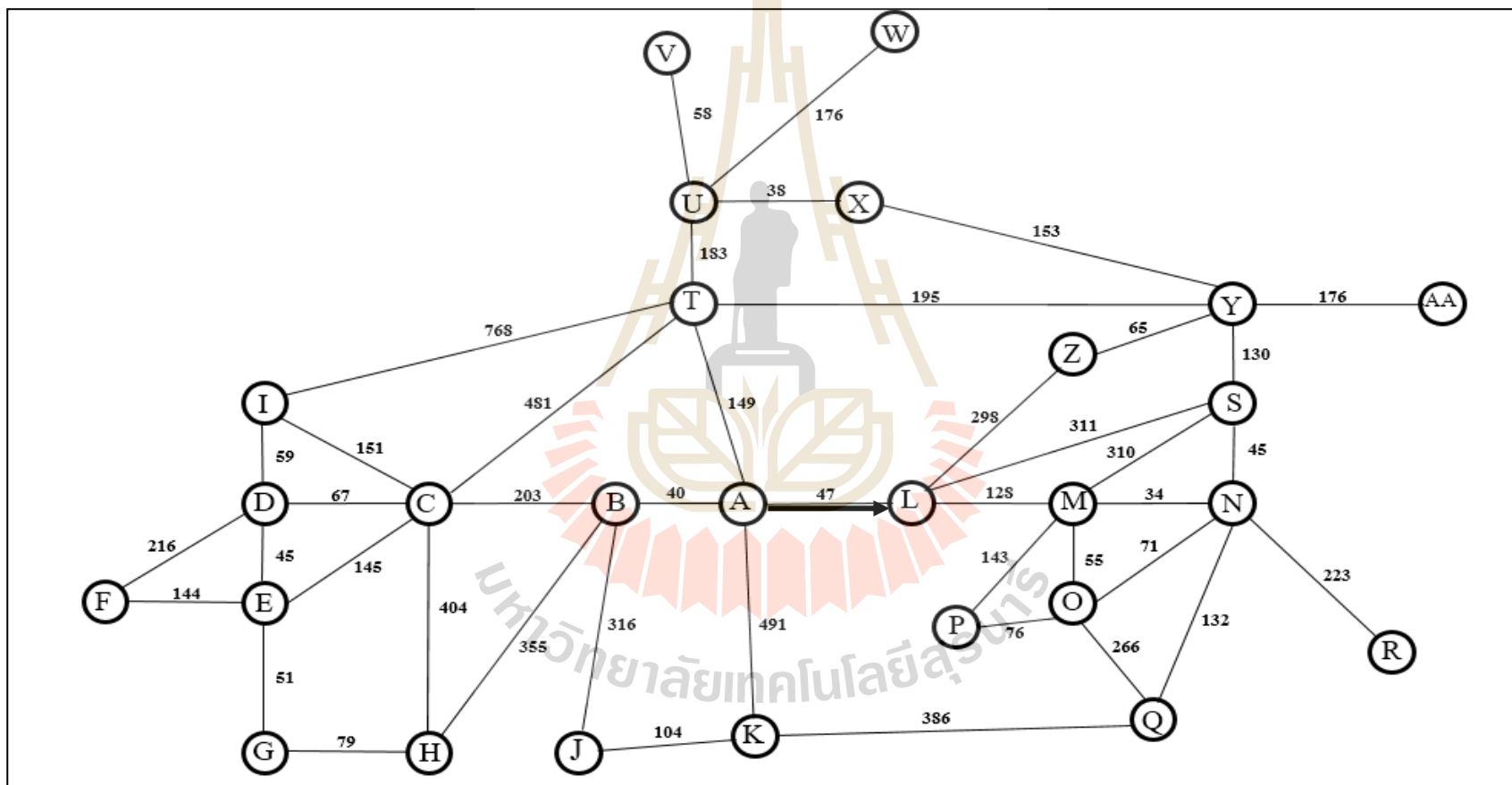




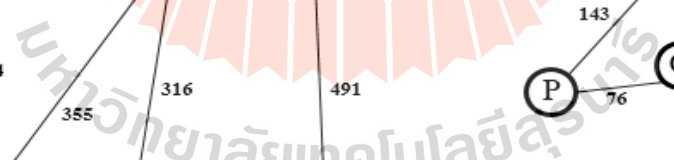
รูปที่ 4.11 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ J แยกกุดหล่ม ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง

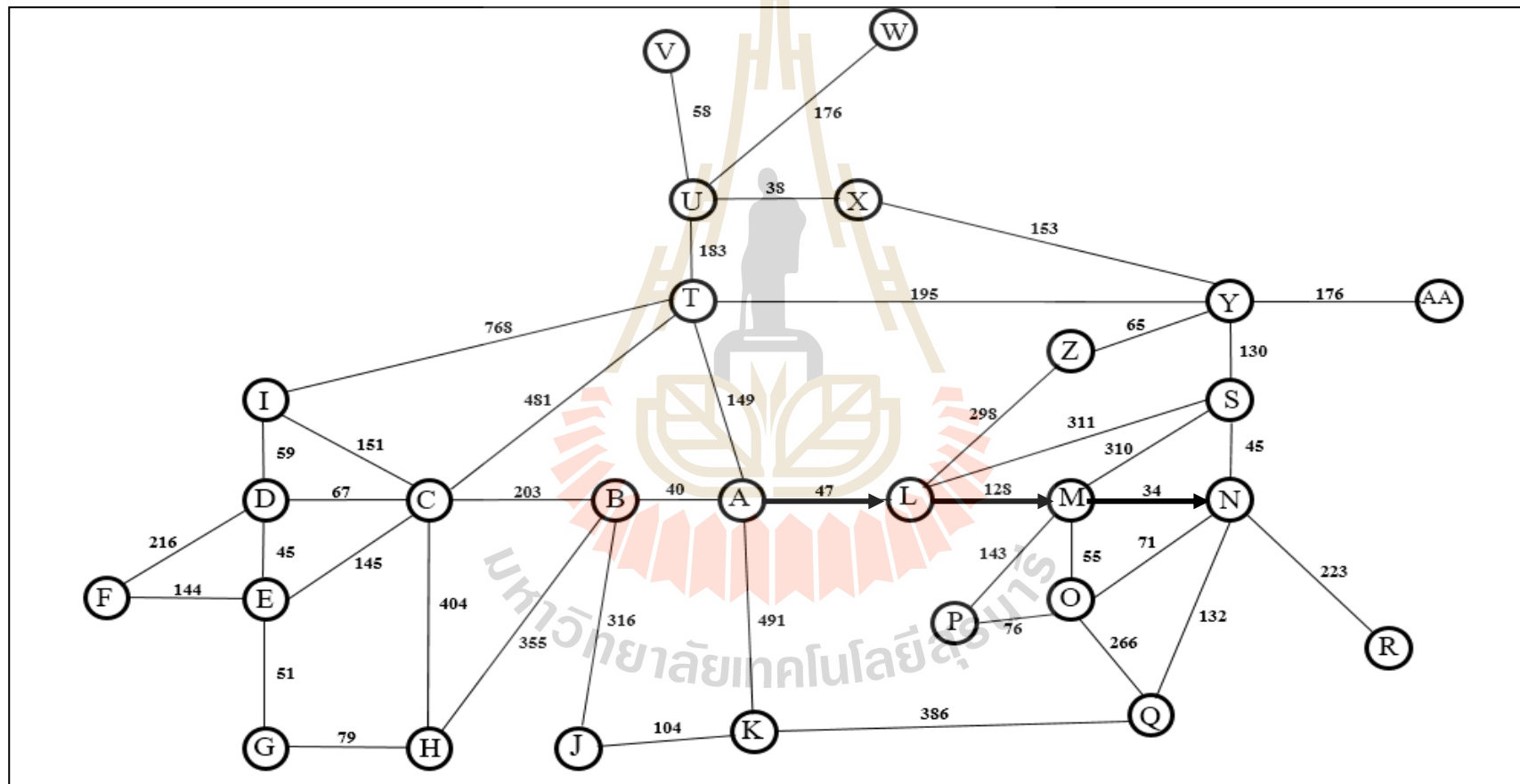


รูปที่ 4.12 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ K สถานีสูบน้ำบ้านสีสุก

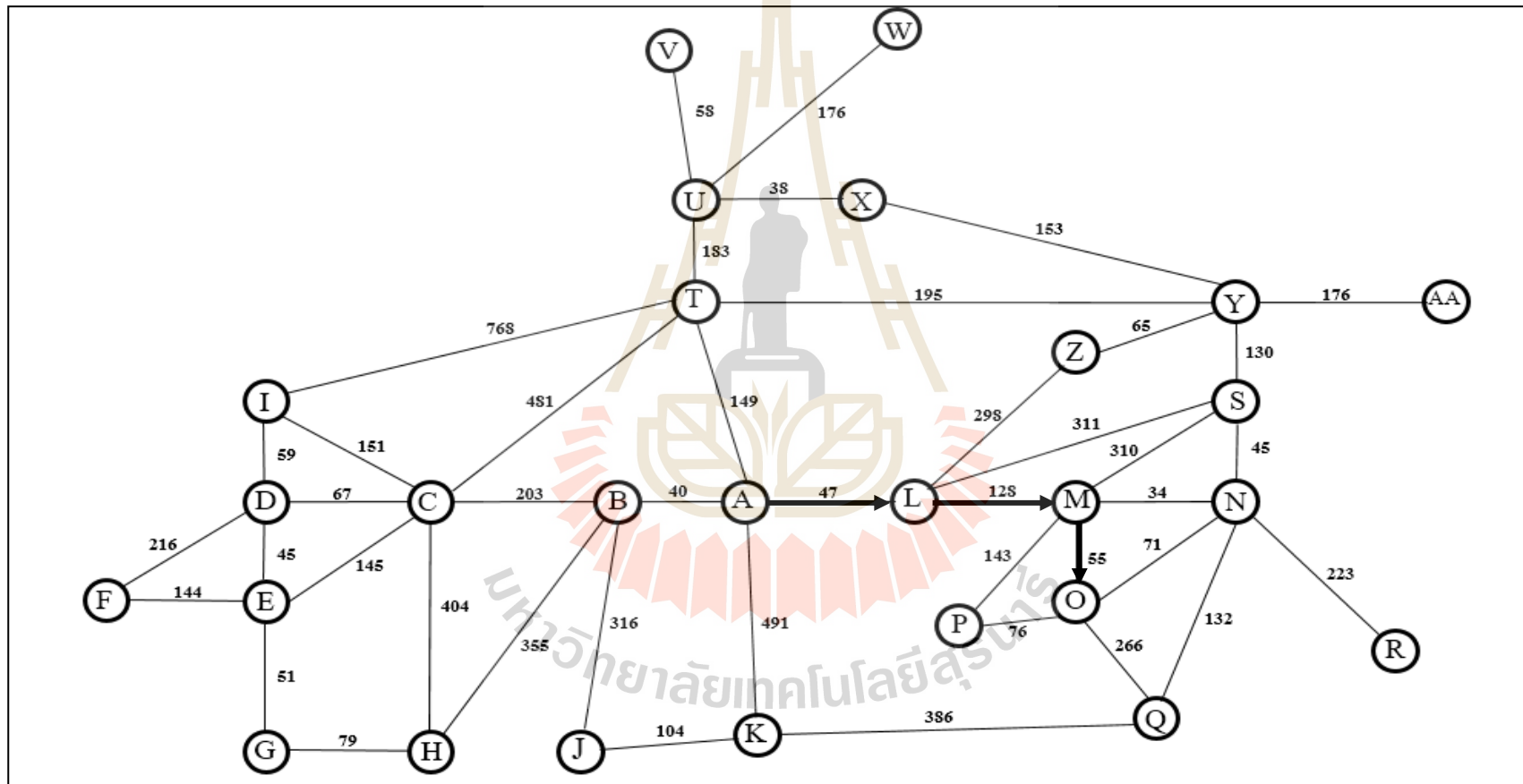


รูปที่ 4.13 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ L ชุมชนบ้านสีสุก

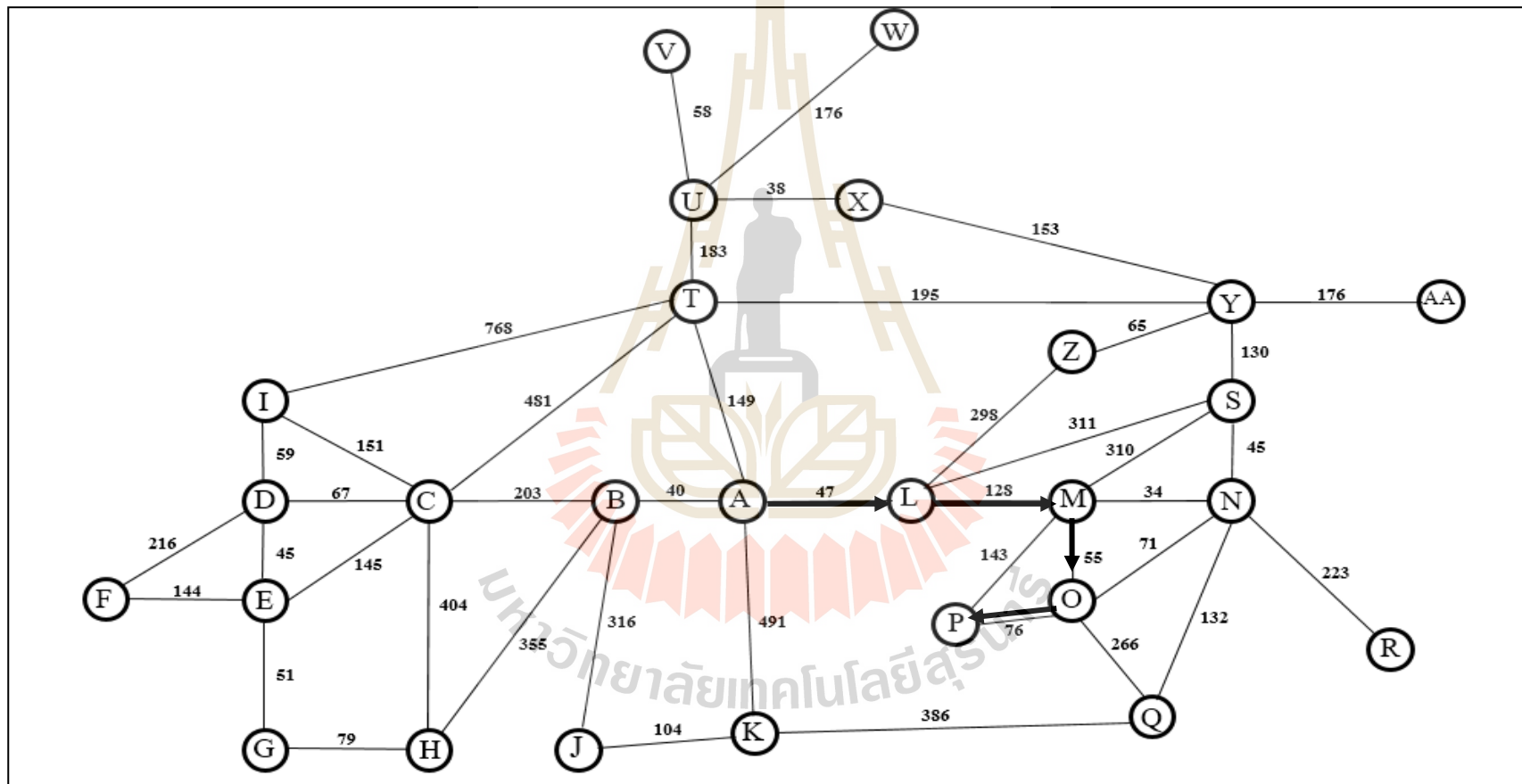




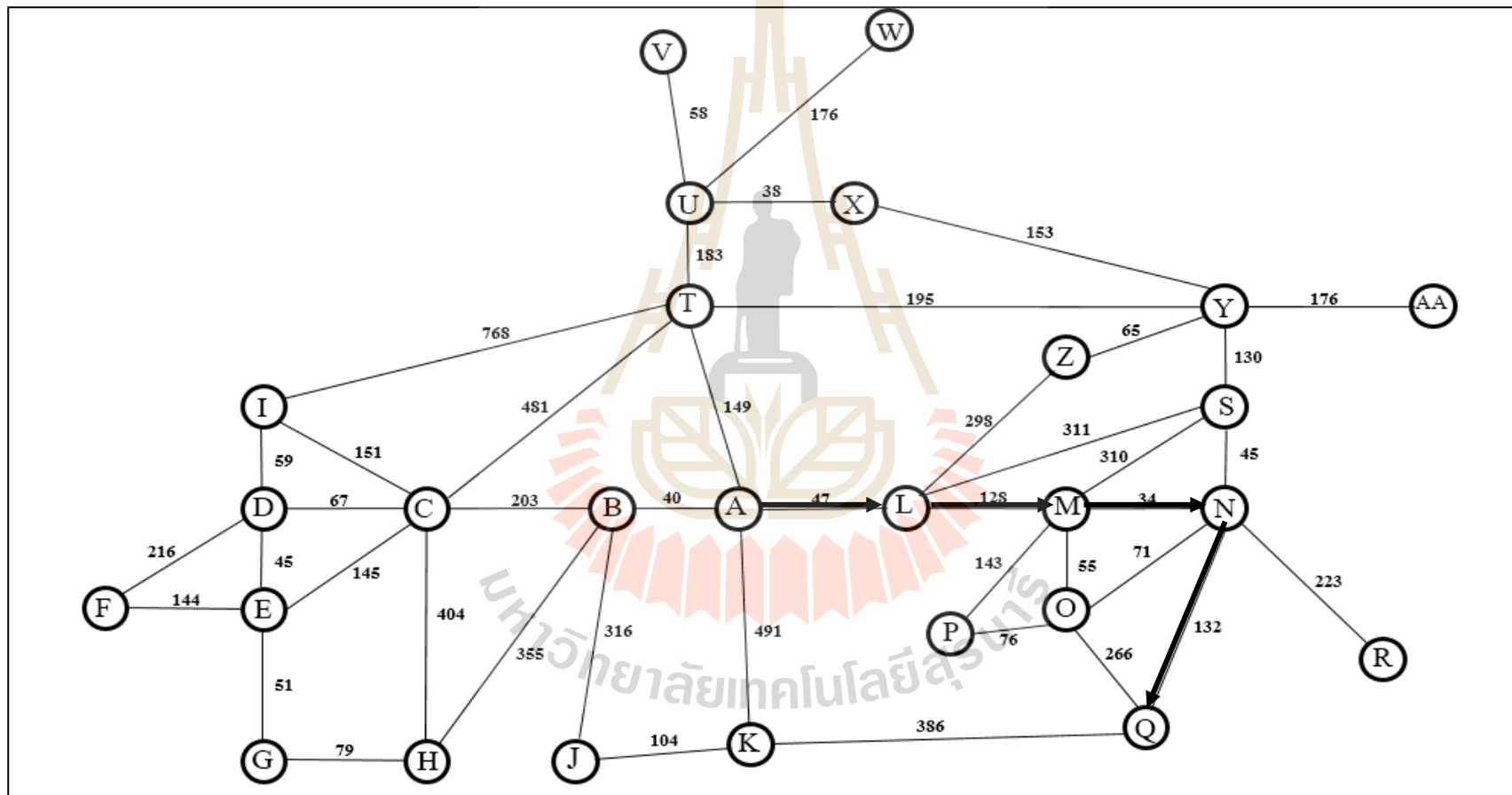
รูปที่ 4.15 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ N ชุมชนบ้านธาตุจอมศรี



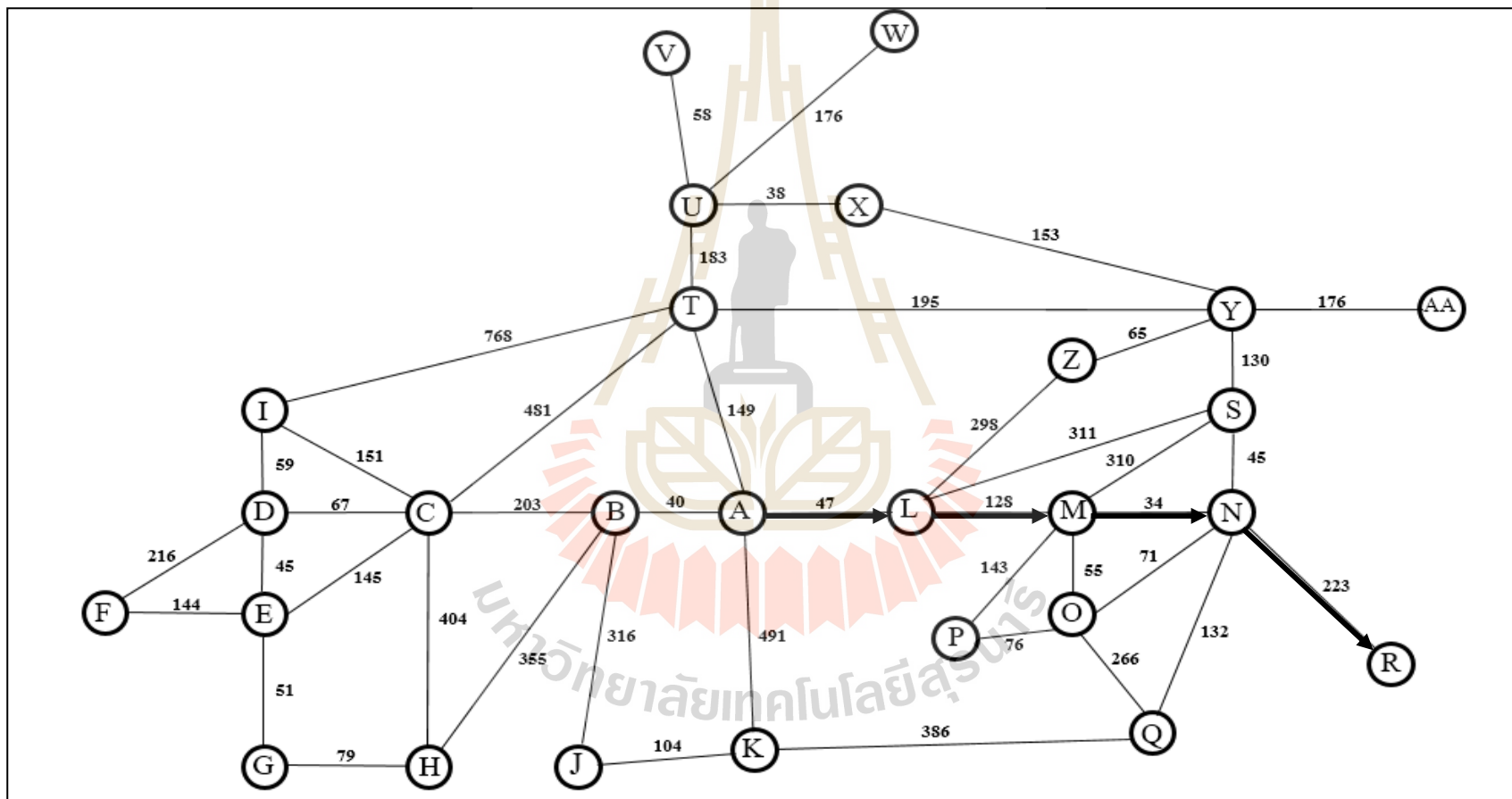
รูปที่ 4.16 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ O ชุมชนบ้าน ชาติพัฒนา



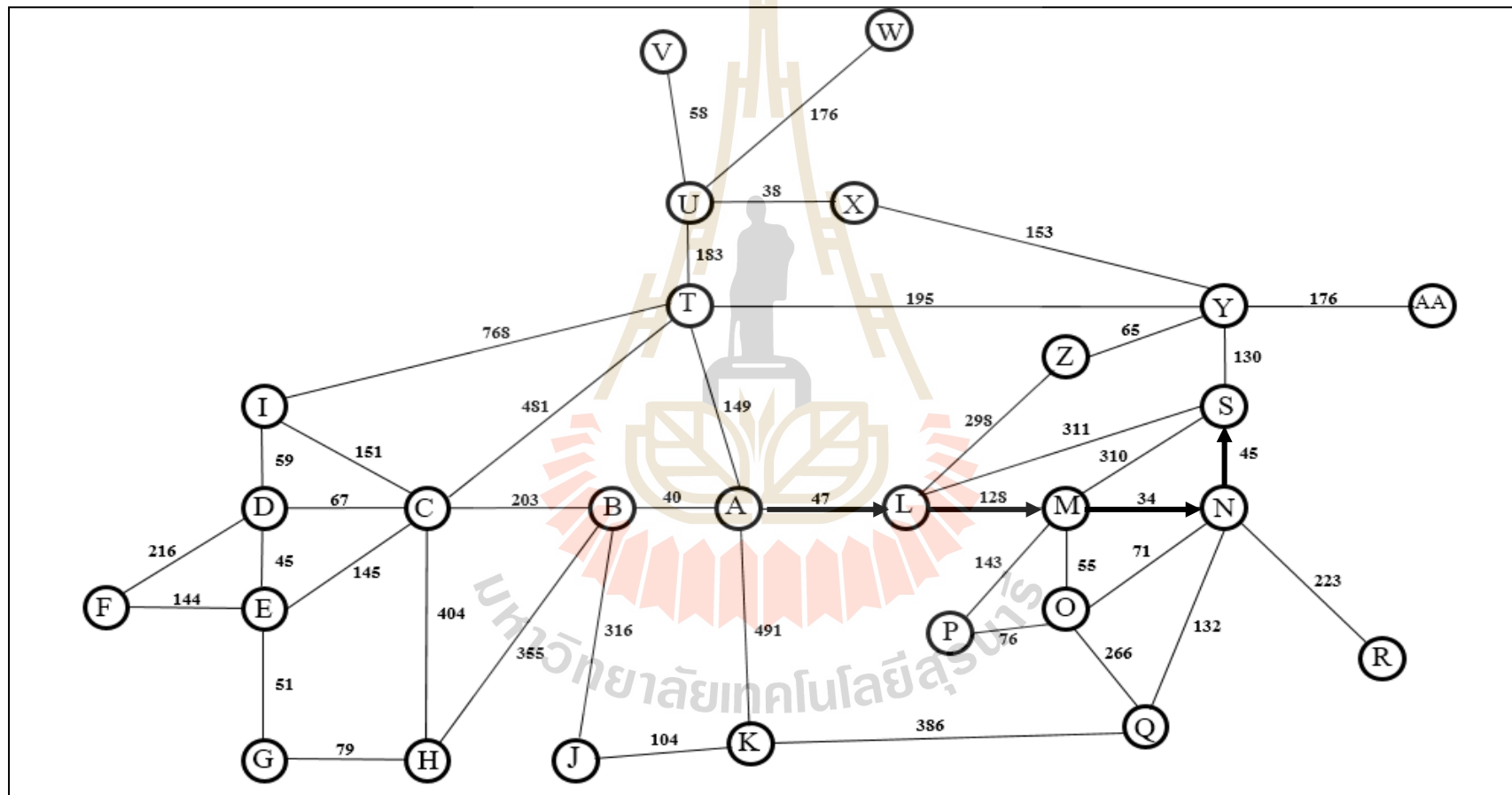
รูปที่ 4.17 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ P ชุมชนบ้านหนองเป็ดเก่า



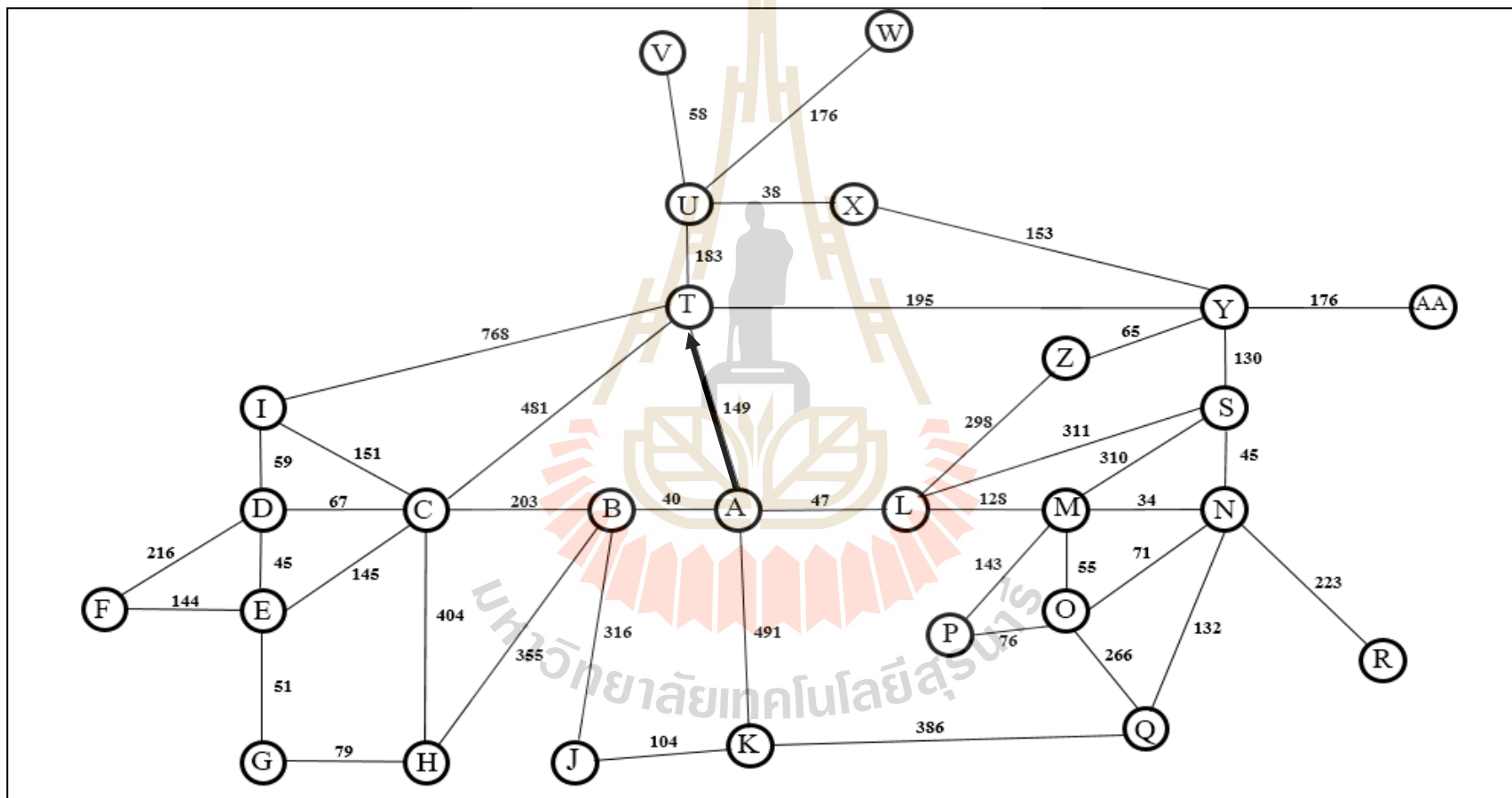
รูปที่ 4.18 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ Q แยกดอนส้มโฮง



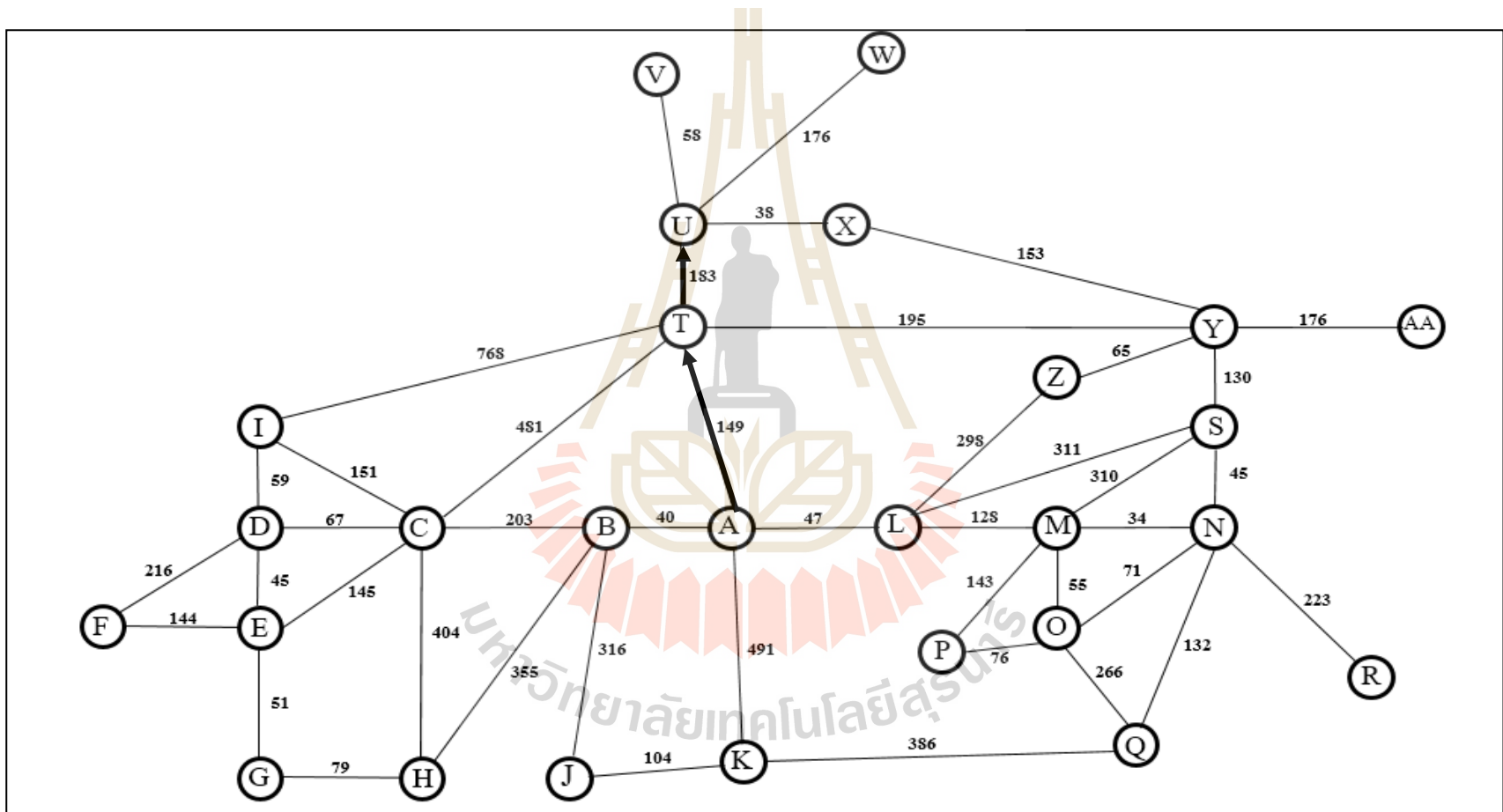
รูปที่ 4.19 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ R ชุมชนบ้าน ดอนแดง ต.สาวแห



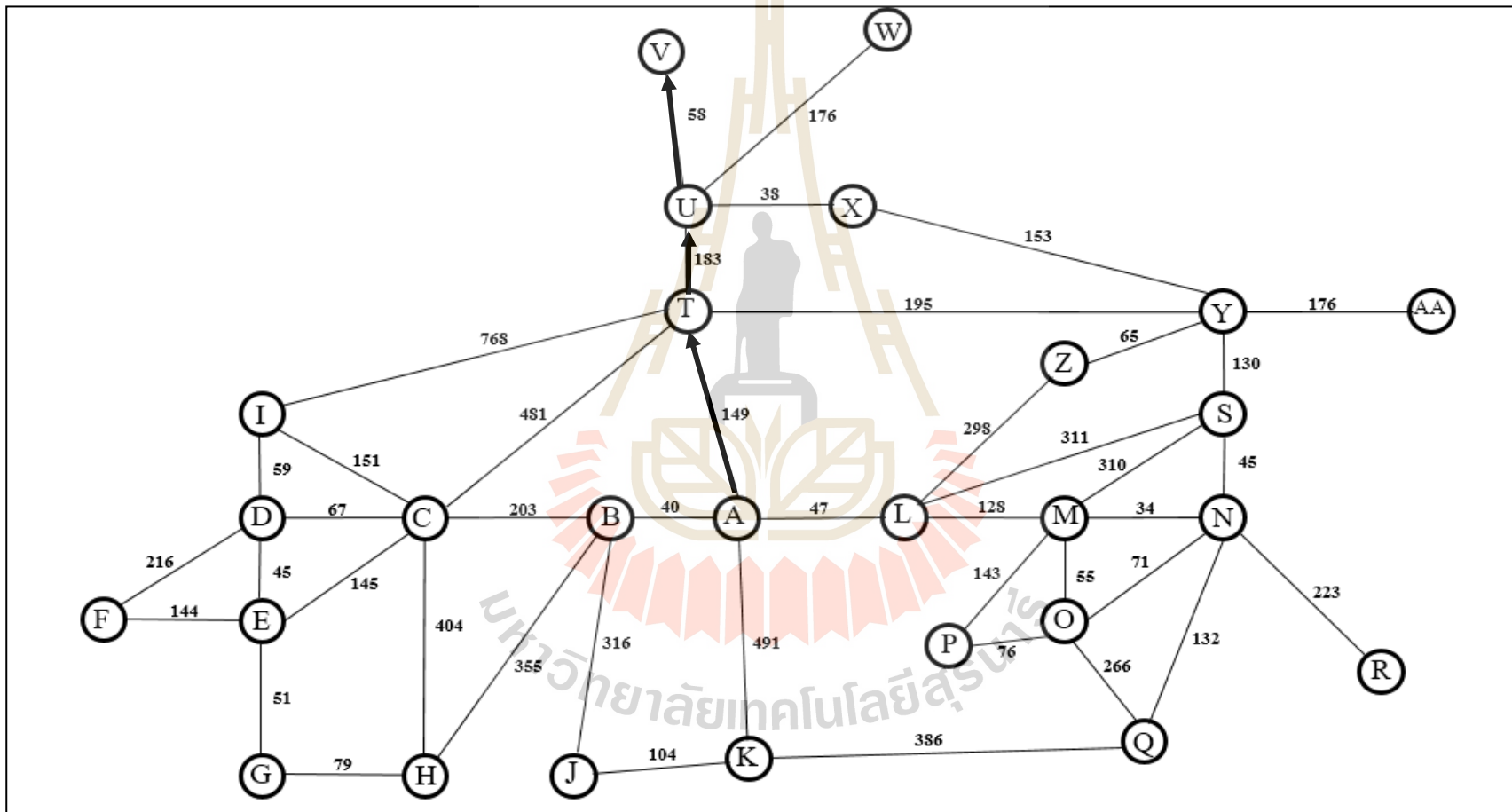
รูปที่ 4.20 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ S ชุมชนบ้านโนนสะอาด



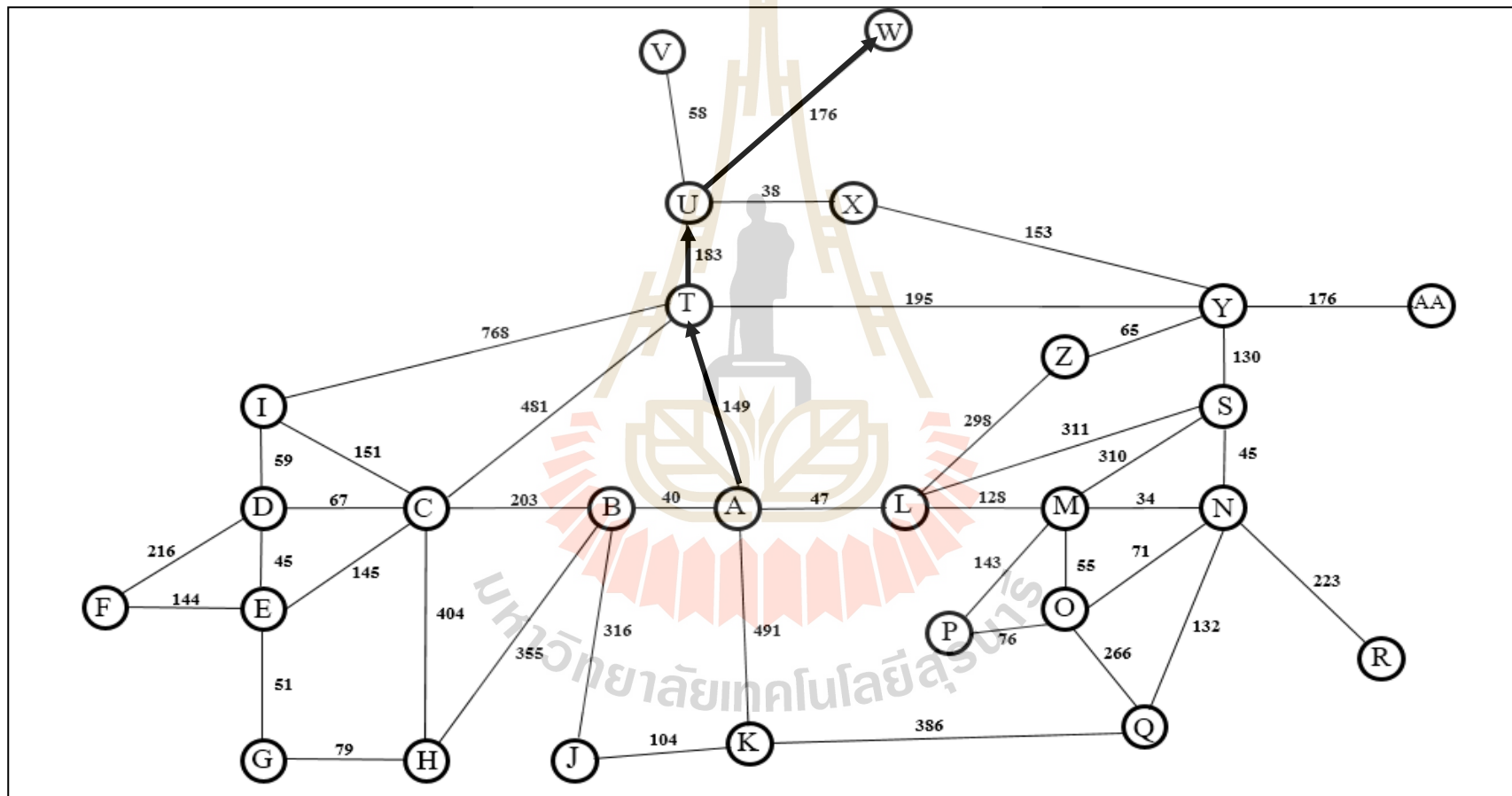
รูปที่ 4.21 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ T ชุมชนบ้าน ดูกิ่ง



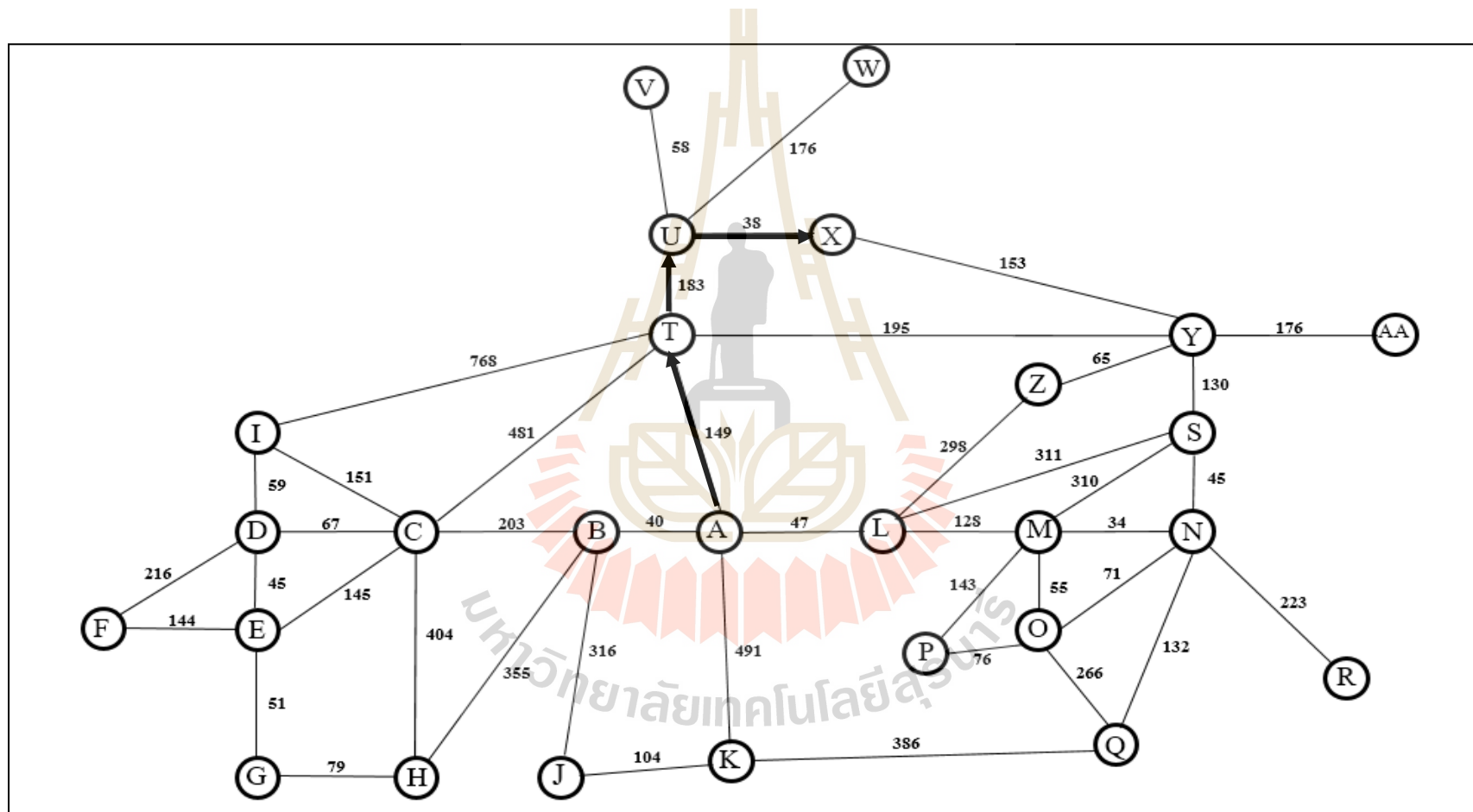
รูปที่ 4.22 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ U ชุมชนบ้านหนองเหี้ยว



รูปที่ 4.23 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ V ปาสงวนแห่งชาติ ป่าเปิดค่า (วัดป่าเทวารักษ์)

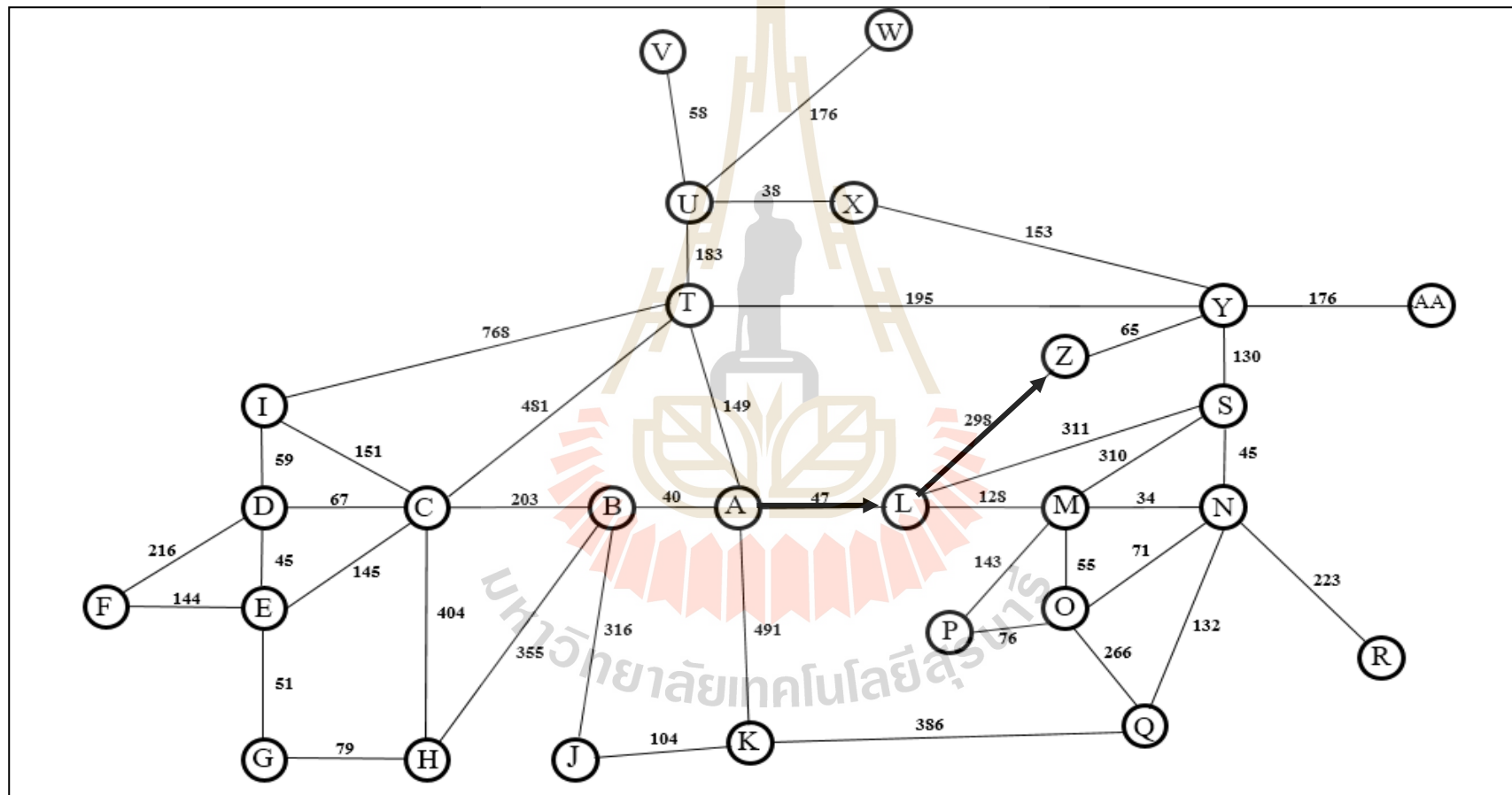


รูปที่ 4.24 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ W ชุมชนบ้านหนองบัวทอง

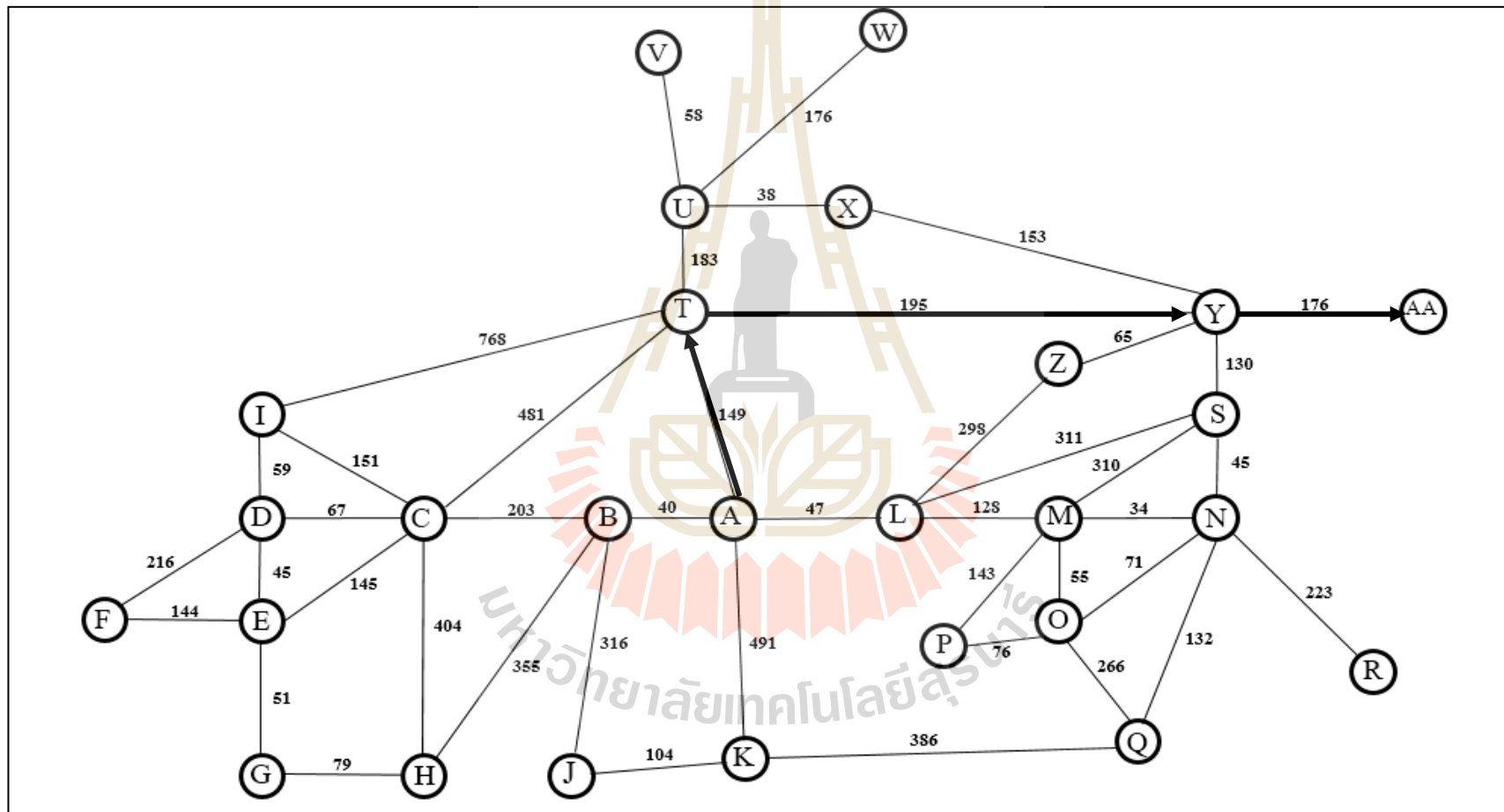


137





รูปที่ 4.27 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ Z ชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ ต.สาวแห



รูปที่ 4.28 เส้นทางเดินรถดับเพลิง กรณีเหตุเกิดที่ AA ชุมชนบ้านหนองแคน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางเดินรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อี่ อำเภอนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ในโปรแกรมสำเร็จรูป Solver และจำลองปัญหาเส้นทางเดินรถดับเพลิงแบบโครงข่าย (Network) ในเขตพื้นที่ตำบลคู่อี่ และเขตบริการตำบลสาวแห อำเภอนองฮี ทั้งหมด 26 จุด แบ่งออกได้เป็น 21 ชุมชน และ 5 สถานีจุดเสี่ยงการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งใช้เวลาในการศึกษา 13 สัปดาห์ ผลการศึกษารูปได้ดังนี้

5.1.1 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านวาริเกษม (B)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางของรถดับเพลิง กรณีใช้น้ำมันน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อี่ ไปยังชุมชนบ้านวาริเกษม ใช้เส้นทางจาก $A > B$ ระยะทาง 0.540 กม. ใช้เวลา 40 วินาที

5.1.2 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองบัวแดง (C)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางของรถดับเพลิง กรณีใช้น้ำมันน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อี่ ไปยังชุมชนบ้านหนองบัวแดง ใช้เส้นทางจาก $A > B > C$ ระยะทาง 2.605 กม. ใช้เวลา 4 นาที 3 วินาที

5.1.3 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน แยกโรงเรียนบ้านหนองไส (D)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางของรถดับเพลิง กรณีใช้น้ำมันน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อี่ ไปยังชุมชนบ้านโรงเรียนบ้านหนองไส ใช้เส้นทางจาก $A > B > C > D$ ระยะทาง 3.685 กม. ใช้เวลา 5 นาที 30 วินาที

5.1.4 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองไส (E)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางของรถดับเพลิง กรณีใช้น้ำมันน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อี่ ไปยังชุมชนบ้านหนองไส ใช้เส้นทางจาก $A > B > C > E$ ระยะทาง 4.325 กม. ใช้เวลา 6 นาที 15 วินาที

5.1.5 กรณีเหตุการณ์ที่ชุมชน บ้านหนองแขง (F)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองแขง ใช้เส้นทางจาก $A > B > C > E > F$ ระยะทาง 5.275 กม. ใช้เวลา 8 นาที 39 วินาที

5.1.6 กรณีเหตุการณ์ที่ชุมชน บ้านราษฎร์รังษี (G)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านราษฎร์รังษี ใช้เส้นทางจาก $A > B > C > D > E > G$ ระยะทาง 5.185 กม. ใช้เวลา 7 นาที 16 วินาที

5.1.7 กรณีเหตุการณ์ที่ชุมชน บ้านหนองจาน (D)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองจาน ใช้เส้นทางจาก $A > B > H$ ระยะทาง 4.140 กม. ใช้เวลา 6 นาที 29 วินาที

5.1.8 กรณีเหตุการณ์ที่ชุมชน บ้านไร่พัฒนา (I)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านไร่พัฒนา ใช้เส้นทางจาก $A > B > C > D > I$ ระยะทาง 4.585 กม. ใช้เวลา 6 นาที 29 วินาที

5.1.9 กรณีเหตุการณ์ที่แยกกุดหล่ม ป่าชุมชนโนนหนามแท่ง (J)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังกุดหล่มป่าชุมชนโนนหนามแท่ง ใช้เส้นทางจาก $A > B > J$ ระยะทาง 3.100 กม. ใช้เวลา 5 นาที 56 วินาที

5.1.10 กรณีเหตุการณ์ที่ สถานีสูบน้ำบ้านสีสุก (K)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังสถานีสูบน้ำบ้านสีสุก ใช้เส้นทางจาก $A > K$ ระยะทาง 3.100 กม. ใช้เวลา 8 นาที 11 วินาที

5.1.11 กรณีเหตุการณ์ที่ ชุมชนบ้านสีสุก (L)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านสีสุก ใช้เส้นทางจาก $A > L$ ระยะทาง 0.660 กม. ใช้เวลา 47 วินาที

5.1.12 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน ห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา (M)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนห้าแยกบ้านธาตุพัฒนา ใช้เส้นทางจาก $A>L>M$ ระยะทาง 2.46 กม. ใช้เวลา 2 นาที 55 วินาที

5.1.13 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านธาตุจอมศรี (N)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านธาตุจอมศรี ใช้เส้นทางจาก $A>L>M>N$ ระยะทาง 2.887 กม. ใช้เวลา 3 นาที 29 วินาที

5.1.14 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านธาตุพัฒนา (O)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านธาตุพัฒนา ใช้เส้นทางจาก $A>B>M>O$ ระยะทาง 3.140 กม. ใช้เวลา 3 นาที 50 วินาที

5.1.15 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองเปิดก่า (P)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองเปิดก่า ใช้เส้นทางจาก $A>B>M>O>P$ ระยะทาง 4.010 กม. ใช้เวลา 5 นาที 41 วินาที

5.1.16 กรณีเหตุเกิดที่แยกดอนส้มโฮง (Q)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังแยกดอนส้มโฮง ใช้เส้นทางจาก $A>L>M>N>Q$ ระยะทาง 4.887 กม. ใช้เวลา 5 นาที 41 วินาที

5.1.17 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชนบ้านดอนแดง (R) ต.สาวแห

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านดอนแดง ใช้เส้นทางจาก $A>L>N>R$ ระยะทาง 5.177 กม. ใช้เวลา 3 นาที 29 วินาที

5.1.18 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชนบ้านโนนสะอาด (S)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านโนนสะอาด ใช้เส้นทางจาก $A>L>M>N>S$ ระยะทาง 3.567 กม. ใช้เวลา 4 นาที 14 วินาที

5.1.19 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านคู่อิ่ง (T)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านคู่อิ่ง ใช้เส้นทางจาก A>T ระยะทาง 1.950 กม. ใช้เวลา 2 นาที 29 วินาที

5.1.20 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองเหี้ยว (U)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองเหี้ยว ใช้เส้นทางจาก A>T>U ระยะทาง 4.090 กม. ใช้เวลา 5 นาที 32 วินาที

5.1.21 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน ป่าสงวน ป่าเปิดคำ(วัดป่าเทวนารักษ์) (V)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านธาตุพัฒนา ใช้เส้นทางจาก A>T>U>V ระยะทาง 4.990 กม. ใช้เวลา 6 นาที 40 วินาที

5.1.22 กรณีเหตุเกิดที่ชุมชน บ้านหนองบัวทอง (W)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองบัวทอง ใช้เส้นทางจาก A>T>U>W ระยะทาง 5.730 กม. ใช้เวลา 8 นาที 28 วินาที

5.1.23 กรณีเหตุเกิดที่แยกป่าสาธารณะหนองแค (X)

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังแยกป่าสาธารณะหนองแค ใช้เส้นทางจาก A>T>U>X ระยะทาง 4.590 กม. ใช้เวลา 6 นาที 10 วินาที

5.1.24 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านสาวแห (Y) ต.สาวแห

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านสาวแห ใช้เส้นทางจาก A>T>Y ระยะทาง 4.554 กม. ใช้เวลา 5 นาที 45 วินาที

5.1.25 กรณีเหตุเกิดที่ ชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ (Z) ต.สาวแห

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านโนนสมบูรณ์ ใช้เส้นทางจาก A>L>Z ระยะทาง 2.590 กม. ใช้เวลา 5 นาที 45 วินาที

5.1.26 กรณีเหตุการณ์ที่ชุมชนบ้านหนองแคน (AA) ต.สาวแห

ทราบผลลัพธ์เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเดินทางของรถดับเพลิง กรณีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยใช้ Solver ประมวลผลจากแบบจำลอง Network พบว่า จากสถานีดับเพลิงอบต.คู่อิ่ง ไปยังชุมชนบ้านหนองแคน ใช้เส้นทางจาก A>T>Y>AA ระยะทาง 6.524 กม. ใช้เวลา 8 นาที 41 วินาที

5.2 การอภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ถึง การหาผลลัพธ์ เส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการเดินทางของรถดับเพลิง จากสถานีดับเพลิงถึงที่เกิดเหตุ กรณีศึกษาขององค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด โดยศึกษาจากข้อมูลเส้นทางในเขตพื้นที่รับผิดชอบตำบลคู่อิ่ง และครอบคลุมไปถึงเขตพื้นที่บริการ ตำบลสาวแห อำเภอหนองฮี และศึกษาข้อมูลตัวแปรต่างๆ ที่เป็นปัจจัย(Factor) ทำให้การเดินทางของรถดับเพลิง ไปยังที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ได้ช้าลง เวลาเพิ่มมากขึ้น หรือทำให้ความเร็วลดลง เมื่อเดินทางผ่านเส้นทางแต่ละเส้นทางตัวแปรต่างๆไม่เหมือนกัน มีหลายตัวแปรด้วยกัน จึงต้องทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ครอบคลุม ทุกๆด้าน จึงควรเก็บข้อมูลโดยละเอียดและถูกต้อง สอดคล้องกับความเป็นจริง เพื่อคำนวณหาค่าเวลาในการเดินทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ปัญหาของการเดินทางของรถดับเพลิงแต่ละสายทางในแต่ละเที่ยวหรือในแต่ละวัน หรือในแต่ละช่วงเวลา จะไม่เหมือนกันทุกครั้งเสมอไป จะมีความแตกต่างกัน นั่นหมายถึงตัวแปรหรือปัจจัย จะมีสภาพคงที่ และไม่คงที่ และปัจจัยที่ควบคุมได้ และควบคุมไม่ได้ เช่น ปริมาณจราจรในแต่ละวัน แต่ละช่วงเวลา ไม่เหมือนเดิม สภาพแวดล้อมที่ผ่าน อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ ปัจจัยอีกประการหนึ่ง ที่เป็นปัญหาในการเดินทาง คือ ฤดูกาล เช่นฤดูฝน ที่ไม่ทราบแน่ชัดว่าฝนจะตกในวันไหน เมื่อไหร่ เวลาไหน เพราะเมื่อ ฝนตกก็มักทำให้การเดินทางนั้นช้าลง และในอนาคต สายทางอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม ผิวทางเป็นถนนลูกรัง อาจจะเปลี่ยนเป็นถนนคอนกรีต หรือ ถนนคอนกรีตเปลี่ยนเป็นถนนลาดยาง จากสภาพถนนที่แย่มาก มีการปรับปรุงซ่อมแซม ซ่อมสร้างหรือบูรณะใหม่ให้มีสภาพดีขึ้นมากกว่าเดิม

Solver จะสามารถค้นหาค่าที่เหมาะสม (ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด) สำหรับสูตรในหนึ่งเซลล์ เรียกว่า เซลล์เป้าหมาย ซึ่งขึ้นกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของค่าในเซลล์สูตรอื่นๆ ในแผ่นงาน Solver ทำงานกับกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ตัวแปรการตัดสินใจ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการคำนวณสูตรในเซลล์เป้าหมายและเซลล์ข้อจำกัด Solver จะปรับค่าในเซลล์ตัวแปรการตัดสินใจให้สอดคล้องกับค่ากำหนด ของเซลล์ข้อจำกัดและให้ผลลัพธ์ที่ต้องการในเซลล์เป้าหมาย(เวลารวม) จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า โปรแกรม Solver ไม่สามารถประมวลผล ตามที่ต้องการ ได้หาก กำหนดค่าใน

เซลล์ตัวแปรผิด เช่นหน่วย นาที่ : วินาที ควรแปลงหน่วยให้เป็นหน่วยเดียวกันทั้งหมด และการกำหนดค่าตัวเลขรวมกับตัวอักษรในเซลล์เดียวกัน Solver จะไม่ประมวลผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาปัญหาการเดินทางของรถดับเพลิง ขององค์การบริหารส่วนตำบลคูก้อง อำเภอนองสี จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งยังไม่ได้มีการวางแผนสำหรับการเดินทางของรถดับเพลิงจากสถานีดับเพลิงไปยังที่เกิดเหตุ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear ProGramming) ในการค้นหาผลลัพธ์ โดยใช้ Microsoft Excel Solver เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางของรถดับเพลิง โดยการวิเคราะห์หาว่ามีปัจจัย (Factor) ใดบ้างที่มีผลทำให้การเดินทางของรถดับเพลิงช้าลง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง จากนั้นสร้างเป็นโมเดลโครงข่าย (Network) เวลาที่ใช้เป็นตัวแปรตัดสินใจในการเลือกเส้นทางที่เหมาะสม กรณีเลือกเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ในการเดินทางของรถดับเพลิงไปยังที่เกิดเหตุ โดยจำลองปัญหาให้มีสภาพปกติ ณ ปัจจุบัน และนำหลักการคำนวณการหาค่าเฉลี่ยร้อยละ (Percentage) มาใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้ลักษณะของการเดินทางของรถดับเพลิงใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด จากการศึกษาวิจัยพบว่า เส้นทางไปยังที่เกิดเหตุ ถึงแม้ว่าจะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด แต่ไม่ได้หมายความว่า จะเป็นเส้นทางที่ควรเลือกไป เพราะว่าการเดินทางของรถดับเพลิง จะต้องไปให้ถึงที่เกิดเหตุได้เร็วที่สุดนั่นก็คือ การเดินทางต้องใช้เวลาที่น้อยที่สุด จึงเป็นผลลัพธ์ ที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้ศึกษาวิจัยจะนำข้อมูลเส้นทางที่เหมาะสมนี้ไปจัดทำ คู่มือแผนการเดินทางของรถดับเพลิงไปยังที่เกิดเหตุ ของงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย องค์การบริหารส่วนตำบลคูก้อง ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล. (2558). การจัดการเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า และการจัดการพื้นที่
รถบรรทุก 4 ล้อ สำหรับขนส่งน้ำมันหล่อลื่น. สารนิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- กุลดา กิจสวัสดิ์. (2554). การพัฒนาระบบกระจายสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด.
โครงการมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2558). แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ 2558.
[Online].สืบค้นจาก [http:// www.thongthinlaws.com](http://www.thongthinlaws.com). [3/พ.ค./2561].
- จิรพันธ์ โกมุตพันธ์. (2556). การศึกษาเส้นทางรถโดยสารเพื่อวางแผนการเก็บขยะและ
ขนส่งขยะกรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัด
นครราชสีมา.โครงการมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ฉัตรทิพย์ มีสุข และคณะ. (2555). ระบบการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดรถเมล์ในการ
ขนส่งรถยนต์ สินค้า. ในเอกสารการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม.
การประชุมจัดโดย มหาวิทยาลัยศรีปทุม, ชะอำ เพชรบุรี.
- นภัสวรรณ แสงมณี. (2558). รายงานการวิจัย เรื่องการเสริมสร้างสมรรถนะของเจ้าหน้าที่เทศบาล
เมืองเพชรบุรีในการป้องกันและระงับอัคคีภัย. วิทยาลัยป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. [Online].สืบค้นจาก [http:// www. Disaster.go.th](http://www.Disaster.go.th).
[3/พ.ค./2561].
- บุญอนันต์ เปรื่องระบิล และคณะ. (2560). การประยุกต์ใช้ Solver หาค้นทุนต่ำสุดในการเทคอนกรีต.
ในเอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ครั้งที่ 2 เรื่องนวัตกรรมอาคาร 2560. การประชุมจัดโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์, นครปฐม.
- พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550. เล่มที่ 124 ตอนที่ 52ก ราชกิจจานุเบกษา
7 กันยายน 2550.
- เพชรายุทธ แซ่หลี่ และคณะ.(2560). การจัดการเส้นทางขนส่งน้ำดื่มโดยโปรแกรมเชิงเส้น กรณีศึกษา
ห้างหุ้นส่วนจำกัด รัตมี 2015. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ราชภัฏลำปาง ปีที่ 10 (1) 18- 59.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. (2539). หลักวิศวกรรมขนส่งเบื้องต้น. กรุงเทพฯ:ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

วรรณศิริ พันธุ์ไธ. (ม.ป.พ.). การหาคำตอบที่ดีที่สุด **Optimization**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและ
สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศักดิ์สิทธิ์ สุขสุเมธ. (2557). สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (**Optimization Modeling**) ด้วย
Excel(Solver). กรุงเทพฯ:บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553). วิศวกรรมขนส่ง (**Transportation Engineering**). [Online]. สืบค้นจาก
[http:// www. Disaster.go.th](http://www.Disaster.go.th). [3/พ.ค./2561].

สำนักส่งเสริมการพัฒนาทางหลวงท้องถิ่น. (ม.ป.ป.) การประเมินสภาพทางหลวงท้องถิ่น.
[Online].สืบค้นจาก [http:// www. Localroadder.drr.go.th](http://www.Localroadder.drr.go.th). [1/ก.ย./2561].







รูปที่ ก.1 การเก็บข้อมูลเส้นทาง



รูปที่ ก.2 การเก็บข้อมูลเส้นทาง



รูปที่ ก.3 การทดสอบวิ่งระดับเพลิง ผิวทางลาดยาง



รูปที่ ก.4 การทดสอบวิ่งระดับเพลิง ผิวทางคอนกรีต



รูปที่ ก.5 การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง ผิวทางลูกรัง



รูปที่ ก.6 การทดสอบวิ่งรถดับเพลิง

ประวัติผู้เขียน

นายทิวากร ทวีทรัพย์ เกิดวันที่ 7 พฤศจิกายน 2523 สำเร็จการศึกษา บริหารธุรกิจบัณฑิต (การจัดการงานก่อสร้าง) จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พุทธศักราช 2552 และได้เข้าศึกษา ต่อในระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและ สาธารณูปโภค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีพุทธศักราช 2559 ปัจจุบัน รับราชการ ที่ องค์การบริหารส่วนตำบลคู่อิ่ง อำเภอหนองฮี จังหวัดร้อยเอ็ด ตำแหน่ง นายช่างโยธา

