



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
GPS Navigation System and Gas Station Traffic Monitoring

นางอรฉัตร จิตตโสภักตร์
นางสาวรัชนิพร ชัยนาคิน
นายสินธุ์ นุชนาฏ

RCH
G
109.5
จ 3167

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....130273
รับ. เดือน. ปี. 2 โสธ. 2557

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12597442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 ค่าขีดแบ่งและการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding).....	39
บทที่ 4 การออกแบบระบบ	42
4.1 การออกแบบระบบ	42
4.2 การออกแบบฐานข้อมูลของระบบ.....	55
4.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานของระบบ.....	60
4.4 ระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย 77	
4.5 การใช้ข้อมูลระดับความติดขัดจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Traffy) เพื่อการตรวจสอบระดับความติดขัดของเส้นทาง.....	85
4.6 อัลกอริทึมในการเลือกสถานบริการแก๊สและเส้นทางที่เหมาะสม.....	89
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	93
5.1 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (โหมด Auto Suggest).....	93
5.2 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่ง ปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนด (โหมด Manual Trip).....	109
5.3 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่ผู้ใช้งานเลือก (Direction to).....	114
5.4 การทดลองระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจาก ภาพถ่าย	119
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	135
6.1 บทสรุป.....	135
6.2 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย	136
6.3 ปัญหาและอุปสรรค	136
6.4 แนวทางในการแก้ไข	137
6.5 แนวทางในการพัฒนาต่อ	137
บรรณานุกรม.....	139
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย.....	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของแอปพลิเคชัน.....	6
2.2 เปรียบเทียบความสามารถของแอปพลิเคชัน.....	7
2.2 เปรียบเทียบความสามารถของแอปพลิเคชัน (ต่อ).....	8
3.1 เหมเพลตตัวกรองแบบต่างๆ.....	36
4.1 รายละเอียดของตารางผู้ใช้งานระบบ.....	57
4.2 รายละเอียดของตารางสถานบริการแก๊ส.....	58
4.2 รายละเอียดของตารางสถานบริการแก๊ส (ต่อ).....	59
4.3 รายละเอียดของตารางช่วงถนน.....	59
4.4 รายละเอียดของตารางช่วงถนนย่อย.....	60
4.5 รายละเอียดของตารางราคาแก๊ส.....	60
4.6 ตารางแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่.....	64
4.6 ตารางแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่ (ต่อ).....	65
5.1 รายละเอียดแสง เงา และค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเฉลี่ยของชุดภาพถ่ายการจราจร ชุดที่ 1.....	120
5.2 ตัวอย่างภาพจากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.....	121
5.3 ตัวอย่างภาพจากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 2.....	122
5.4 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน ของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.2 เฟรมที่ 451 (แสงปานกลาง).....	124
5.4 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน ของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.2 เฟรมที่ 451 (แสงปานกลาง) (ต่อ).....	125
5.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการ แก๊สกับชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.....	131
5.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการ แก๊สกับชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 2.....	131

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของระบบตรวจสอบความหนาแน่นยานพาหนะด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	10
2.2 ภาพรวมของระบบตรวจตราสภาพการจราจรจากภาพถ่ายที่นำเสนอ	12
3.1 เส้นลวงจุด จุด เส้นละติจูดและเครือข่ายกริดที่ใช้ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์	13
3.2 โชนต่างๆ ในระบบพิกัดยูทีเอ็ม	14
3.3 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส	14
3.4 การระบุตำแหน่งของจีพีเอส	16
3.5 สาเหตุความคลาดเคลื่อนของสัญญาณจีพีเอส	17
3.6 ลำดับชั้นของระบบปฏิบัติการไอโอเอส	17
3.7 หน้าต่างของ Xcode	19
3.8 หน้าต่างของ Instruments	19
3.9 หน้าต่างของ iPhone Simulator	20
3.10 แผนผังการเชื่อมโยงโมเดล-วิว-คอนโทรลเลอร์	21
3.11 Class Hierarchy ของ NSObject	23
3.12 การใช้คลาส MKMapView	25
3.13 การใช้คลาส MKAnnotationView และ MKPinAnnotationView	25
3.14 กล้องไอพีที่ใช้ในการรับภาพ	31
3.15 ขั้นตอนการจดทะเบียนโดเมนเนมเสมือน	33
3.16 ลำดับการทำงานการติดตั้งเครือข่าย	34
3.17 แสดงฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงที่ (ก) สามารถถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยค่าขีด แบ่งระดับเดียว (ข) สามารถถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วนโดยค่าขีดแบ่งหลายระดับ	40
4.1 โครงสร้างของระบบโดยรวม	45
4.2 แผนภาพ Context หน้าที 1	46
4.3 แผนภาพ Context หน้าที 2	47
4.4 แผนภาพ DFD Level 0 หน้าที 1	48
4.5 แผนภาพ DFD Level 0 หน้าที 2	49
4.6 แผนภาพ DFD Level 1 โพรเซสที่ 1	50
4.7 แผนภาพ DFD Level 1 โพรเซสที่ 2	51
4.8 แผนภาพ DFD Level 1 โพรเซสที่ 3	52
4.9 แผนภาพ DFD Level 1 โพรเซสที่ 4	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 แผนภาพ DFD Level 1 โพรเซสที่ 7	54
4.11 แผนภาพยูสเคสของระบบ	55
4.12 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล	56
4.13 แสดงภาพรวมการใช้งานระบบ.....	61
4.14 แผนผังลำดับการทำงานของระบบ	62
4.15 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Auto Suggest (ข) การตั้งค่าการค้นหาของโหมด Auto Suggest	63
4.16 การเรียกดูข้อมูลสถานบริการแก๊ส	65
4.17 ข้อมูลรายละเอียดของสถานบริการแก๊ส	66
4.18 (ก) การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางที่เลือก (ข) การตั้งค่าเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางของ Direction to.....	66
4.19 ภาพจากกล้องไอพีของสถานบริการแก๊สที่เลือก	67
4.20 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Manual Trip (ข) ส่วนของการกำหนดต้นทางและปลายทาง ...	68
4.21 แผนที่ของโหมด Manual Trip.....	69
4.22 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Gas Prices (ข) การแจ้งเตือนเมื่อราคาแก๊สมีการปรับเปลี่ยน...	69
4.23 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Setting (ข) เลือกเงื่อนไขเพื่อปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนัก	70
4.24 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์.....	70
4.25 ตัวอย่างการตีกรอบความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส แบบที่ 1.....	72
4.26 ตัวอย่างการตีกรอบความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส แบบที่ 2.....	72
4.27 หน้าเว็บไซต์ในการเข้าสู่ระบบ	73
4.28 หน้าเว็บไซต์ในการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส	73
4.29 หน้าเว็บไซต์ในการเพิ่มข้อมูลสถานบริการแก๊ส.....	75
4.30 หน้าเว็บไซต์ในการแก้ไขข้อมูลสถานบริการแก๊ส.....	76
4.31 หน้าเว็บไซต์ในการลบข้อมูลสถานบริการแก๊ส	77
4.32 ภาพรวมของระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย	78
4.33 โครงสร้างของอัลกอริธึม RBA ที่นำมาใช้งาน.....	81
4.34 ตัวอย่างกรอบหน้าต่างการตรวจจ้ยานพาหนะที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้.....	82
4.35 ตัวอย่างการคำนวณข้อมูลระดับความหนาแน่น.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.36 แสดงตัวอย่างเส้นทางที่ได้รับจากแผนที่กูเกิลจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342).....	85
4.37 แสดงตัวอย่างข้อมูลเส้นทางที่ได้รับจากแผนที่กูเกิลในฟอร์มเมตข้อมูลแบบเจสันจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342)	85
4.38 แสดงตัวอย่างข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน	86
4.39 แสดงตัวอย่างข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑล	87
4.40 แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน	87
4.41 แสดงตัวอย่างผลการหาระดับความติดขัดของแต่ละช่วงถนนจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342).....	89
5.1 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application	94
5.2 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้	94
5.3 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	95
5.4 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง	95
5.5 ผลการหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง	96
5.6 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	96
5.7 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุดกับสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application....	97
5.8 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้.....	98
5.9 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	98
5.10 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้.....	99
5.11 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	99
5.12 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	100
5.13 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุดกับระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application	101
5.14 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้	102
5.15 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	102
5.16 ผลการหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง.....	103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.17 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	104
5.18 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด สภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส น้อยที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application	105
5.19 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้	106
5.20 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	106
5.21 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้	107
5.22 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	107
5.23 ผลการหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง.....	108
5.24 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	108
5.25 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application.....	110
5.26 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่กำหนด.....	110
5.27 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	110
5.28 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	111
5.29 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	111
5.30 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งาน กำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหา เส้นทางผ่านทาง Mobile Application	112
5.31 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่กำหนด.....	112
5.32 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	113
5.33 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้.....	113
5.34 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	114
5.35 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	114
5.36 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้น ที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application	115
5.37 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือก	115
5.38 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.39 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	116
5.40 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	116
5.41 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application.....	117
5.42 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือก	117
5.43 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้.....	118
5.44 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้.....	118
5.45 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง.....	119
5.46 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด.....	119
5.47 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่ง...ที่แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.1 เฟรมที่ 180 (แสงสลัว).....	125
5.48 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.3 เฟรมที่ 1357 (แสงจ้า).....	126
5.49 กราฟแสดงค่าผลรวมการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนของชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ (ก) 1.1 (ข) 1.2 และ(ค) 1.3 ช่วงเฟรมที่1010-1060127	
5.50 กราฟแสดงปริมาณเส้นขอบภาพของกรอบการตรวจจับที่ความหนาแน่นระดับมากจากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ (ก) 1.1 (ข) 1.2 และ (ค) 1.3 ช่วงเฟรมที่ 400-800	129
5.51 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากเงาของสิ่งปลูกสร้าง	132
5.52 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากเงาของยานพาหนะ.....	132
5.53 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากสีของยานพาหนะ	133
5.54 แสดงช่วงที่มียานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับของชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.4 ช่วงเฟรมที่ 1753-1762.....	134

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ยานยนต์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงได้มีการนำมาใช้ในหลายๆ ประเทศ เกือบทั่วทุกภูมิภาคของโลก แต่อัตรการเพิ่มของการใช้งานยานยนต์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงยังไม่มากนักเมื่อเทียบกับการใช้งานยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นในการพัฒนาตลาดยานยนต์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาโครงสร้างบริการพื้นฐานควบคู่ไปด้วย ได้แก่ ระบบท่อส่งแก๊ส และสถานีเติมแก๊ส ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่จำนวนจำกัด ทำให้แต่ละสถานีมีผู้ต่อคิวเพื่อใช้บริการเป็นจำนวนมาก เนื่องจากโครงสร้างบริการพื้นฐานดังกล่าวมีค่าลงทุนค่อนข้างสูง ทำให้จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนในหลายๆ ด้าน ด้านหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการช่วยสนับสนุนและพัฒนาตลาดดังกล่าว คือ ด้านส่งเสริมให้เกิดความสะดวกในการใช้บริการแก๊สแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) มาประยุกต์ใช้งาน เทคโนโลยีสารสนเทศหนึ่งที่เป็นที่นิยมและสามารถเข้าถึงผู้ใช้งานกลุ่มต่างๆ ได้เป็นอย่างดี คือ แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา

ดังนั้นจึงเป็นการดียิ่ง หากผู้ใช้งานมีระบบที่คอยให้บริการคำแนะนำและค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สได้ง่าย และสะดวกรวดเร็ว โดยแสดงเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยที่สุด มีสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และอยู่ใกล้กับตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานมากที่สุด ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงสถานบริการแก๊สได้โดยง่าย อันเป็นผลให้เกิดประโยชน์มากมาย ทั้งต่อผู้ใช้งาน ผู้ประกอบการสถานบริการแก๊ส และที่สำคัญยังส่งเสริมให้ผู้คนหันมาใช้พลังงานสะอาด ซึ่งลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

ทางคณะผู้จัดทำ จึงได้ริเริ่มและคิดค้นพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส ที่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ง่าย ผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) เพื่อค้นหาเส้นทางที่มีการวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์สภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สจากข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่ายกล้องไอพี (IP Camera) การวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Assessment Program and Traffic Report: Traffy) โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และการวิเคราะห์ระยะทางด้วยแผนที่กูเกิล (Google Maps) นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาระบบสำหรับการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ของสถานบริการแก๊สได้ง่ายยิ่งขึ้น ทำให้มีการรองรับกับการขยายตัวของระบบได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับวิเคราะห์เส้นทางและแนะนำสถานบริการแก๊สที่

เหมาะสมให้กับผู้ใช้งาน และที่สำคัญยังเป็นการสร้างประโยชน์ให้กับตลาดรถยนต์ที่ใช้แก๊ส รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในระยะยาว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาาระบบค้นหาเส้นทางร่วมกับแผนที่กูเกิล
3. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพกับระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
4. เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจรให้เกิดประโยชน์
5. เพื่อพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊สที่สามารถใช้งานได้จริงและสะดวกในการใช้งาน
6. เพื่อสร้างความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมในการสร้างระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
7. เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมในการสนับสนุนและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. แอปพลิเคชันสามารถแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊สแต่ละแห่งบนแผนที่ โดยสามารถเลือกแสดงแบบแยกประเภทผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการได้ และสามารถเลือกตำแหน่งสถานบริการแก๊สบนแผนที่ เพื่อดูข้อมูลรายละเอียดของสถานบริการแก๊สได้ เช่น ชื่อของสถานบริการแก๊ส ที่ตั้ง เบอร์โทรศัพท์ เป็นต้น
2. แอปพลิเคชันสามารถเลือกตำแหน่งสถานบริการแก๊สปลายทางบนแผนที่ และค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สนั้นได้ โดยเส้นทางที่ค้นหาได้ต้องมีการประเมินระยะทางใกล้ที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด
3. แอปพลิเคชันสามารถแนะนำสถานบริการแก๊สและค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางได้อัตโนมัติ จากการประเมินตามเงื่อนไข ระยะทางที่ใกล้ที่สุด มีสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และมีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊สต่างๆ น้อยที่สุด โดยผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขในการประเมินเส้นทางและชนิดของแก๊สที่ต้องการ รวมถึงขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการค้นหาสถานบริการแก๊สได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แอปพลิเคชันสามารถค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดเองได้ โดยเส้นทางที่ค้นหาได้ต้องมีการประเมินระยะทางใกล้ที่สุด และมีสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด โดยมีการแสดงความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สและตำแหน่งสถานบริการแก๊สที่อยู่ระหว่างเส้นทางที่ค้นหา
5. แอปพลิเคชันสามารถแสดงราคาแก๊สแต่ละประเภท และวันที่ทำการปรับปรุงราคาแก๊สล่าสุดได้ และมีการแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สขึ้นลง เมื่อเทียบกับราคาเดิม
6. ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดขอบเขตการตรวจสอบความหนาแน่นบนข้อมูลภาพของแต่ละสถานบริการแก๊ส และการปรับปรุงข้อมูลของฐานข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส ข้อมูลสภาพการจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร และข้อมูลราคาแก๊ส
7. ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส เพื่อจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สด้วยการ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อมูลของสถานบริการแก๊สผ่านหน้าเว็บไซต์ได้
8. ผู้ที่ต้องการให้ข้อมูลสถานบริการแก๊ส สามารถเข้าสู่ระบบจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส เพื่อให้ข้อมูลสถานบริการแก๊สผ่านเว็บไซต์ได้
9. อุปกรณ์ที่ใช้งานแอปพลิเคชันต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อดึงข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งาน และต้องมีอุปกรณ์ที่รับสัญญาณจีพีเอส (GPS) ได้
10. การติดตั้งกล้องไอพีจะใช้การจำลองติดตั้งเพียงหนึ่งตัว เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อและรับภาพมายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) แต่ระบบจริงสามารถรองรับการเชื่อมต่อและรับภาพได้ตามประสิทธิภาพของเครื่องเซิร์ฟเวอร์
11. ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบการประมวลผลภาพ เป็นข้อมูลภาพที่ได้จากการบันทึกภาพจากสถานบริการแก๊ส และเป็นภาพที่บันทึกในช่วงเวลากลางวัน
12. การติดตั้งกล้องไอพีและมุมมองของกล้องต้องเหมาะสมต่อการรับภาพ ที่นำมาประมวลผลภาพ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการประมวลผลภาพ
13. การค้นหาเส้นทางโดยค้นหาจากสภาพการจราจรนั้นสามารถค้นหาได้เพียงถนนในกรุงเทพฯ เท่านั้น
14. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้การประมวลผลภาพกับข้อมูลภาพจากกล้องไอพีที่บันทึกในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น
15. การประมวลผลภาพเพื่อวัดสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สมีข้อจำกัดในกรณีที่บริเวณรอบความหนาแน่นมีเงาของยานพาหนะหรือสิ่งก่อสร้างที่มีรายละเอียดของเขา

16. การประมวลผลภาพเพื่อวัดสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สมีข้อจำกัดในกรณีที่ยานพาหนะมีขนาดยาวคร่อมกรอบความหนาแน่นมากกว่า 1 กรอบ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาที่เป็นเหตุให้ควรพัฒนา จากการทดลองใช้งานแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในปัจจุบันและเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละแอปพลิเคชัน
2. กำหนดความต้องการและขอบเขตของงานวิจัย โดยพิจารณาจากจุดเด่นและจุดด้อยของแอปพลิเคชันที่ทดลองใช้งาน และเพิ่มความสามารถใหม่ๆ โดยประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการประมวลผลภาพและใช้ข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร รวมถึงศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย และจัดทำเป็นเอกสารความต้องการ
3. ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
4. ศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งและเชื่อมต่อกล้องไอพีกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
5. ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส
6. วิเคราะห์ และออกแบบระบบ
7. จัดหาวัสดุอุปกรณ์และติดตั้งซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนา
8. พัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการกำหนดขอบเขตการตรวจสอบความหนาแน่น และโปรแกรมประมวลผลภาพ เพื่อตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
9. พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
10. พัฒนาโปรแกรมจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส
11. ทดสอบการทำงานและวิเคราะห์ผลของระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สที่พัฒนาขึ้น และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
12. จัดทำเอกสารวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบความหนาแน่นของรถยนต์ ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

3. สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส สำหรับให้บริการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มี ผู้ใช้บริการน้อยที่สุด มีสภาพจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และอยู่ใกล้กับตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน
4. สามารถพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
5. สามารถพัฒนาระบบเครือข่ายกล้องไอพี
6. ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำระบบไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้
7. ได้ส่งเสริมการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมในการสนับสนุนและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ การเปรียบเทียบแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในท้องตลาด แนวทางการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส เทคนิคการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นรถยนต์ด้วยวิธีการประมวลผลภาพ และการวิเคราะห์ภาพถ่ายสำหรับระบบตรวจสอบตราสภาพการจราจรด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพร่วมกับกรอบหน้าต่างการตรวจจับ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในท้องตลาด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถของแอปพลิเคชันแนะนำและค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการน้ำมันหรือแก๊สแบบต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจำกัดขอบเขตการศึกษาไว้บนแพลตฟอร์มไอโอเอส ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊สในงานวิจัยนี้ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของแอปพลิเคชัน

ชื่อ	PTT Life Station	ThaiOil	Shell Motorist
ราคา	ฟรี	1.99 \$	ฟรี
อุปกรณ์ที่รองรับ	iPhone, iPod touch, iPad	iPhone, iPod touch, iPad	iPhone, iPod touch, iPad
ความต้องการ iOS	3.0 หรือสูงกว่า	4.3 หรือสูงกว่า	4.0 หรือสูงกว่า
ขนาด	1.2 MB	7.6 MB	12.5 MB
ภาษา	ไทย	ไทย	อังกฤษ จีน เดนมาร์ก ดัตช์ ฝรั่งเศส ไทย อิตาลี อินโดนีเซีย สเปน
ผู้พัฒนา	PTT ICT Solutions Company Limited	Adirak Kaewmahing	Shell Information Technology Int. B.V.



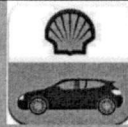
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความสามารถของแอปพลิเคชัน

ชื่อ	 PTT Life Station	 ThaiOil	 Shell Motorist
แสดงตำแหน่งสถานบริการ น้ำมันหรือแก๊สบนแผนที่	✓	✓	✓
เลือกแสดงตำแหน่งสถาน บริการน้ำมันหรือแก๊สตาม ประเภทของผลิตภัณฑ์	✓	✓	✓
แสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้	✓	✓	✓
แสดงข้อมูลรายละเอียดของ สถานบริการน้ำมันหรือแก๊ส	✓		✓
ค้นหาเส้นทางจากตำแหน่ง ปัจจุบันไปยังสถานบริการ น้ำมันหรือแก๊สที่เลือก	✓	✓	✓
ค้นหาเส้นทางจากตำแหน่ง ปัจจุบันไปยังสถานบริการ น้ำมันหรือแก๊สที่ใกล้ที่สุด			✓
ค้นหาเส้นทางจากต้นทางไป ปลายทางและแสดงตำแหน่ง สถานบริการน้ำมันหรือแก๊ส บนเส้นทาง			✓
แสดงระยะทางจากตำแหน่ง ปัจจุบันไปยังสถานบริการ น้ำมันหรือแก๊ส เรียง ตามลำดับสถานบริการน้ำมัน หรือแก๊สที่ใกล้ที่สุด	✓		✓
แนะนำสถานที่ท่องเที่ยว ร้านอาหาร ร้านเครื่องดื่ม	✓		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความสามารถของแอปพลิเคชัน (ต่อ)

ชื่อ	 PTT Life Station	 ThaiOil	 Shell Motorist
แนะนำโปรโมชั่นของสถานบริการน้ำมันหรือแก๊ส	✓		✓
แสดงราคาน้ำมันแต่ละชนิด	✓	✓	
แสดงราคาน้ำมันและแก๊สในพื้นที่จังหวัดที่ต้องการ		✓	
แสดงการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมัน		✓	
สามารถแชร์ราคาน้ำมันหรือแก๊สบนสังคมออนไลน์ (Social Network)		✓	
แสดงตำแหน่งสถานบริการน้ำมันหรือแก๊สของทุกบริษัท		✓	

2.2 แนวทางการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติและความสามารถของแอปพลิเคชันแนะนำและค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการน้ำมันหรือแก๊สแบบต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จะพบว่า แต่ละแอปพลิเคชันมีความสามารถที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีทั้งข้อดี และข้อด้อยที่แตกต่างกัน

ดังนั้นการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส ในส่วนของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส จะพิจารณาจากจุดเด่นและจุดด้อยของแอปพลิเคชันที่ได้ศึกษามา โดยจะนำจุดเด่นมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งมีการพัฒนาและแก้ไขข้อบกพร่องหรือข้อด้อยของแอปพลิเคชันดังกล่าว และเพิ่มความสามารถใหม่ๆ ให้แอปพลิเคชัน โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการประมวลผลภาพ ในการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส และใช้ข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร ในการประเมินสภาพจราจรของเส้นทาง เพื่อเพิ่มจุดเด่นและความแตกต่างให้แอปพลิเคชัน โดยที่ระบบจะนำข้อมูลสภาพความหนาแน่น และข้อมูลสภาพจราจรมาใช้ร่วมกับข้อมูลระยะทางจากแผนที่ที่ถูกลี เพื่อเลือกตำแหน่งสถานบริการปลายทางและค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังสถานบริการแก๊สนั้น นอกจากนี้ยังมีความสามารถอื่นๆ ของแอปพลิเคชัน ซึ่งสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

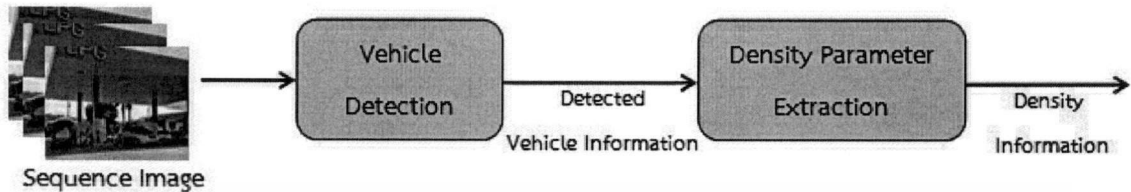
1. แอปพลิเคชันแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ และแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊สของทุกบริษัทบนแผนที่ โดยสามารถเลือกแสดงแบบแยกประเภทตามผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้
2. แอปพลิเคชันสามารถเลือกตำแหน่งสถานบริการแก๊สบนแผนที่ เพื่อดูข้อมูลรายละเอียดของสถานบริการแก๊ส และค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกได้ โดยเส้นทางที่ค้นหานั้นต้องมีการประเมินระยะทางใกล้ที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด
3. แอปพลิเคชันสามารถแนะนำสถานบริการแก๊สและค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางได้อัตโนมัติ จากการประเมินตามเงื่อนไข ระยะทางที่ใกล้ที่สุด มีสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และมีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการน้อยที่สุด โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดเงื่อนไขในการประเมินเส้นทาง ชนิดของแก๊สที่ต้องการ รวมถึงขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการค้นหาสถานบริการแก๊สได้
4. แอปพลิเคชันสามารถค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดเองได้ โดยเส้นทางที่ค้นหาได้ต้องมีการประเมินระยะทางใกล้ที่สุด และมีสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด โดยมีการแสดงความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สและตำแหน่งสถานบริการแก๊สที่อยู่ระหว่างเส้นทางที่ค้นหา
5. แอปพลิเคชันสามารถแสดงราคาแก๊สแต่ละประเภท และวันที่ทำการปรับปรุงราคาแก๊สล่าสุดได้ และมีการแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สขึ้นลง เมื่อเทียบกับราคาเดิม

ซึ่งนอกจากส่วนของแอปพลิเคชันดังกล่าวมาแล้ว ระบบจะต้องมีส่วนของการรับภาพจากจากสถานบริการแก๊สต่างๆ ผ่านระบบเครือข่ายกล้องไอพีและส่วนของการตรวจสอบความหนาแน่นของสถานบริการแก๊สด้วยวิธีการประมวลผลภาพที่ได้รับมา รวมทั้งส่วนของการประเมินสภาพจราจร เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถประเมินสภาพจราจรและตรวจสอบความหนาแน่นของผู้ใช้บริการได้ นอกจากนี้ระบบยังมีส่วนจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส เพื่อให้ผู้ดูแลระบบและผู้ดูแลสถานบริการแก๊สสามารถเพิ่ม แก๊ซ หรือลบ ข้อมูลของสถานบริการแก๊สผ่านหน้าเว็บไซต์ได้อีกด้วย

2.3 เทคนิคการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นยานพาหนะด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

โดยทั่วไประบบการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นยานพาหนะ ด้วยวิธีการประมวลผลภาพจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจจับยานพาหนะ (Vehicle Detection) เพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง และการติดตามยานพาหนะเพื่อดึงข้อมูลความหนาแน่นจากยานพาหนะที่ถูกตรวจจับในขั้นตอนแรก (Vehicle Tracking หรือ Vehicle Parameter

Extraction) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ทั้งนี้การได้มาซึ่งผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ดังจะกล่าวต่อไปนี้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของระบบตรวจสอบความหนาแน่นยานพาหนะด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

2.3.1 วิธีการตรวจจับยานพาหนะ (Vehicle Detection Methods)

การตรวจจับยานพาหนะเพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลังเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งสำหรับระบบตรวจสอบความหนาแน่นยานพาหนะด้วยวิธีการประมวลผลภาพ เนื่องจากยานพาหนะที่ถูกตรวจจับในภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ จะถูกส่งต่อไปเพื่อประมวลผลในขั้นตอนการติดตามยานพาหนะต่อไป ดังนั้นถ้าผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนแรกไม่ดีแล้ว จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการติดตามยานพาหนะในขั้นตอนต่อไปแย่งลงไปด้วย สำหรับวิธีการตรวจจับยานพาหนะเพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง สามารถทำได้หลายวิธี อาทิ วิธีผลต่างของเฟรมต่อเนื่องที่ติดกัน (Inter-frame Differencing) วิธีการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) วิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพ (Edge Detection) เป็นต้น

2.3.2 เทคนิคการติดตามและวิเคราะห์พารามิเตอร์ (Vehicle Tracking and Vehicle Parameter Extraction)

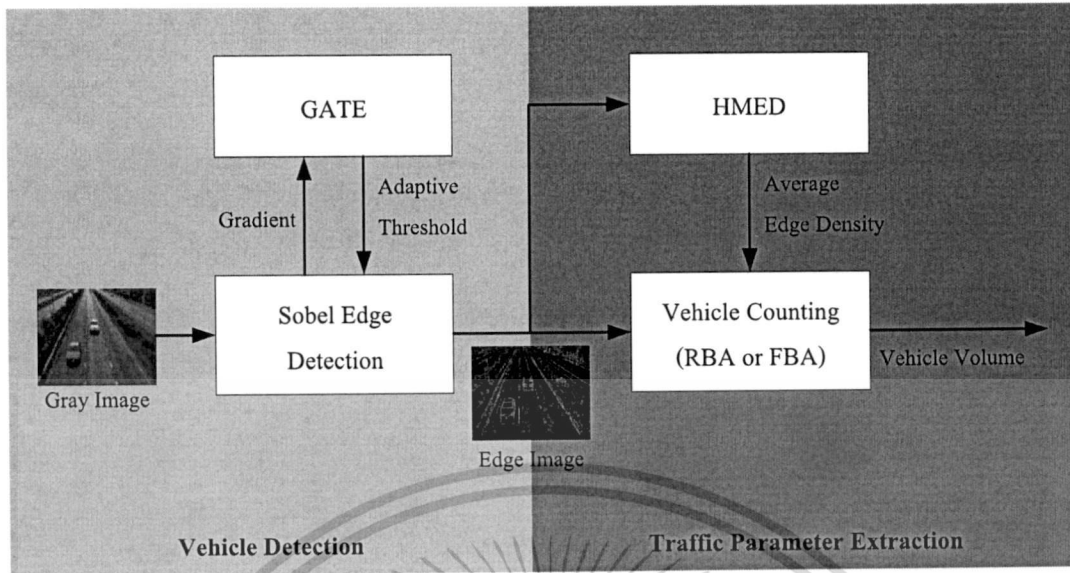
ยานพาหนะที่ถูกตรวจจับในขั้นตอนแรกจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นข้อมูลความหนาแน่นในรูปแบบต่างๆ เช่น ปริมาณ อัตราการเคลื่อนที่ เป็นต้น โดยอาศัยเทคนิคการติดตามยานพาหนะแบบต่างๆ ซึ่งเทคนิคการติดตามยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพสูง และถูกใช้อย่างแพร่หลายในหลายช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้แก่ วิธีการติดตามตำแหน่งของยานพาหนะ (Vehicle Position Extraction) และวิธีการกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (Vehicle Detection Window) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาวิธีการตรวจจับยานพาหนะ และ วิธีการติดตามและตรวจจับยานพาหนะที่ได้กล่าวไปข้างต้น จะพบว่าการตรวจจับยานพาหนะด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพ เป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด สำหรับการตรวจจับยานพาหนะจากภาพถ่ายในสภาพแสงที่มีความหลากหลาย หรือแม้กระทั่งในสภาวะที่แสงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันทันด่วน ในขณะที่

การติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยกรอบหน้าต่างการตรวจจับนั้น เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการคำนวณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการติดตามและตรวจจับด้วยวิธีการติดตามตำแหน่งของยานพาหนะ

2.4 การวิเคราะห์ภาพถ่ายสำหรับระบบตรวจตราสภาพการจราจรด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพร่วมกับกรอบหน้าต่างการตรวจจับ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจตราสภาพการจราจรจากภาพถ่ายบนรากฐานของวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพร่วมกับกรอบหน้าต่างการตรวจจับ ระบบที่นำเสนอประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญสองขั้นตอน กล่าวคือ การตรวจจับยานพาหนะและการติดตามยานพาหนะ ในขั้นตอนแรก อัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแสงในภาพถ่าย (Gradient-based Adaptive Threshold Estimation: GATE) ได้ถูกนำเสนอเพื่อจัดเตรียมค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบโซเบลในสภาพแสงต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้เส้นขอบของยานพาหนะในภาพผลลัพธ์มีความสมบูรณ์มากที่สุด และในขั้นตอนที่สองงานวิจัยนี้ได้นำเสนออัลกอริธึมการติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยวิธีการใช้กรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (Rule-based Vehicle Detection Window with Adaptive Parameters: RBA) และอัลกอริธึมการติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยวิธีการใช้กรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy-based Vehicle Detection Window with Adaptive Parameters: FBA) เพื่อแก้ไขปัญหาตรวจนับยานพาหนะผิดพลาด ที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณเส้นขอบภาพของยานพาหนะขนาดใหญ่โดยการประยุกต์ใช้ค่าปริมาณเส้นขอบภาพเฉลี่ยที่ได้จากอัลกอริธึมการหาปริมาณเส้นขอบภาพเฉลี่ย (Horizontal Moving Edge Detection: HMED) และเพื่อแก้ไขปัญหาการตรวจนับยานพาหนะที่เคลื่อนที่คร่อมช่องทางเดินรถสองช่องทางโดยการพิจารณาปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับข้างเคียงร่วมกับปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่สนใจ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจนับยานพาหนะจากภาพถ่ายภายใต้สภาพแสงที่หลากหลายในเวลากลางวันของงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ระบบตรวจตราสภาพการจราจรที่นำเสนอทั้งวิธีการที่ใช้อัลกอริธึม GATE HMED และ RBA กับวิธีการที่ใช้อัลกอริธึม GATE HMED และ FBA นั้น ให้อัตราความถูกต้องแม่นยำเฉลี่ยในการตรวจนับยานพาหนะรวมสูงถึง 95.84% และ 98.22% ตามลำดับ อีกทั้งให้อัตราการตรวจนับยานพาหนะผิดพลาดต่ำเพียง 6.18% และ 3.85% ตามลำดับ



ภาพที่ 2.2 ภาพรวมของระบบตรวจตราสภาพการจราจรจากภาพถ่ายที่นำเสนอ

จากภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายการจราจรที่เป็นภาพระดับเทา (Gray Image) จะถูกนำมาตรวจจับยานพาหนะด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Edge Detection) เพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง โดยอาศัยค่าขีดแบ่งที่ได้จากอัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (GATE) หลังจากนั้นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนแรกนี้จะถูกส่งไปยังขั้นตอนถัดไป เพื่อติดตามและตรวจนับปริมาณยานพาหนะในภาพถ่าย สำหรับวิธีการติดตามและตรวจนับปริมาณยานพาหนะที่จะนำเสนอในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกันคือ การติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยวิธีการใช้กรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (RBA) และการติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยวิธีการใช้กรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับตรรกศาสตร์คลุมเครือ (FBA) โดยอัลกอริธึม RBA และ FBA ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องอาศัยค่าปริมาณเส้นขอบภาพเฉลี่ยที่ได้จากอัลกอริธึม HMED ด้วย ทั้งนี้เพื่อแก้ไขปัญหาค่าความไม่สม่ำเสมอของปริมาณเส้นขอบภาพของยานพาหนะ โดยเฉพาะยานพาหนะขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุก รถประจำทาง รถพ่วง เป็นต้น ที่มักจะก่อให้เกิดปัญหาการตรวจนับยานพาหนะที่ผิดพลาด

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส ซึ่งแบ่งเป็น 8 หัวข้อ ได้แก่ ระบบพิกัด ระบบจีพีเอส การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส การให้บริการแผนที่ ข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร หลักการทำงานของกล้องไอพี การตรวจจับเส้นขอบภาพ และค่าขีดแบ่งและการกำหนดค่าขีดแบ่ง โดยแต่ละหัวข้อจะมีรายละเอียดดังนี้

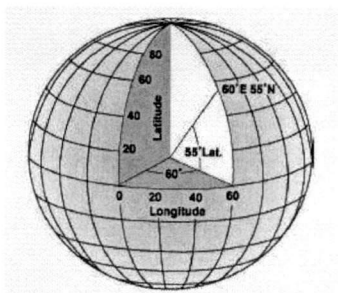
3.1 ระบบพิกัด (Coordinate System)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อยู่ในรูปของวัตถุหรือคุณลักษณะใดๆ บนภาคพื้นผิวโลกจะต้องมีพิกัดกำกับเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งที่อยู่ที่แน่นอน และสามารถใช้อ้างอิงหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างกันได้

ระบบพิกัดเป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง หรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่ที่มีลักษณะเป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้นตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งต่างๆ จะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้งและแนวนอนตามหน่วยวัดระยะใช้วัดสำหรับระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดตำแหน่งบนแผนที่ ที่นิยมใช้กับแผนที่ในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

3.1.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่ใช้พื้นผิวสามมิติของรูปทรงกลมในการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยอ้างอิงด้วยค่าระยะเชิงมุมของลองจิจูด (Longitude) และละติจูด (Latitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิดของละติจูดและลองจิจูด ปกติมีค่าเป็นองศาลิปดา (Arcminute) และฟิลิปดา (Arcsecond) หรือมีค่าเป็นทศนิยมก็ได้

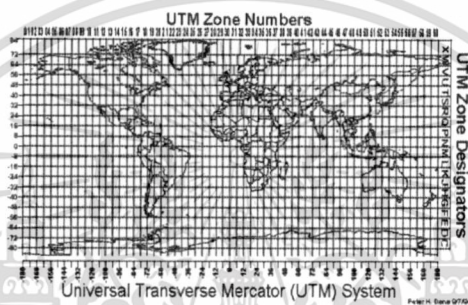


ภาพที่ 3.1 เส้นลองจิจูด เส้นละติจูดและเครือข่ายกริดที่ใช้ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM: Universal Transverse Mercator)

ระบบพิกัดยูทีเอ็ม เป็นระบบพิกัดฉากได้จากการตัดกันของระบบเส้นตรงที่ขนานกัน 2 ชุด ซึ่งมีระยะห่างของเส้นตรงที่ขนานกันเท่ากัน การตัดกันเป็นแบบตั้งฉาก ทำให้เกิดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่ากันทั้งหมด หน่วยวัดระยะทางที่ใช้มีหน่วยเป็นเมตร ระบบพิกัดชนิดนี้ใช้รูปแบบจำลองของโลกเป็นแบบวงรี แบ่งเป็นโซนต่างๆ โดยความกว้างของโซนในแนวตะวันออก-ตะวันตก(ตามแนวเส้นลองจิจูด) 6 องศาได้ 60 ช่วง ความกว้างของโซนตามแนวเหนือ-ใต้ (ตามแนวเส้นละติจูด) 8 องศา ได้ 19 ช่วง

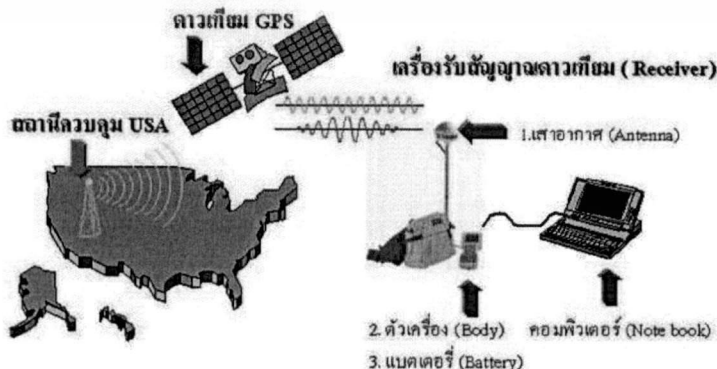


ภาพที่ 3.2 โซนต่างๆ ในระบบพิกัดยูทีเอ็ม

3.2 ระบบจีพีเอส (GPS: Global Positioning System)

ระบบจีพีเอส คือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก โดยบอกพิกัดผ่านทางดาวเทียม ซึ่งระบบจะระบุตำแหน่งทุกแห่งบนโลก โดยอาศัยการคำนวณจากความเร็วสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากกลุ่มดาวเทียมของอเมริกา 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลก ซึ่งถ้ามีอุปกรณ์รับข้อมูลติดตั้งอยู่ จะทำให้สามารถแสดงตำแหน่งนั้นอย่างแม่นยำ

3.2.1 ระบบดาวเทียมจีพีเอส



ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบดาวเทียมจีพีเอส ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

3.2.1.1 ส่วนอวกาศ (Space Segment)

ดาวเทียมจีพีเอส เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตรจากพื้นโลก ประกอบด้วย ดาวเทียม 24 ดวง โดยมีดาวเทียม 21 ดวงทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากอวกาศ (Space Vehicles: SVs) ส่วนอีก 3 ดวง เป็นดาวเทียมปฏิบัติการเสริม ใช้การยืนยันตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นชุดของนาฬิกาอะตอมมิก แบ่งออกเป็นแหล่งกำเนิดความถี่รูปเดียว 2 เรือน และ ซีเซียม 2 เรือน ทำให้เวลามาตรฐานของดาวเทียมมีความถูกต้องสูงมาก นาฬิกาดังกล่าวช่วยในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียม กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อที่จะคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งได้

3.2.1.2 สถานีควบคุม (Control Station Segment)

ส่วนของสถานีควบคุมจะมีอยู่ 5 แห่ง ประกอบด้วย สถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบดาวเทียมจีพีเอส และสถานีย่อย (Monitor Station) 4 สถานี

สถานีควบคุมเหล่านี้มีหน้าที่คอยติดต่อสื่อสาร (Tracking) กับดาวเทียม ทำการคำนวณผลเพื่อบอกตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง และคอยตรวจสอบดูแลการทำงานของดาวเทียมโดยใช้เรดาร์ส่งสัญญาณไปยังดาวเทียมอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ดาวเทียมอยู่ในวงโคจร ในความสูง ความเร็ว และตำแหน่งที่ถูกต้องตามวงโคจรที่กำหนดไว้ และในทางกลับกันสถานีเหล่านี้ยังทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียม และส่งข้อมูลไปยังเครื่องลูกข่ายจีพีเอส เพื่อบอกตำแหน่งและข้อมูลต่างๆ ให้กับเครื่องลูกข่ายนั้นๆ ได้อย่างถูกต้องและทันสมัยอยู่เสมอ

3.2.1.3 ส่วนผู้ใช้ (User Segment)

ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรรหัสจากดาวเทียม เพื่อนำมาประมวลผลเป็นค่าพิกัดตำแหน่งได้ ส่วนผู้ใช้ประกอบด้วย 2 กลุ่มหลักๆ คือ ส่วนที่ใช้งานด้านพลเรือน (Civilian) และส่วนที่ใช้งานด้านการทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณ (GPS Receiver) ให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถใช้งานได้ทุกแห่งในโลก และสามารถแสดงค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง

3.2.2 หลักการทำงานของจีพีเอส

หลักการของเครื่องจีพีเอส คือ การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับอุปกรณ์รับจีพีเอส โดยจะต้องทราบตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ประกอบกับได้ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวงขึ้นไปแล้วอุปกรณ์จีพีเอสก็จะสามารถคำนวณหาจุดตัดกันของผิวทรงกลมของระยะทางของดาวเทียมจีพีเอสแต่ละดวงได้



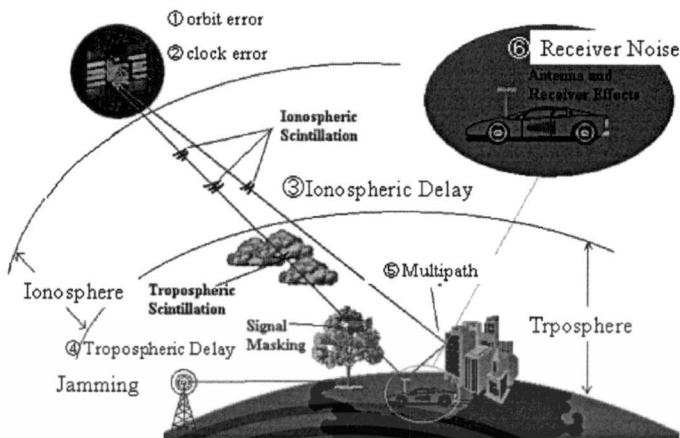
ภาพที่ 3.4 การระบุตำแหน่งของจีพีเอส

3.2.3 ความคลาดเคลื่อนของจีพีเอส

การบอกพิกัดโดยใช้ดาวเทียมอาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้จากสาเหตุดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากวงโคจร
2. ความคลาดเคลื่อนนาฬิกาดาวเทียม
3. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere)
4. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผลของเอสเอ (SA: Selective Availability)
5. ความคลาดเคลื่อนจากการรับสัญญาณสะท้อนจากหลายทิศทาง (Multipath Error)
6. ความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับสัญญาณ

Errors on GPS Signal



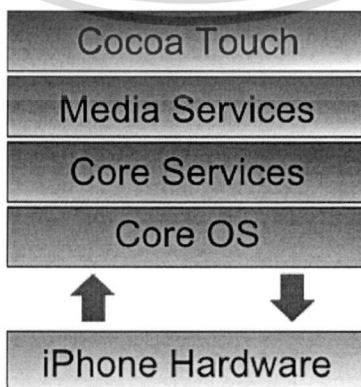
ภาพที่ 3.5 สาเหตุความคลาดเคลื่อนของสัญญาณจีพีเอส

3.3 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS)

ในส่วนของการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส จะกล่าวถึงสิ่งสำคัญในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส ซึ่งประกอบไปด้วย สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการ ไอโอเอส เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส การออกแบบโครงสร้างโปรแกรม ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา เฟรมเวิร์กที่ใช้ในการพัฒนา ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการไอโอเอส

การทำงานของระบบปฏิบัติการไอโอเอส นั้นสามารถแบ่งได้เป็นลำดับชั้น โดยที่ในชั้นต่ำสุดของระบบนั้นจะเป็นพื้นฐานการบริการของทุกๆ แอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงลำดับชั้นต่างๆ ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ลำดับชั้นของระบบปฏิบัติการไอโอเอส

ซึ่งรายละเอียดของแต่ละลำดับชั้น เป็นดังนี้

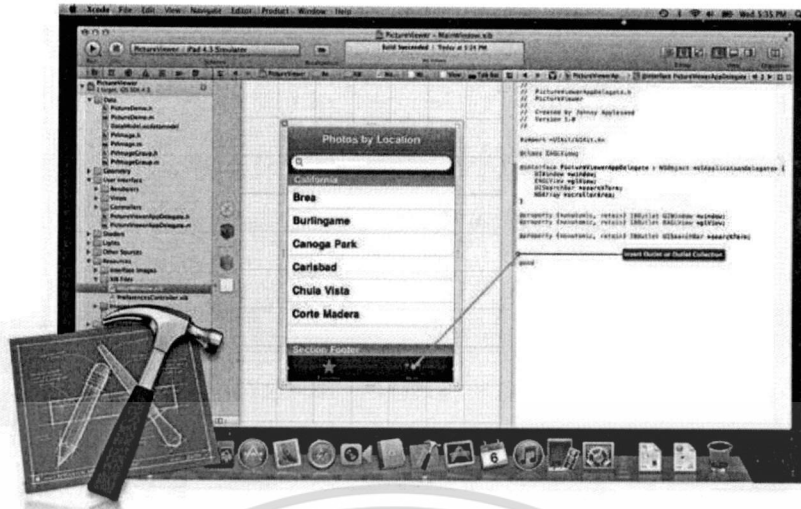
1. โคโคทัช เลเยอร์ (Cocoa Touch Layer) ในชั้นนี้จะกำหนดโครงสร้างพื้นฐานของแอปพลิเคชัน โคโคทัช เลเยอร์ใช้เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ โดยจัดการกับกราฟิกและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในส่วนของผู้ใช้ ตัวอย่างเฟรมเวิร์กในชั้นนี้ เช่น MapKit Framework เป็นต้น
2. มีเดีย เลเยอร์ (Media Layer) เป็นชั้นที่จัดการด้านมัลติมีเดีย เช่น ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ เป็นต้น ตัวอย่างเฟรมเวิร์กในชั้นนี้ เช่น OpenAL Framework, Core Graphics Framework เป็นต้น
3. คอร์ เซอร์วิส เลเยอร์ (Core Services Layer) เป็นชั้นที่จัดการเกี่ยวกับบริการพื้นฐานของระบบ ตัวอย่างบริการของชั้นนี้ ได้แก่ Network Sockets ตัวอย่างเฟรมเวิร์กในชั้นนี้ เช่น CFNetwork Framework เป็นต้น
4. คอร์ โอเอส เลเยอร์ (Core OS Layer) ชั้นนี้เป็นชั้นที่รวบรวม เคอร์เนล เอนวิรอนเมนต์ ไตรเวอร์ และอินเตอร์เฟซ พื้นฐานของระบบปฏิบัติการโอเอส รับผิดชอบการจัดการระบบ หน่ยความจำเสมือน การทำงานแบบเทอร์ด, ระบบไฟล์ และเครือข่ายในระดับระบบปฏิบัติการ

3.3.2 เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการโอเอส

3.3.2.1 ชุดพัฒนาโอเอส เอสดีเค (iOS Software Development Kit)

ชุดพัฒนาโอเอส เอสดีเค เป็นชุดเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการโอเอส ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์สำหรับนักพัฒนาของแอปเปิล โดยโอเอส เอสดีเค จะประกอบด้วย

1. Xcode IDE (Xcode Integrated Development Environment) คือ สภาพแวดล้อมทางซอฟต์แวร์และเครื่องมือที่เหมาะสมในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ใช้ในการสร้างและจัดการโปรเจกต์



ภาพที่ 3.7 หน้าต่างของ Xcode

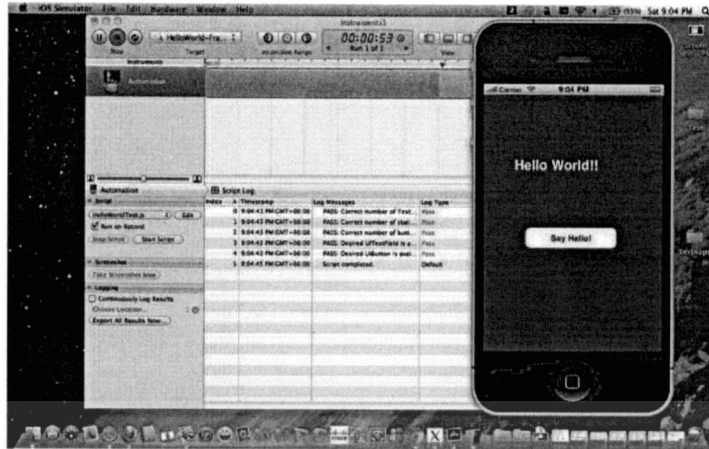
2. Instruments เป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบโปรแกรมของไอโอเอส ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันที่พัฒนาเสร็จแล้ว โดยวัดการใช้หน่วยความจำ (Memory) หน่วยความจำรั่วไหล (Memory Leaks) เวลาที่ซีพียูทำงาน (CPU Time) และประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วน ฯลฯ



ภาพที่ 3.8 หน้าต่างของ Instruments

3. iOS Simulator โปรแกรมจำลองการทำงานของแอปพลิเคชันบน Mac OS X ที่ทำหน้าที่จำลองการทำงานของไอโอเอสบนเครื่องแมคอินทอชซึ่งจะช่วยในการทดสอบการใช้งานของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส เมื่อเรียกใช้ Xcode จะคอมไพล์โค้ดเป็นแบบ x86 แทน ARM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 หน้าต่างของ iPhone Simulator

4. iOS Developer Library เอกสารอ้างอิงที่สอนเกี่ยวกับเทคโนโลยีไอโอเอสและกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชัน รวมถึง คลาส (Class) ไบเบรารี (Library) และเฟรมเวิร์ก (Framework) ต่างๆ ที่ใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งแบ่งเป็น Mac OS X และ iOS
5. โปรแกรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอีกหลายตัว เช่น Dashcode, OpenGL Shader Builder, Quartz Composer, Icon Composer, Package Maker, USB Prober, Bluetooth Explorer เป็นต้น

3.3.2.2 อุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS Device)

อุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการไอโอเอส ได้แก่ ไอโฟน (iPhone) ไอพอดทัช (iPod touch) และ ไอแพด (iPad) ซึ่งแม้ว่าจะมีโปรแกรมจำลองการทำงานของแอปพลิเคชัน (iOS Simulator) มาในชุดไอโอเอส เอสดีเคแล้ว แต่ตัวเครื่องจริงก็ยังคงจำเป็นต้องใช้ในการทดสอบคุณสมบัติบางอย่างที่โปรแกรมจำลองไม่สามารถทำได้ เช่น การติดต่อกับกล้องถ่ายรูป การรับค่าจีพีเอส เป็นต้น ในการเชื่อมต่อนั้นจะใช้สายเชื่อมที่มากับตัวเครื่องเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB 2.0 เพื่อใช้โอนย้ายไฟล์และทดสอบแอปพลิเคชัน

นอกจากนี้ในการทดสอบแอปพลิเคชันลงเครื่องจริงนั้น นอกจากจะใช้ตัวเครื่องจริงแล้ว ยังต้องมีใบอนุญาตพัฒนาโปรแกรมบนไอโฟน ซึ่งนักพัฒนาต้องเข้าร่วมโครงการนักพัฒนาแอปพลิเคชันบนไอโอเอส ซึ่งสมาชิกจะได้ใบรับรองดิจิทัลเพื่อใช้รับรองแอปพลิเคชันที่กำลังพัฒนาอยู่ จึงสามารถนำโปรแกรมไปทำงานบนเครื่องจริงเพื่อทดสอบได้

3.3.2.3 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Mac OS X

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันนั้น จะใช้ Xcode เป็นชุดพัฒนาโปรแกรม ซึ่งต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แมคอินทอช ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Mac OS X รุ่นที่รองรับกับเวอร์ชันของไอโอเอสและ เอสดีเคของอุปกรณ์ไอโอเอส

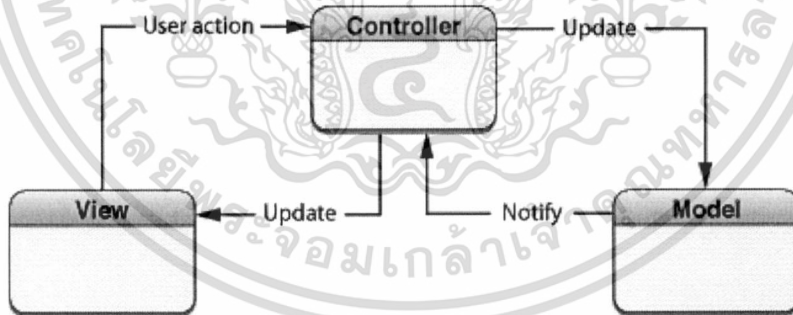
3.3.2.4 การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของอุปกรณ์ไอโอเอส

การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของอุปกรณ์ สามารถเชื่อมต่อได้ 3 ทาง คือ

1. Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE)
2. Third Generation of Mobile Telephone (3G)
3. ระบบเชื่อมต่อ WiFi 802.11b/g/n หรือ Wi-Fi

3.3.3 การออกแบบโครงสร้างโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมในชุดพัฒนาของไอโอเอส นั้นสร้างขึ้นจากแนวความคิดการออกแบบที่เรียกว่า โมเดล-วิว-คอนโทรลเลอร์ (Model-View-Controller: MVC) ซึ่งก็คือ “การแบ่งองค์ประกอบของแอปพลิเคชันออกเป็นสามส่วนแยกออกจากกัน” คือ วิว (View) และโมเดล (Model) เชื่อมต่อกันผ่านคอนโทรลเลอร์ (Controller) แต่ละส่วนจะทำงานเชื่อมโยงกันในลักษณะดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แผนผังการเชื่อมโยงโมเดล-วิว-คอนโทรลเลอร์

จากภาพจะเห็นว่า โมเดล-วิว-คอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. โมเดล คือ ส่วนของข้อมูล ตัวอย่างเช่น ฐานข้อมูล (Database) ของตารางในแอปพลิเคชัน เป็นต้น อารวมถึงสแตต (State) ของแอปพลิเคชัน
2. วิว คือ ส่วนของการแสดงผล หน้าทีของวิว คือการแสดงผล ที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบกราฟิกของแอปพลิเคชัน

3. คอนโทรลเลอร์ คือส่วนที่เชื่อมการทำงานระหว่างโมเดลกับวิว แต่ในการทำงานคือ “Action Logic” เพราะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของผู้ใช้งานที่ทำต่อแอปพลิเคชันว่าผู้ใช้งานทำอะไรได้บ้าง จากนั้นคอนโทรลเลอร์ก็จะทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างโมเดลกับวิวตามคำสั่งที่กำหนดเอาไว้ ว่าต้องไปติดต่อกับ โมเดลแล้วเอามาแสดงผลในวิว

หลักการของ โมเดล-วิว-คอนโทรลเลอร์ คือการแบ่งส่วนของรูปลักษณ์ที่แสดงผลบนหน้าจอออกจากส่วนที่ควบคุมพฤติกรรมการทำงาน ส่วนรูปลักษณ์ที่เรียกว่า วิว นั้นเป็นแค่ปุ่มให้ผู้ใช้สัมผัสเท่านั้น เมื่อผู้ใช้สัมผัสปุ่มแล้ว ส่วนที่จะเข้ามารับช่วงต่อ คือคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเชื่อมโยงการสัมผัสปุ่มของผู้ใช้กับกระบวนการทำงานภายในโปรแกรม หรือโมเดล โดยผู้พัฒนาแอปพลิเคชันจะต้องเตรียมว่าถ้าผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์กับแอปพลิเคชันในแบบต่างๆ (เช่น การสัมผัสปุ่ม) แล้วโปรแกรมจะต้องเก็บข้อมูลหรือตอบรับอย่างไร

3.3.4 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ไอโอเอส คือ ภาษาอ็อบเจกทีฟซี (Objective-C: ObjC) ซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุหรือ OOP (Object Oriented Programming) โดยแรกเริ่ม ภาษาอ็อบเจกทีฟซีได้รับรูปแบบการเขียนมาจากภาษาซี (C) และภาษาสมอลล์ทอล์ก (Smalltalk) ดังนั้นคอมไพเลอร์ภาษาอ็อบเจกทีฟซีจึงสามารถคอมไพล์โปรแกรมภาษาซีใดๆ ก็ได้

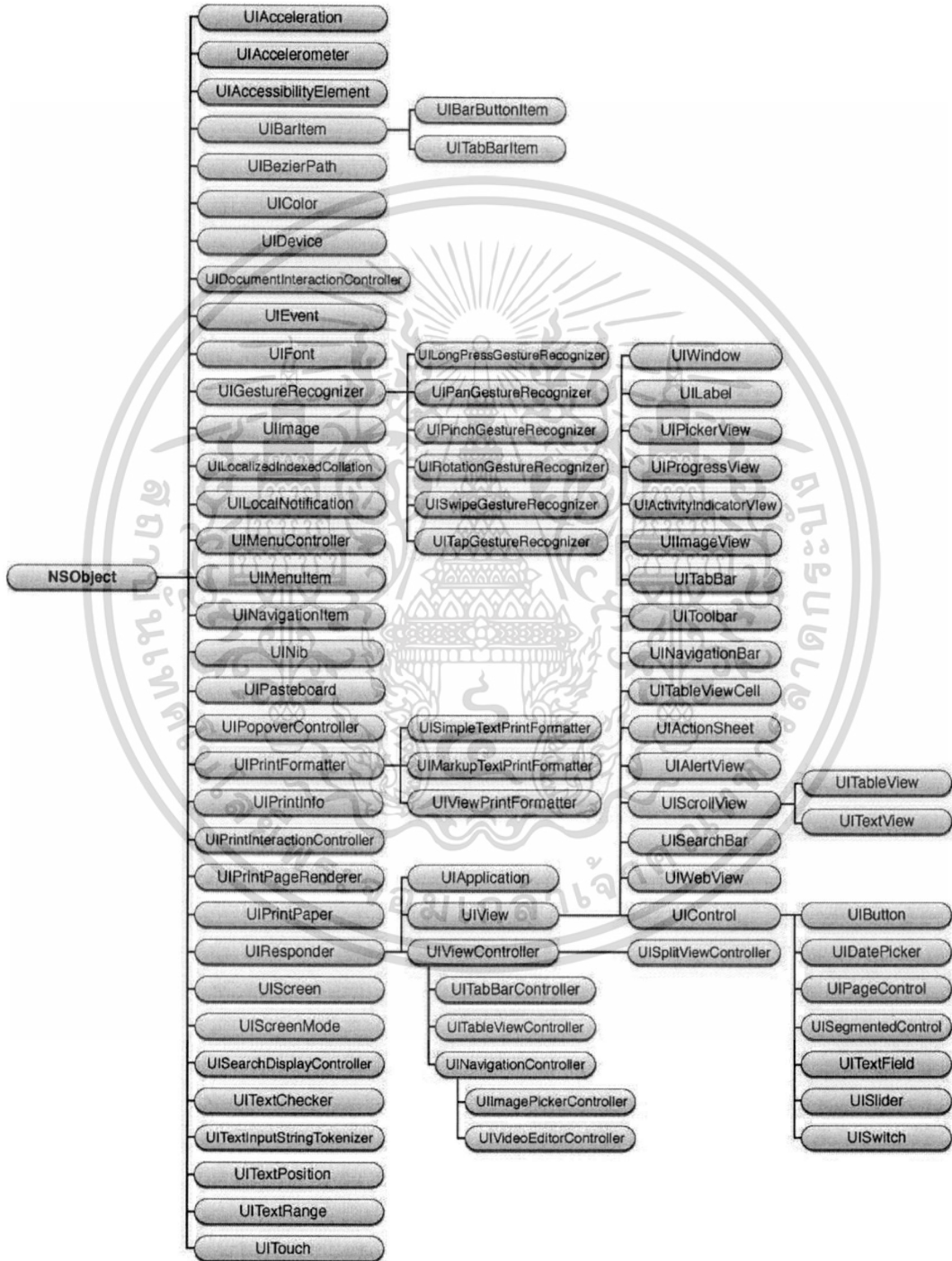
หลักการของภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุจะซ่อนกลไกการทำงานของโปรแกรมไม่ให้ภายนอกรู้ (Encapsulation) และการสืบทอดคุณสมบัติของวัตถุ (Inheritance) เพื่อสร้างคลาสที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เหมือนการสร้างโปรแกรมจากการนำคลาสที่มีอยู่แล้วมาประกอบเข้าด้วยกันตามแนวคิดเชิงวัตถุ การสืบทอดแบบหลายคลาส (Pseudo-Multiple Inheritance) เป็นฟีเจอร์ที่สำคัญของการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ไอโอเอสด้วยภาษาอ็อบเจกทีฟซี โดยสามารถสืบทอดพฤติกรรมและชนิดของข้อมูลมาจากคลาสแม่ได้มากกว่าหนึ่งคลาสพร้อมกัน

3.3.5 เฟรมเวิร์กที่ใช้ในการพัฒนา

ชุดพัฒนาไอโอเอส เอสดีเค มีการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ถูกออกแบบเอาไว้เพื่อทำงานร่วมกัน เอาไว้เป็นกลุ่มๆ แต่ละกลุ่มจะมีโครงสร้าง มีการะบวนการทำงานประสานกัน กลุ่มของวัตถุเหล่านี้จะเรียกว่า เฟรมเวิร์ก (Framework) โดยในชุดพัฒนาไอโอเอส เอสดีเค นั้นจะมีเฟรมเวิร์กมากมาย ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฟรมเวิร์กที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ดังนี้

3.3.5.1 Foundation Framework

Foundation Framework ประกอบด้วยคลาสพื้นฐานต่างๆ เช่น ข้อความ (NSString) ตัวเลข (NSNumber) วัตถุที่เอาไว้จัดการกลุ่มของวัตถุ เช่น อาร์เรย์ (NSArray) วันเวลา (NSDate) ปฏิทิน (NSCalendar) เป็นต้น



ภาพที่ 3.11 Class Hierarchy ของ NSObject

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2 UIKit Framework

UIKit Framework ประกอบด้วยคลาสที่เกี่ยวข้องกับอินเทอร์เฟซของอุปกรณ์ไอโอเอส เช่น ปุ่มต่างๆ ที่เห็นบนหน้าจอไอโฟน ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กในระดับสูงที่ใช้จัดการกับหน้ากราฟิก โดยจะเตรียมคลาสซึ่งจำเป็นในการสร้างและจัดการส่วนติดต่อผู้ใช้ของแอปพลิเคชันสำหรับไอโอเอส นอกจากนี้ยังได้เตรียมวิวและคอนโทรลต่างๆ ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับหน้าจอแบบสัมผัส

3.3.5.3 Core Location Framework

เป็นเฟรมเวิร์กที่ใช้ทำงานกับตำแหน่งและพิกัดภูมิศาสตร์ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งพิกัดของอุปกรณ์โดยการดึงข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ที่ติดตั้งภายในแล้วนำมาคำนวณ รวมทั้งยังสามารถหาตำแหน่งทิศเหนือ (ใช้ในกรณีที่มีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเข็มทิศ) ให้ได้ด้วย

การได้มาซึ่งพิกัดปัจจุบันของผู้ใช้ จะอาศัยเฟรมเวิร์กนี้ช่วยในการค้นหาตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์และใช้ข้อมูลใน แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ โดยการดึงข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ที่ติดตั้งภายในตัวโทรศัพท์มือถือ สัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wi-Fi) หรือการระบุตำแหน่งโดยอาศัยสัญญาณดาวเทียม (GPS) แล้วนำมาคำนวณจนได้พิกัดของอุปกรณ์ออกมาและทำการรายงานผลไปยังผู้ใช้

3.3.5.4 MapKit Framework

เป็นเฟรมเวิร์กที่สนับสนุนการทำงานกับแผนที่บนหน้าจอของอุปกรณ์ไอโอเอส โดยสามารถแสดงข้อมูลแบบข้อมูลแผนที่ในระดับท้องถนน (Standard Street-Level Map Information) ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite) หรือทั้งสองอย่างนี้ร่วมกัน (Hybrid) โดย MapKit Framework จะนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ใดที่สามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

1. MapKit Framework ใช้แสดงแผนที่ จัดการกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่กระทำบนแผนที่ เช่น การซูม การแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ การเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ที่แอปพลิเคชันป้อนเข้าไป และแจ้งการกระทำต่างๆ บนแผนที่ เช่น การซูมไปยังแอปพลิเคชัน เป็นต้น
2. Annotation หรือการปักหมุดถูกใช้ในการแสดงรายละเอียดบนแผนที่ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัดเดียว
3. Overlay ถูกใช้แสดงรายละเอียดบนแผนที่ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัดหลายจุดและอาจมีการสร้างรูปร่างที่ต่อเนื่องกันหรือไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งมีเพียงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งอย่างก็ได้ Overlay ถูกนำไปใช้ใน

การนำเสนอข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น ข้อมูลการจราจร ขอบเขตของสวนสาธารณะ แม่น้ำ เมือง รัฐ ประเทศหรือพื้นที่ที่มีขอบเขตอื่นๆ

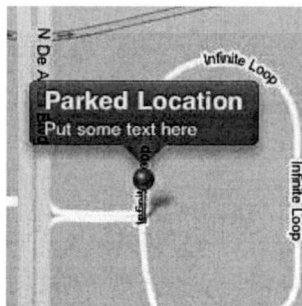
ตัวอย่างคลาสที่ใช้ในการพัฒนา

1. MKMapView เป็นคลาสที่ใช้ในการแสดงผลแผนที่ที่ถูกลบอุปกรณ์ไอโอเอส โดยสามารถแสดงผลแผนที่ได้ 3 รูปแบบ คือแบบธรรมดา แบบภาพถ่ายจากดาวเทียม และแบบผสม อีกทั้งสามารถเพิ่มหมุดพร้อมกับรายละเอียดของหมุดบนแผนที่ได้ และใช้ในการแสดงตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันได้



ภาพที่ 3.12 การใช้คลาส MKMapView

2. MKAnnotationView และ MKPinAnnotationView เป็นคลาสที่ใช้แสดงคำอธิบายประกอบในแผนที่ ซึ่งจะแสดงคำอธิบายประกอบกับหมุด (Pin Icon) ซึ่งสามารถกำหนดประเภทของหมุด (Pin) ที่ปักลงบนแผนที่ ลักษณะการปักของหมุด (Animated) และสีของหมุดได้



ภาพที่ 3.13 การใช้คลาส MKAnnotationView และ MKPinAnnotationView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การให้บริการแผนที่

3.4.1 แผนที่กูเกิล (Google Maps)

แผนที่กูเกิลเป็นการให้บริการแผนที่ของกูเกิลซึ่งผู้ใช้งานสามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยแผนที่จะประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ถนน สถานที่สำคัญ ฯลฯ ซึ่งสามารถแสดงผลแผนที่ได้ 3 รูปแบบคือ แบบแผนที่ปกติ แบบภาพถ่ายดาวเทียม และแบบแสดงลักษณะภูมิประเทศ

3.4.2 กูเกิลแมพ เอพีไอ (Google Maps API)

กูเกิลแมพ เอพีไอ เป็นส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (API: Application Program Interface) ในการติดต่อกับแผนที่กูเกิล ซึ่งใช้ จาวาสคริปต์ (JavaScript), XML และ HTML ในการติดต่อเพื่อใช้งาน โดยสามารถแบ่งฟังก์ชันที่สามารถเรียกใช้ได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อีเวนต์ (Events) จะเกี่ยวข้องกับการรับการกระทำต่างๆ ของผู้ใช้งาน เช่น การคลิกบนแผนที่ เป็นต้น
2. คอนโทรล (Controls) จะเกี่ยวข้องกับการควบคุมการแสดงผลของแผนที่ เช่น การเลื่อน การซูมเข้า-ออก การเลือกชนิดการแสดงผล เป็นต้น
3. โอเวอร์เลย์ (Overlays) จะเกี่ยวข้องกับการแสดงรายละเอียดต่างๆ บนแผนที่ เช่น แผนที่แบบเส้น (Polyline) เป็นต้น
4. เซอร์วิส (Services) จะเกี่ยวข้องบริการอื่นๆ ที่ช่วยในการอำนวยความสะดวก เช่น การหาเส้นทาง การแสดงข้อมูลการจราจร เป็นต้น

กูเกิลแมพ เอพีไอ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากทั้งนักพัฒนา และผู้ใช้ทั่วไป เนื่องจากกูเกิลแมพ เอพีไอ ได้รับการรวบรวมข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ที่มีคุณภาพที่ใช้สนับสนุนการทำแผนที่ที่มีให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ อย่างกว้างขวาง และสามารถนำมาใช้งานได้จริง นอกจากนี้กูเกิลแมพ เอพีไอ ยังเป็นโอเพนซอร์ส (Open Source) ที่ใช้ภาษา HTML และจาวาสคริปต์ ที่เป็นภาษาที่แพร่หลายในกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรม จึงทำให้ผู้ใช้ที่เป็นนักพัฒนาโปรแกรมสามารถเข้าไปดูรายละเอียดของโค้ดโปรแกรมได้สะดวก รวมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขโปรแกรมได้

3.4.2.1 กูเกิล ไดรเรกชัน เอพีไอ (Google Directions API)

กูเกิล ไดรเรกชัน เอพีไอ คือ เอพีไอ (API) ที่ให้บริการค้นหาเส้นทางในแต่ละตำแหน่งบนแผนที่ โดยเรียกใช้ผ่านวิธีการทาง HTTP ซึ่งมีการเรียกใช้งานได้ผ่าน URL ส่วนข้อมูลผลลัพธ์ที่ผู้ใช้ได้รับจะอยู่ในรูปแบบของเจสัน (JSON) และ XML ซึ่งรูปแบบการเรียกใช้งานผ่าน URL

มีรายละเอียดตัวแปร ดังตัวอย่างต่อไปนี้ “<http://maps.googleapis.com/maps/api/directions/output?parameters>”

จาก URL มีตัวแปรหลัก (Required parameters) ดังนี้

1. Origin คือ จุดต้นทางในการค้นหาเส้นทาง ในรูปแบบของที่อยู่ตัวอักษร หรือพิกัดทางภูมิศาสตร์
2. Destination คือ จุดปลายทางในการค้นหาเส้นทาง ในรูปแบบของที่อยู่ตัวอักษร หรือพิกัดทางภูมิศาสตร์
3. Sensor คือ การเปิดปิดการใช้งานตรวจจับตำแหน่งของอุปกรณ์ผู้ใช้งาน (True or False)

และมีตัวแปรเพิ่มเติม (Optional parameters) ดังนี้

1. Mode คือ รูปแบบการขนส่งที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง เช่น เส้นทางคมนาคมบนถนนทั่วไป (Driving) เส้นทางเดินเท้า (Walking) เส้นทางจักรยาน (Bicycling) เป็นต้น
2. Waypoint คือ การกำหนดวิธีการค้นหาเส้นทาง โดยการกำหนดจุดหลายจุดระหว่างทาง นอกเหนือจุดต้นทางและจุดปลายทางในการค้นหาเส้นทาง
3. Alternatives คือ การกำหนดรูปแบบการแสดงผลการค้นหาเส้นทางให้แสดงเส้นทางทางเลือกอื่นที่ค้นหาได้จากการค้นหาเส้นทาง
4. Avoid คือ การกำหนดวิธีการค้นหาเส้นทางโดยหลีกเลี่ยงการค้นหาเส้นทางบนถนนโทลเวย์ (Tolls) หรือถนนไฮเวย์ (Highways)

3.5 ข้อมูลสภาพจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Assessment Program and Traffic Report: Traffy) โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

3.5.1 ทราฟฟี เอพีไอ (Traffy API)

ทราฟฟี เอพีไอ คือ บริการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการจราจรแก่นักพัฒนาจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร และผู้สนับสนุนข้อมูล โดยนักพัฒนาสามารถขอข้อมูลจราจรโดยใช้ REST (REpresentational State Transfer) API (Application Programming Interface) ของทราฟฟี ซึ่งเอพีไอที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย มีดังนี้

3.5.1.1 ข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน (getTrafficCongestion)

เป็นเอพีไอที่ให้ข้อมูลระดับความติดขัดของถนนเส้นต่างๆ ในรูปแบบข้อมูล XML, CSV และ ตาราง (TABLE) โดยภายในงานวิจัยได้เลือกใช้รูปแบบข้อมูล CSV ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับ ดังนี้

1. link_id คือ หมายเลขประจำช่วงถนน
2. status คือ ระดับความติดขัดแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ H (ติดขัด) , M (หนาแน่น) และ L (คล่องตัว)
3. lastupdate คือ เวลาที่ข้อมูลถูกรายงานโดยมีรูปแบบข้อมูลเป็น [yyyy-mm-dd hh:mm:ss]

สำหรับการเรียกใช้ข้อมูลสามารถเรียกใช้ข้อมูลผ่านวิธีการทาง HTTP โดยเรียกใช้ผ่าน URL “http://api.traffy.in.th/apis/apitraffy.php?format=...&api=getCL&key=...&appid=...&q=...&linkid=...” ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. format คือ รูปแบบของการแสดงผล (XML, CSV, TABLE)
2. api คือ ประเภทของ api ที่ต้องการ (getCL)
3. key คือ รหัสที่ได้รับจากการลงทะเบียน
4. appid คือ id ที่ได้รับจากการลงทะเบียน
5. linkid คือ สำหรับเรียกข้อมูลเฉพาะบาง link โดยให้ใส่เป็นรหัส link
6. q คือ สำหรับเรียกข้อมูลทุก link (all)
7. source คือ สำหรับเรียกข้อมูลจราจรที่ต้องการ เช่น BMA (default), police เป็นต้น

3.5.1.2 ข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑล (getLinkAllInfo)

เป็นเอพีไอที่ให้ข้อมูลรายละเอียดของถนนในแต่ละหมายเลขประจำช่วงถนน ในรูปแบบข้อมูล XML, CSV และ ตาราง (TABLE) โดยภายในงานวิจัยได้เลือกใช้รูปแบบข้อมูล CSV ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับ ดังนี้

1. link_id คือ หมายเลขประจำช่วงถนน
2. name_road คือ ชื่อของช่วงถนน
3. name_start คือ จุดเริ่มต้นของช่วงถนน
4. lat1 คือ พิกัดละติจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนน
5. lng1 คือ พิกัดลองจิจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนน
6. name_end คือ จุดสิ้นสุดของช่วงถนน

7. lat2 คือ พิกัดละติจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนน
8. lng2 คือ พิกัดลองจิจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนน
9. length คือ ความยาวของช่วงถนน

สำหรับการเรียกใช้ข้อมูลสามารถเรียกใช้ข้อมูลผ่านวิธีการทาง HTTP โดยเรียกใช้ผ่าน URL “http://athena.traffy.in.th/apis/apitraffy.php?format=...&api=...&key=...&appid=...&text=[input]” ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. format คือ รูปแบบของการแสดงผล (XML, CSV, TABLE)
2. api คือ ประเภทของ api ที่ต้องการ (getLinkALLInfo)
3. key คือ รหัสที่ได้รับจากการลงทะเบียน
4. appid คือ id ที่ได้รับจากการลงทะเบียน
5. source คือ แหล่งข้อมูลที่ต้องการแสดง

3.5.1.3 ค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน (getLinkInfo)

เป็นเอพีไอที่ใช้ค้นหาข้อมูลรายละเอียดของช่วงถนนต่างๆ ภายในประเทศ โดยให้ผลลัพธ์กลับมาในรูปแบบข้อมูล XML และ ตาราง (TABLE) โดยภายในงานวิจัยได้เลือกใช้รูปแบบข้อมูล XML ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับ ดังนี้

1. link_id คือ หมายเลขประจำช่วงถนน
2. name(en) คือ ชื่อของช่วงถนนภาษาอังกฤษ
3. name(th) คือ ชื่อของช่วงถนนภาษาไทย
4. length(m) คือ ความยาวของช่วงถนน
5. start node คือ พิกัดเริ่มต้นของช่วงถนน
6. end node คือ พิกัดสิ้นสุดของช่วงถนน

สำหรับการเรียกใช้ข้อมูลสามารถเรียกใช้ข้อมูลผ่านวิธีการทาง HTTP โดยเรียกใช้ผ่าน URL “http://api.traffy.in.th/apis/apitraffy.php?api=getLinkInfo&key=key&appid=appid&format=format&source=source[&name_e=name_e&name_t=name_t&box=box&radius=radius&direction=direction]” โดยจะต้องระบุ name_e, name_t, box, radius, หรือ direction อย่างน้อยหนึ่งตัวแปร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. format คือ รูปแบบของการแสดงผล (XML, TABLE)
2. api คือ ประเภทของ api ที่ต้องการ (getLinkInfo)
3. key คือ รหัสที่ได้รับจากการลงทะเบียน
4. appid คือ id ที่ได้รับจากการลงทะเบียน
5. source คือ แหล่งข้อมูลที่ต้องการแสดง

6. name_e คือ ชื่อถนนเป็นภาษาอังกฤษ โดยสามารถระบุส่วนหนึ่งของชื่อได้ เช่น phaya หรือ rama เป็นต้น
7. name_t คือ ชื่อถนนเป็นภาษาไทย โดยสามารถระบุส่วนหนึ่งของชื่อได้ เช่น พญา หรือ พระราม เป็นต้น
8. box คือ อาณาเขตการค้นหาช่วงถนนเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ในรูปแบบ `box=lat_upper_right, lng_upper_right, lat_lower_left, lng_lower_left`
 - lat_upper_right คือ ค่าละติจูดของตำแหน่งขวาบนของกล่องสี่เหลี่ยม
 - lng_upper_right คือ ค่าลองจิจูดของตำแหน่งขวาบนของกล่องสี่เหลี่ยม
 - lat_lower_left คือ ค่าละติจูดของตำแหน่งซ้ายล่างของกล่องสี่เหลี่ยม
 - lng_lower_left คือ ค่าลองจิจูดของตำแหน่งซ้ายล่างของกล่องสี่เหลี่ยม
9. radius คือ อาณาเขตการค้นหาช่วงถนนเป็นรัศมีวงกลม ในรูปแบบ `radius=center_lat, center_lng, radius`
 - center_lat คือ ค่าละติจูดของพิกัดศูนย์กลางของวงกลม
 - center_lng คือ ค่าลองจิจูดของพิกัดศูนย์กลางของวงกลม
 - radius คือ ค่ารัศมีในหน่วยเมตร
10. direction คือ ทิศทางของช่วงถนนที่ต้องการค้นหาในรูปแบบ `direction=angle [,range]`
 - angle คือ ทิศทางของ Link ในหน่วยองศา ในระบบพิกัดแบบ azimuth กล่าวคือ ทิศเหนือ มีค่า angle = 0, ทิศตะวันออก มีค่า angle = 90, ทิศใต้ มีค่า angle = 180, และทิศตะวันตก มีค่า angle = 270
 - range (default: 10) คือ พิสัยของมุมในหน่วยองศา เช่น `direction=90,20` (angle=90, range=20) หมายความว่า ทิศทางที่ต้องการมีค่าตั้งแต่ 80 – 100 องศา

3.6 หลักการทำงานของกล้องไอพี (IP Camera)

3.6.1 ลักษณะของกล้องไอพี

เป็นกล้องที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกันกับกล้องวงจรปิดโดยทั่วไป แตกต่างกันตรงที่กล้องไอพีนั้น สามารถทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ได้ในตัว กรณีที่มีการร้องขอการเชื่อมต่อเข้ามายังกล้องไอพีผ่านระบบเครือข่ายภายในและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อขอข้อมูลภาพ จึงคล้ายกับเป็นการนำเอาความสามารถบางส่วน of เครื่องคอมพิวเตอร์บรรจุลงไปในตัวกล้องวงจรปิดแล้วทำให้มีขนาดที่เล็กลง



ภาพที่ 3.14 กล้องไอพีที่ใช้ในการรับภาพ

3.6.2 อุปกรณ์ในการติดตั้งระบบ

ในการติดตั้งระบบนั้น นอกจากจะใช้กล้องไอพีแล้ว จะต้องใช้เราเตอร์ (Router) เป็นตัวเชื่อมต่อเข้ากับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider: ISP) แต่มีข้อจำกัดคือแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของการรับ-ส่งข้อมูล หรือความเร็วในการต่อเชื่อมกับอินเทอร์เน็ตนั้น จะต้องรองรับการรับส่งข้อมูลได้อย่างเพียงพอ เนื่องจากข้อมูลภาพที่ได้รับจากกล้องไอพีนั้น เป็นข้อมูลแบบภาพเคลื่อนไหวต่อเนื่อง (Video Streaming)

ดังนั้นในการเชื่อมต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้บริการอินเทอร์เน็ตแบบเอ็ดเอสแอล (ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line) หรือที่รู้จักกันดีในนามของอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (High Speed Internet) ที่มีการต่อเชื่อมแบบตลอดเวลา (Always On) และคิดค่าบริการเหมาจ่ายเป็นรายเดือนโดยที่ไม่ขึ้นกับปริมาณข้อมูลที่รับ-ส่ง และที่สำคัญอีกข้อหนึ่งก็คือเราเตอร์นั้นจะต้องมีความสามารถ ดังนี้

1. สนับสนุนดีดีเอ็นเอส (DDNS: Dynamic Domain Name Service) ซึ่งเป็นระบบที่เก็บไอพีแอดเดรส (IP Address) กับโดเมนเนม (Domain Name) ของคอมพิวเตอร์ที่ได้ลงทะเบียนไว้ โดยคอมพิวเตอร์ต้องสามารถแจ้งไอพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

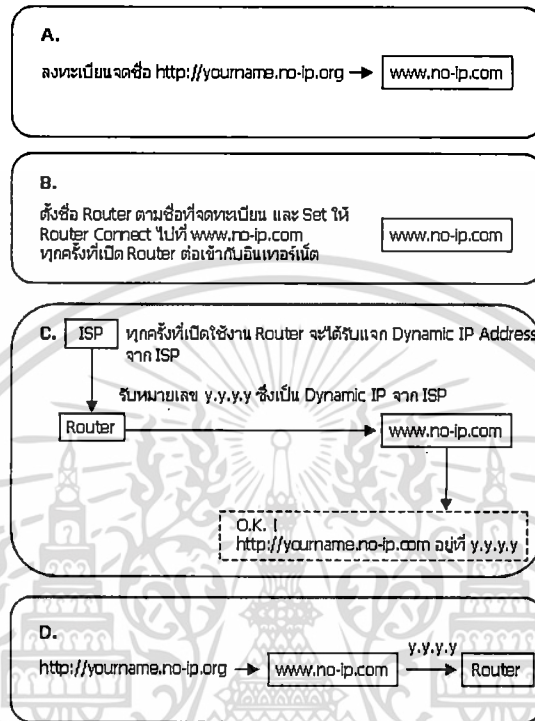
แอตเดรสที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ ครั้ง ให้กับดีเอ็นเอสเซิร์ฟเวอร์ (DNS Server) ของผู้ให้บริการไดนามิกดีเอ็นเอส (Dynamic DNS) ผ่านทางโปรแกรมสำหรับ แจ็งไอพีแอตเดรสอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตแบบเอดีเอสแอลที่มีไอพีแอตเดรสแบบไม่คงที่ มีแอตเดรสเป็นโดเมนเนมแทนตัวเลข ซึ่งจะช่วยให้มีตัวตนในโลกของอินเทอร์เน็ต

- มีฟังก์ชันการส่งต่อพอร์ต (Port Forwarding) ซึ่งเป็นการกำหนดเส้นทางของ ข้อมูลที่ติดต่อเข้ามายังเราเตอร์ให้ส่งต่อข้อมูลไปยังเครื่องที่เชื่อมต่ออยู่หลังเรา เตอร์ที่ใช้ไอพีแอตเดรสภายใน (Local IP) โดยมีหลักการในการส่งต่อข้อมูล โดยพิจารณาจากหมายเลขพอร์ตที่ติดต่อเข้ามา เพราะเซิร์ฟเวอร์ หรือแอปพลิเคชัน แต่ละชนิด จะมีหมายเลขพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเป็นของตัวเอง โดยเฉพาะ

3.6.3 การทำงานของระบบ

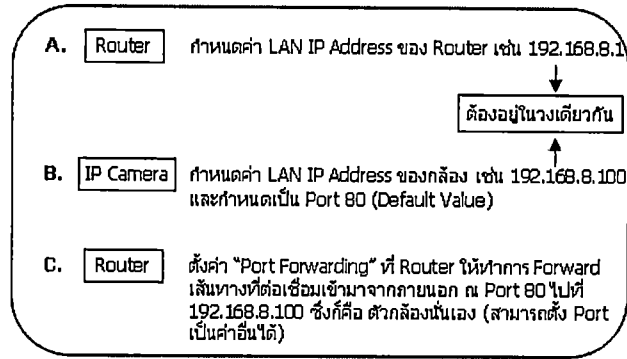
- สมัครใช้บริการเอดีเอสแอลกับไอเอสพี เช่น TRUE, CS Loxinfo ฯลฯ หลังจากที่เราสมัครเสร็จ ทุกครั้งที่มีการเชื่อมต่อกับไอเอสพีจะได้รับหมายเลขไอพี ที่แตกต่างกันไป (Dynamic Global IP) ซึ่งหมายเลขที่ได้รับในแต่ละครั้งที่ทำการเชื่อมต่อจะถูกจ่ายไปที่เราเตอร์ ทำให้เกิดปัญหาที่ว่าถ้าหมายเลขไอพีที่ได้รับในการเชื่อมต่อกับไอเอสพีแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน แล้วจะทำอย่างไร เพื่อให้รู้ที่อยู่ของกล่องไอพีที่ติดตั้งเอาไว้ได้เมื่อต้องการเชื่อมต่อเข้ามาจาก อินเทอร์เน็ตภายนอก
- ลงทะเบียนจดชื่อ “โดเมนเนมเสมือน” กับผู้ให้บริการดีเอ็นเอส เพื่อ แก้ปัญหาการไม่คงที่ของหมายเลขไอพีที่ได้รับจากไอเอสพีเวลาที่เชื่อมต่อเข้า อินเทอร์เน็ต ทำให้ไม่สามารถอ้างอิงที่หมายเลขปลายทางได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง จึงมีผู้คิดค้นให้บริการ “จดทะเบียนโดเมนเนมเสมือน” เกิดขึ้น ซึ่งก็คือ ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านเราเตอร์ทั้งหลายนั้นจะสามารถเข้าไปทำการตั้งชื่อ ของเราเตอร์ของตัวเองแทนหมายเลขไอพีที่เปลี่ยนไปทุกครั้งเมื่อเชื่อมต่อเข้า อินเทอร์เน็ตได้ โดยที่ไม่ต้องไปเสียเงินจดทะเบียนโดเมนเนมจริง โดยที่เมื่อจดทะเบียนชื่อได้แล้วก็ต้องทำการตั้งค่าชื่อของเราเตอร์ (ตั้งค่าโดเมนเนมในเรา เตอร์) ตามชื่อที่ได้จดทะเบียนไว้กับผู้ให้บริการจดทะเบียนนั้น แล้วก็ให้เราเตอร์นั้นเชื่อมต่อกับผู้ให้บริการดีเอ็นเอสนั้นทุกครั้งที่เปิดใช้งาน ซึ่งผู้ ให้บริการดีเอ็นเอสจะชี้เส้นทางต่อไปยังเราเตอร์ที่ลงทะเบียนไว้ ทำให้เรา เตอร์นั้นมีชื่อและที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ตลอดเวลา สำหรับตัวอย่างของผู้

ให้บริการจดทะเบียนที่เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง เช่น “http://www.no-ip.com” เป็นต้น แสดงขั้นตอนการจดทะเบียนโดเมนเนมเสมือนได้ ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ขั้นตอนการจดทะเบียนโดเมนเนมเสมือน

- หลังจากที่ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อจากอินเทอร์เน็ตภายนอกเข้ามายังเราเตอร์ได้แล้ว เส้นทางต่อไปที่จะต้องเดินต่อคือไปที่ตัวกล่องไอพี โดยใช้วิธีตั้งค่าไอพีแอดเดรสภายในพร้อมๆ กันกับกำหนดพอร์ตที่จะใช้ติดต่อสื่อสารให้กับตัวกล่องไอพี หลังจากนั้นทำการกำหนดค่าของการส่งต่อพอร์ตใน เราเตอร์ให้โอนเส้นทางที่ติดต่อเข้ามาที่พอร์ตดังกล่าวไปยังตัวกล่องไอพีตามไอพีแอดเดรสภายในที่กำหนดไว้ สำหรับข้อควรระวังคือ คลาสและกลุ่มของหมายเลขไอพีของเราเตอร์ และของกล่องไอพีจะต้องเหมือนกันหรืออยู่ในวงแลนเดียวกัน และต้องเป็นตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน แสดงแผนภาพการทำงานได้ ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ลำดับการทำงานการติดตั้งเครือข่าย

ดังนั้น ถ้ามีการเชื่อมต่อจากอินเทอร์เน็ตภายนอกเข้ามาที่ "http://yourname.no-ip.org" ก็จะสามารถเข้าไปที่ตัวกล้องไอพีและวีดูภาพสถานการณ์ในขณะนั้นได้ทันที (Real-Time)

3.7 การตรวจจับเส้นขอบภาพ (Edge Detection)

การตรวจจับเส้นขอบภาพ เป็นกระบวนการที่ถูกใช้เพื่อค้นหาและระบุบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอย่างฉับพลัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นคุณลักษณะพิเศษของเส้นขอบวัตถุ การตรวจจับเส้นขอบภาพสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ การตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง และอันดับสองของภาพซึ่งเป็นฟังก์ชัน 2 มิติ

3.7.1 ทฤษฎีการตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First-Order Derivative Edge Detection)

เทคนิคการหาตำแหน่งเส้นขอบโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ทำได้โดยการหาค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Gradient) ของแต่ละพิกเซลในภาพ ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของฟังก์ชันภาพ ($f(x,y)$) ที่ตำแหน่งพิกเซล (x,y) ใดๆ สามารถคำนวณได้ จากสมการที่ 3.1

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

โดย ∇f เป็นค่าเวกเตอร์ความลาดชัน (Gradient Vector) ที่แปรผันไปตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง ส่วนค่าขนาด (Gradient Magnitude) สามารถคำนวณได้

จากสมการที่ 3.2 และทิศทาง (Gradient Direction) ของเวกเตอร์ความลาดชันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$M(x, y) = \text{magn}(\nabla f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (3.2)$$

$$= \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3.3)$$

โดย $M(x, y)$ เป็นค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงของเวกเตอร์ความลาดชัน ณ จุดภาพ (x, y) ส่วน θ เป็นทิศทางของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่วัดโดยเทียบกับแกน x

เนื่องจากการหาค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่กล่าวไปข้างต้น ต้องอาศัยการคำนวณโดยใช้ค่าของรากที่สอง (Square Root) ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณสูง ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้การคำนวณโดยวิธีหาค่าสัมบูรณ์แทน เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ดังแสดงในสมการที่ 3.4 ทั้งนี้ ค่าที่ได้จากการหาค่าสัมบูรณ์จะเป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น

$$M(x, y) \approx |G_x| + |G_y| \quad (3.4)$$

วิธีการหาขอบภาพด้วยการทำอนุพันธ์อันดับหนึ่งแบบประมาณที่ง่ายที่สุดวิธีหนึ่งคือ การหาค่าผลต่างเคลื่อนที่ (Running Difference) ของพิกเซลตามแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน ซึ่งเป็นการประมาณค่าอนุพันธ์ในแนวแกนตั้ง f_y และแนวแกนนอน f_x ตามลำดับ สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงแบบประมาณ (Approximate Gradient) ในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนประมาณได้จากสมการที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

$$G_y(x, y) = f(x, y) - f(x, y+1) \quad (3.5)$$

$$G_x(x, y) = f(x, y) - f(x-1, y) \quad (3.6)$$

โดยที่ G_y และ G_x เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน ซึ่งค่าดังกล่าวจะมีค่าเป็นบวก เมื่อค่าแอมพลิจูดของขอบเพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบนและซ้ายไปขวาตามลำดับ ทั้งนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนสำหรับการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาขอบภาพสามารถทำได้โดยการนำค่าตัวถ่วงน้ำหนักของเทมเพลตตัวกรองไปทำคอนโวลูชัน (Convolution) กับฟังก์ชันภาพ ($f(x,y)$) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ดังสมการที่ 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ

$$G_y(x,y) = W_y * f(x,y) \quad (3.7)$$

$$G_x(x,y) = W_x * f(x,y) \quad (3.8)$$

โดยที่ W_y และ W_x เป็นเทมเพลตตัวกรอง สำหรับการกรองค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแกนนอนตามลำดับ เทมเพลตตัวกรองที่ใช้ในการกรองเพื่อหาขอบภาพอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ตัวดำเนินการ” ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เทมเพลตตัวกรองแบบต่างๆ

ชื่อเทมเพลตตัวกรอง	ค่าถ่วงน้ำหนักของเทมเพลตตัวกรอง	
	ในแนวแกนนอน (W_y)	ในแนวแกนตั้ง (W_x)
Pixel Difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Separated Pixel Difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Sobel	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
Frei-chen	$\frac{1}{2+\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2+\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
Prewitt	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

สำหรับรูปแบบการตรวจจับเส้นขอบภาพที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับสำหรับระบบตรวจตราสภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพอีกวิธีหนึ่ง คือ การตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่ (Canny Edge Detection) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะประยุกต์ใช้เทมเพลตตัวกรองหรือตัวดำเนินการแบบโซเบลเพื่อการตรวจจับเส้นขอบ ร่วมกับการกำจัดจุดรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) ซึ่งมีรายละเอียดดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 3.7.3

3.7.2 ทฤษฎีการตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับสอง (Second-Order Derivative Edge Detection)

การตรวจหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับสอง เรียกอีกอย่างว่า การหาลาปลาเซียน (Laplacian) ซึ่งวิธีการนี้จะตรวจหาเส้นขอบจากการหาตำแหน่งข้ามศูนย์ (Zero Crossing) จากภาพถ่ายผลลัพธ์ที่ได้จากการทำอนุพันธ์อันดับสอง

ลาปลาเซียนของฟังก์ชันภาพ $f(x, y)$ ถูกนิยามดังสมการที่ 3.9

$$L(x, y) = -\nabla^2 \{f(x, y)\} \quad (3.9)$$

โดยที่ ∇^2 คำนวณได้จากสมการที่ 3.10

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3.10)$$

ลาปลาเซียน $L(x, y)$ มีค่าเป็นศูนย์ถ้า $f(x, y)$ มีค่าคงที่ หรือแอมปริจูดมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้น ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ $f(x, y)$ มีมากกว่าความเป็นเชิงเส้น $L(x, y)$ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของเครื่องหมายที่จุด Inflection (จุดเปลี่ยนเว้า ซึ่งเป็นจุดที่อนุพันธ์อันดับสองมีค่าเป็นศูนย์) ของ $f(x, y)$ แล้ว ตำแหน่งข้ามศูนย์ของ $L(x, y)$ คือตำแหน่งของขอบส่วนเครื่องหมายลบที่อยู่ในคำจำกัดความของลาปลาเซียน ในสมการที่ 3.9 มีไว้เพื่อตรวจสอบการข้ามศูนย์ของ $L(x, y)$ ซึ่งมีค่าความชันเป็นบวก (Positive Slope) สำหรับแอมปริจูดของ $f(x, y)$ ที่เพิ่มจากซ้ายไปขวาหรือล่างขึ้นบน

ในดิสครีตโดเมน (Discrete Domain) การประมาณที่ง่ายที่สุดของลาปลาเซียนต่อเนื่อง คือการคำนวณผลต่างความลาดชันตามแนวแกน ดังสมการที่ 3.11

$$L(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y) \quad (3.11)$$

ลาปาเซียนที่ใช้ 4 จุดใกล้เคียงสามารถคำนวณได้อีกวิธี โดยการทำคอนโวลูชัน ฟังก์ชันภาพที่เป็นค่าความเข้มแสงกับเทมเพลตตัวกรอง ดังสมการที่ 3.12

$$L(x, y) = f(x, y) * H(x, y) \quad (3.12)$$

โดยที่

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

หรือ

$$H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

โดยที่อาเรย์ทั้งสองในสมการที่ 3.13 คือ การหาอนุพันธ์อันดับที่สองในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งตามลำดับ ซึ่งเป็นลาปาเซียนที่ใช้ 4 จุดใกล้เคียงที่สอดคล้องกับสมการที่ 3.10 ปกติแล้วต้องมีการนอร์มอลไลซ์เพื่อให้ค่าเฉลี่ยมีค่าเป็นหนึ่ง ดังนี้

$$H = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

นอกจากที่ได้กล่าวไปพรีวิตต์ (Prewitt) ได้เสนอลาปาเซียนแบบ 8 จุดใกล้เคียง ซึ่งคือ

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

เนื่องจากสมการนี้ไม่สามารถแยกได้เป็นผลรวมของอนุพันธ์อันดับที่สองดังสมการที่ 3.13 ดังนั้นลาปาเซียนแบบ 8 จุดใกล้เคียง ที่สามารถแยกได้นั้น สามารถหาได้โดยกำหนดให้

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

ดังนั้น

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ -1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

3.7.3 การตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคนนี่ (Canny Edge Detection)

อัลกอริธึมการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคนนี่ถูกนำเสนอในบทความเรื่อง “A Computational Approach to Edge Detection” โดย John Canny ในปี 1986 ซึ่งอัลกอริธึมดังกล่าวเป็นที่รู้จักดีในฐานะตัวตรวจจับเส้นขอบที่มีประสิทธิภาพสูงตัวหนึ่ง สำหรับเป้าหมายหลักของการตรวจจับเส้นขอบแบบแคนนี่มีอยู่ 3 ประการ คือ

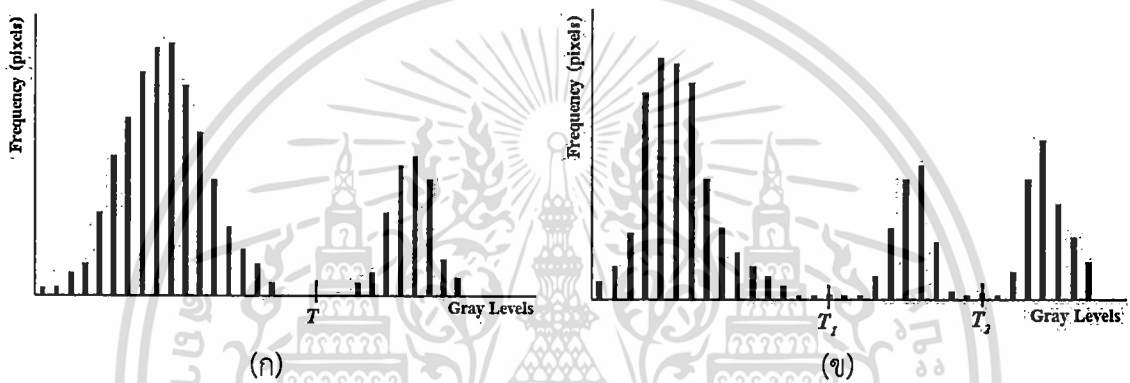
1. เพื่อปรับปรุงวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพที่มีอยู่ในขณะนั้นให้มีอัตราการตรวจจับเส้นขอบที่ผิดพลาดน้อยที่สุด กล่าวคือ เส้นขอบที่แท้จริงในภาพผลลัพธ์ต้องไม่ขาดหาย และไม่นำเสนอส่วนที่ไม่ใช่เส้นขอบที่แท้จริง
2. เพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างพิกเซลเส้นขอบที่ตรวจจับได้กับพิกเซลเส้นขอบที่แท้จริง ให้มีค่าน้อยที่สุด
3. เพื่อกรองการตอบสนองแบบหลายตำแหน่ง (Multiple Responses) ต่อเส้นขอบของวัตถุเดียวให้เหลือเพียงหนึ่งการตอบสนอง (One Response) ต่อหนึ่งเส้นขอบ

โดยทั่วไปการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคนนี่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เพื่อกำจัดจุดรบกวน ขั้นต่อมาคือการคำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Direction) ของค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Gradient) หลังจากนั้นจะทำการกำจัดค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ (Nonmaxima Suppression) เพื่อให้ได้เส้นขอบภาพที่คมชัดมากขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายคือการทำฮิสเทรีซิส (Hysteresis) เพื่อคัดกรองให้เหลือแต่พิกเซลเส้นขอบที่แท้จริง

3.8 ค่าขีดแบ่งและการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยอาศัยค่าขีดแบ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการพิจารณาค่าระดับเทาหรือค่าระดับความเข้มแสง (Intensity) ร่วมกับคุณสมบัติของค่า

เหล่านั้ สมมุติให้ภาพที่ 3.17 (ก) แสดงค่าความถี่หรือฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงของภาพ $f(x,y)$ ที่ประกอบด้วยวัตถุสีขาวบนพื้นหลังสีดำ จากค่าฮิสโทแกรมดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ากลุ่มพิกเซลที่เป็นวัตถุและกลุ่มพิกเซลที่เป็นพื้นหลังนั้นแยกตัวออกจากกันเป็นสองกลุ่มที่ชัดเจน ดังนั้นการเลือกค่าขีดแบ่งที่มีค่าเท่ากับ T นับได้ว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจนและง่ายดาย ด้วยวิธีการดังกล่าวจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงมากกว่าค่าขีดแบ่ง ($f(x,y) > T$) จะถูกเรียกว่า จุดวัตถุ (Object Point) ส่วนจุดภาพที่เหลือจะถูกเรียกว่า จุดพื้นหลัง (Background Point) สำหรับภาพผลลัพธ์จากการแบ่งส่วนด้วยค่าขีดแบ่งแบบระดับเดียว ($g(x,y)$) สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.19



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.17 แสดงฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงที่

(ก) สามารถถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยค่าขีดแบ่งระดับเดียว

(ข) สามารถถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วนโดยค่าขีดแบ่งหลายระดับ

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & ; f(x,y) > T \\ 0 & ; f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (3.19)$$

ภาพที่ 3.17 (ข) แสดงตัวอย่างการเลือกค่าขีดแบ่งแบบหลายระดับ สำหรับจำแนกกลุ่มวัตถุในภาพที่มีมากกว่าสองกลุ่ม ซึ่งจากการแบ่งตัวของฮิสโทแกรมในภาพ สามารถตีความได้ว่ามีวัตถุสว่างสองชนิดที่มีค่าระดับความเข้มแสงแตกต่างกันอยู่บนพื้นหลังสีดำ ดังนั้นจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง T_1 จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของพื้นหลัง ส่วนจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงอยู่ระหว่างค่าขีดแบ่ง T_1 และ T_2 จะถูกพิจารณาให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุชนิดที่หนึ่ง และจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงมากกว่าค่า T_2 จะถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุชนิดที่สอง ซึ่งภาพผลลัพธ์จากการแบ่งส่วนด้วยค่าขีดแบ่งแบบหลายระดับ ($g(x,y)$) สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.20

$$g(x,y) = \begin{cases} a & ; f(x,y) > T_2 \\ b & ; T_1 < f(x,y) \leq T_2 \\ c & ; f(x,y) \leq T_1 \end{cases} \quad (3.20)$$

เมื่อ a b และ c คือ ค่าใดๆ ที่ใช้จำแนกค่าระดับความเข้มแสง ณ จุดภาพ (x,y)

สำหรับปัญหาการแบ่งส่วนภาพที่ต้องอาศัยค่าขีดแบ่งมากกว่า 2 ระดับนั้น มักไม่นิยมใช้วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบคงที่ (Global Thresholding) ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่มักจะนิยมใช้วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้ (Variable Thresholding) ตามคุณลักษณะเชิงท้องถิ่น (Local Property) ของแต่ละจุดภาพแทน เช่น ค่าระดับความเข้มแสงเฉลี่ย เป็นต้น ซึ่งการกำหนดค่าขีดแบ่งที่อยู่ในรูปของการพิจารณาคุณลักษณะเชิงท้องถิ่นสามารถนิยามได้ดังสมการที่ 3.21

$$T = T[x,y,p(x,y),f(x,y)] \quad (3.21)$$

โดยที่ $f(x,y)$ คือค่าระดับความเข้มแสงของจุดภาพ (x,y) และ $p(x,y)$ คือคุณลักษณะเชิงท้องถิ่นหรือคุณสมบัติเฉพาะที่ (Local Properties) ของจุดภาพดังกล่าว

สำหรับค่า T ที่ขึ้นอยู่กับ $f(x,y)$ เพียงอย่างเดียวจะถูกเรียกว่า ค่าขีดแบ่งแบบโอบอล (Global Threshold) แต่ถ้าค่า T ขึ้นอยู่กับทั้ง $f(x,y)$ และ $p(x,y)$ จะถูกเรียกว่า ค่าขีดแบ่งแบบโลคัล (Local Threshold) นอกจากนี้ค่า T ที่ขึ้นอยู่กับพิกัด x และ y จะถูกเรียกว่า ค่าขีดแบ่งแบบไดนามิก (Dynamic Threshold)

บทที่ 4

การออกแบบระบบ

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส ซึ่งจะแบ่งเป็น 6 ส่วน ได้แก่ การออกแบบระบบ การออกแบบฐานข้อมูลของระบบ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานของระบบ การออกแบบระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย การใช้ข้อมูลระดับความติดขัดจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Traffy) เพื่อการตรวจสอบระดับความติดขัดของเส้นทางและอัลกอริทึมในการเลือกสถานบริการแก๊สและเส้นทางที่เหมาะสม โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การออกแบบระบบ

ในการออกแบบระบบนั้นมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ หน้าที่หลักและหน้าที่ย่อยต่างๆ ซึ่งจากการศึกษาหน้าที่หลักและหน้าที่ย่อยต่างๆ ที่เป็นความต้องการและข้อจำกัดของระบบ ทำให้สามารถออกแบบระบบได้เป็น 3 รูปแบบ คือ สถาปัตยกรรมของระบบ แผนภาพการไหลของข้อมูล และแผนภาพยูสเคสของระบบ มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สถาปัตยกรรมของระบบ (System Architecture)

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบ และ การทำงานของระบบ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบ

ระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊สที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ไอโฟน (iPhone) เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ร่วมกับการพัฒนาแอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสและเป็นส่วนเดียวที่ใช้ในการติดต่อและเชื่อมโยงกับผู้ใช้งาน เพื่อเรียกใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอส เพื่อระบุตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน และใช้ WiFi/3G/2G ของอุปกรณ์ในการรับส่งข้อมูลที่สำคัญจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์และข้อมูลแผนที่จากเซิร์ฟเวอร์แผนที่กูเกิล (Google Maps Server)

2. เซิร์ฟเวอร์ (Server) เป็นส่วนสำคัญในการประมวลผลงานต่างๆ และบริหารจัดการระบบ
3. กล้องไอพี (IP Camera) เป็นส่วนสำคัญในการเก็บรวบรวม ข้อมูลภาพสภาพความหนาแน่นของจำนวนรถจากสถานบริการแก๊ส ต่างๆ เพื่อส่งข้อมูลภาพเหล่านั้นให้กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ นำไป ประมวลข้อมูลจนได้ข้อมูลสภาพความหนาแน่นของสถานบริการ แก๊สที่จำเป็นต่อการค้นหาเส้นทาง เพื่อเก็บลงสู่ระบบฐานข้อมูล ต่อไป
4. ฐานข้อมูล (Database) เป็นส่วนสำคัญในการเก็บข้อมูลต่างๆ ของ ระบบ
5. เซิร์ฟเวอร์ของโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Traffy Server) เป็นส่วนสำคัญที่ให้ข้อมูลประกอบการค้นหาเส้นทางไปยัง สถานบริการแก๊ส เช่น ข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน เป็นต้น เพื่อให้ได้เส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการค้นหาเส้นทาง โดยข้อมูลนี้จะ ถูกจัดเก็บลงสู่ฐานข้อมูล เพื่อรอการเรียกใช้งานจากแอปพลิเคชัน ต่อไป
6. เซิร์ฟเวอร์แผนที่กูเกิล (Google Maps Server) เป็นส่วนสำคัญที่ให้ ข้อมูลแผนที่ และเส้นทางต่างๆ บนแผนที่ เพื่อนำไปประมวลผลใน การค้นหาเส้นทาง
7. ดาวเทียมจีพีเอส (GPS) เป็นส่วนสำคัญที่ให้ข้อมูลตำแหน่งปัจจุบัน ของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปประมวลผลในการค้นหาเส้นทาง
8. ผู้ดูแลระบบ (Admin) เป็นส่วนสำคัญที่คอยจัดการข้อมูลต่างๆ ของ ระบบ ได้แก่ การเพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อมูลสถานบริการแก๊ส การตี กรอบความหนาแน่นของข้อมูลภาพเพื่อเลือกข้อมูลภาพนำไป ประมวลผล การตั้งค่าการปรับปรุงข้อมูลของฐานข้อมูล เป็นต้น

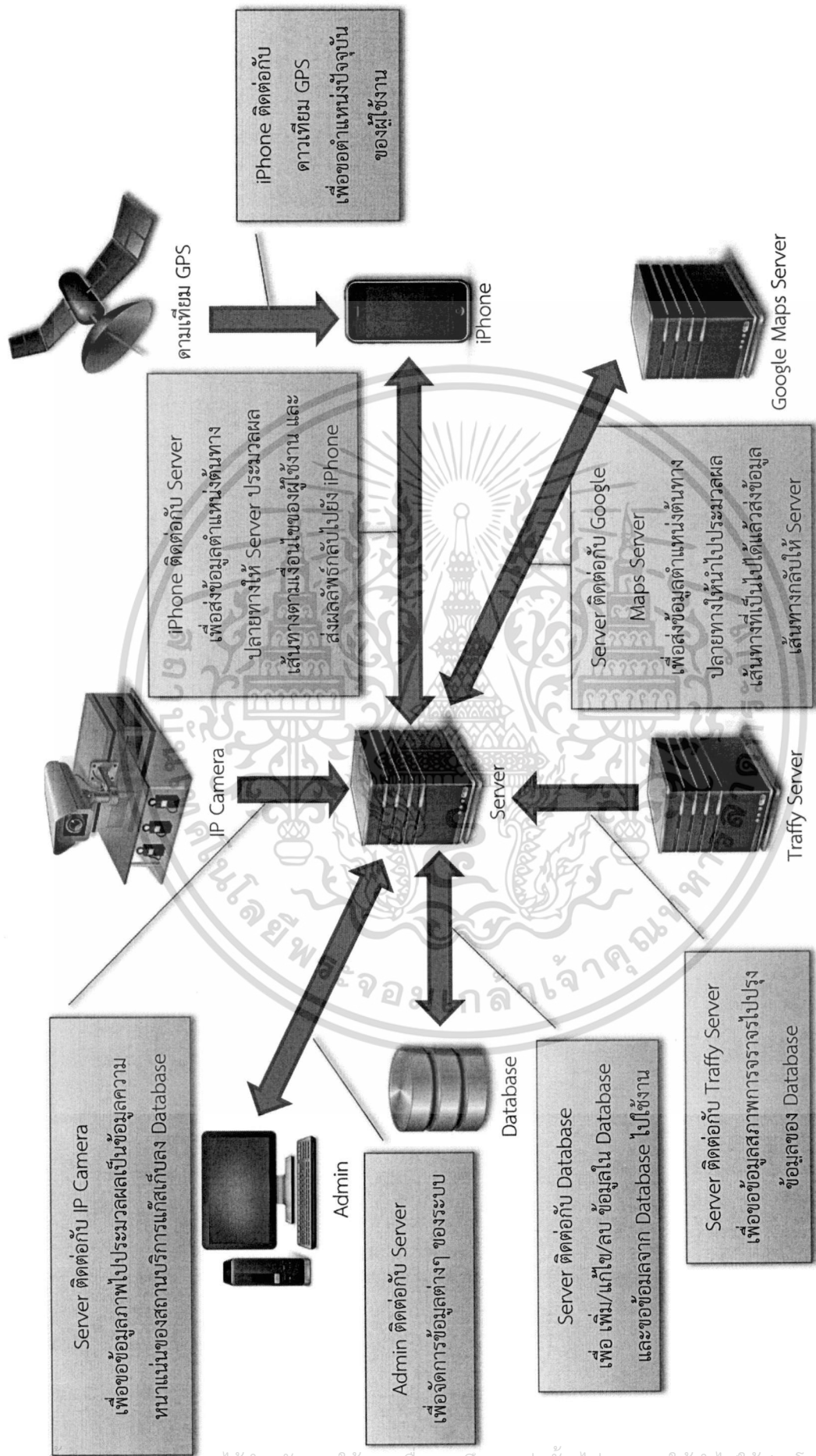
4.1.1.2 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่น ของสถานบริการแก๊สที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ส่วนแอปพลิเคชัน (Mobile Application) การทำงานของแอป พลิเคชันบนไอโฟน ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานหลัก 4 โหมด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โหมด Auto Suggest เป็นโหมดแผนที่สำหรับแนะนำเส้นทางโดยอัตโนมัติ จากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม ตามเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางที่ผู้ใช้งานกำหนด
 - โหมด Manual Trips เป็นโหมดแผนที่สำหรับแนะนำเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทาง และเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางที่ผู้ใช้งานทำการกำหนดเอง โดยแอปพลิเคชันจะแสดงเส้นทางพร้อมกับสถานบริการแก๊สที่อยู่ระหว่างทางด้วย
 - โหมด Gas Price เป็นโหมดสำหรับให้ข้อมูลราคาแก๊สแต่ละประเภทกับผู้ใช้งาน พร้อมทั้งแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สให้ผู้ใช้งานทราบ
 - โหมด Setting เป็นโหมดสำหรับให้ผู้ใช้งานตั้งค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับการค้นหาเส้นทาง
2. ส่วนเซิร์ฟเวอร์ การทำงานของเซิร์ฟเวอร์มีหน้าที่การทำงาน คือ ให้บริการฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ของระบบ, ให้บริการเว็บไซต์ในการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สสำหรับผู้ดูแลระบบ, รับข้อมูลภาพจากกล้องไอพีมาประมวลผลเป็นข้อมูลระดับความหนาแน่นของแต่ละสถานบริการแก๊ส, รับข้อมูลสภาพการจราจรจากเซิร์ฟเวอร์ของทราฟฟี่ มาปรับปรุงข้อมูลของฐานข้อมูลให้ทันสมัย และรับข้อมูลตำแหน่งและเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางจากผู้ใช้งาน มาประมวลผลหาเส้นทางที่เหมาะสม โดยการใช้ข้อมูลเส้นทางจากเซิร์ฟเวอร์แผนที่ที่ถูกลิขสิทธิ์

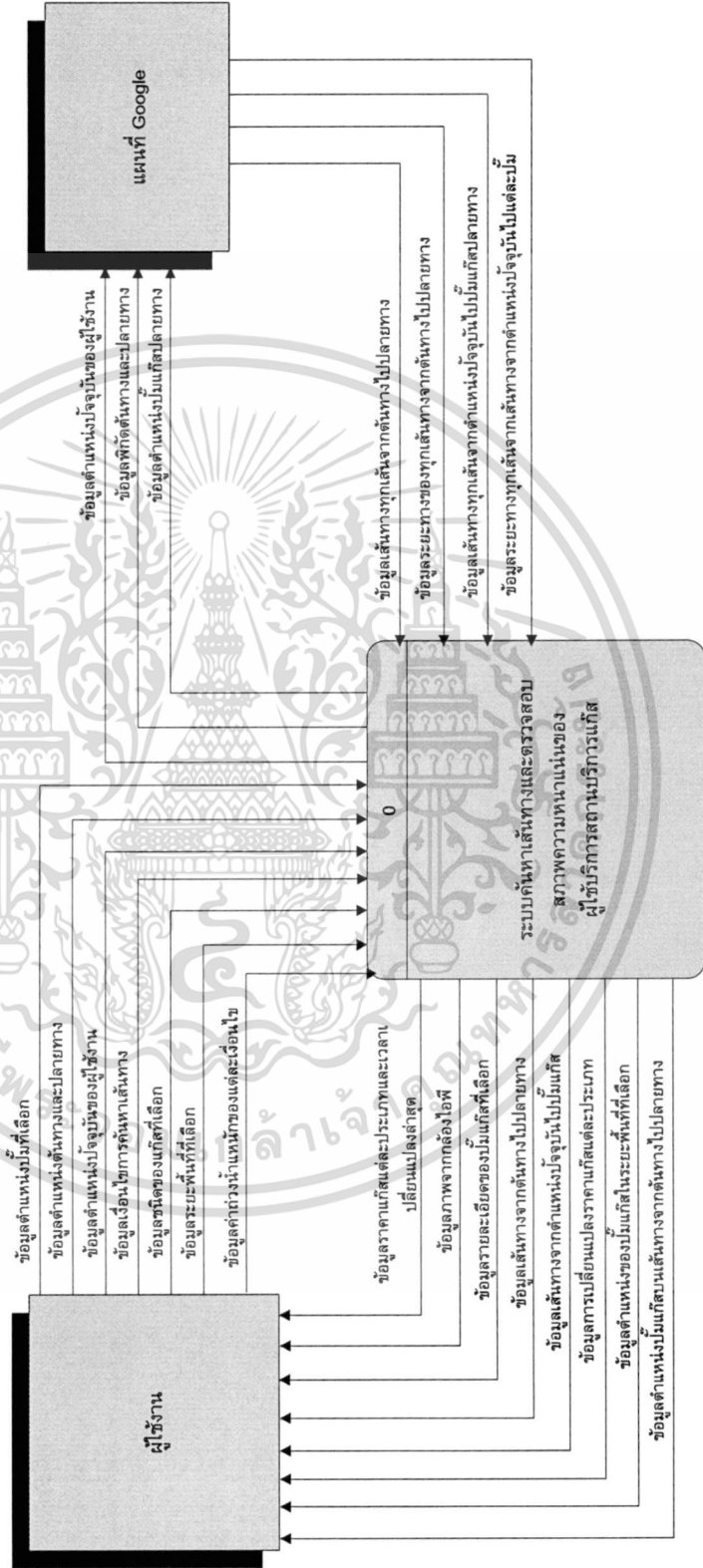


ภาพที่ 4.1 โครงสร้างของระบบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

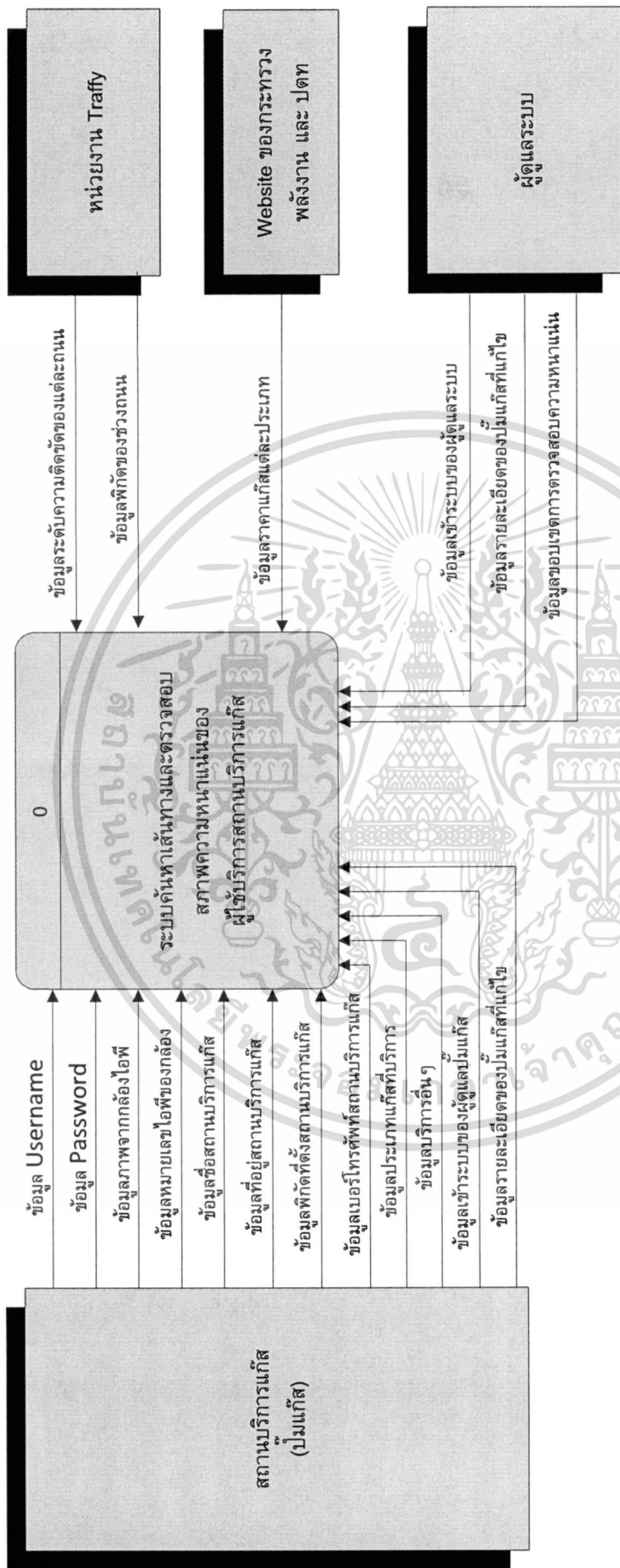
4.1.2 แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD)

แผนภาพการไหลของข้อมูล จะแสดงการส่งผ่านข้อมูลต่างๆ ภายในระบบ โดยจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ แผนภาพ Context จะแสดงการส่งผ่านของข้อมูลระหว่างระบบกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ โดยอาจเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันหรือเป็นการดึงข้อมูลจากระบบอื่นมาใช้งาน ดังภาพที่ 4.2 - 4.3 ส่วนแผนภาพ DFD Level 0 จะแสดงการส่งผ่านของข้อมูลระหว่างโปรแกรมหลักๆ ภายในระบบทั้งหมด ดังภาพที่ 4.4 - 4.5 และแผนภาพ DFD Level 1 จะแสดงรายละเอียดการส่งผ่านของข้อมูลภายในโปรแกรมหลักในแผนภาพ DFD Level 1 ที่ต้องมีการแบ่งเป็นโปรแกรมย่อย ดังภาพที่ 4.6-4.10



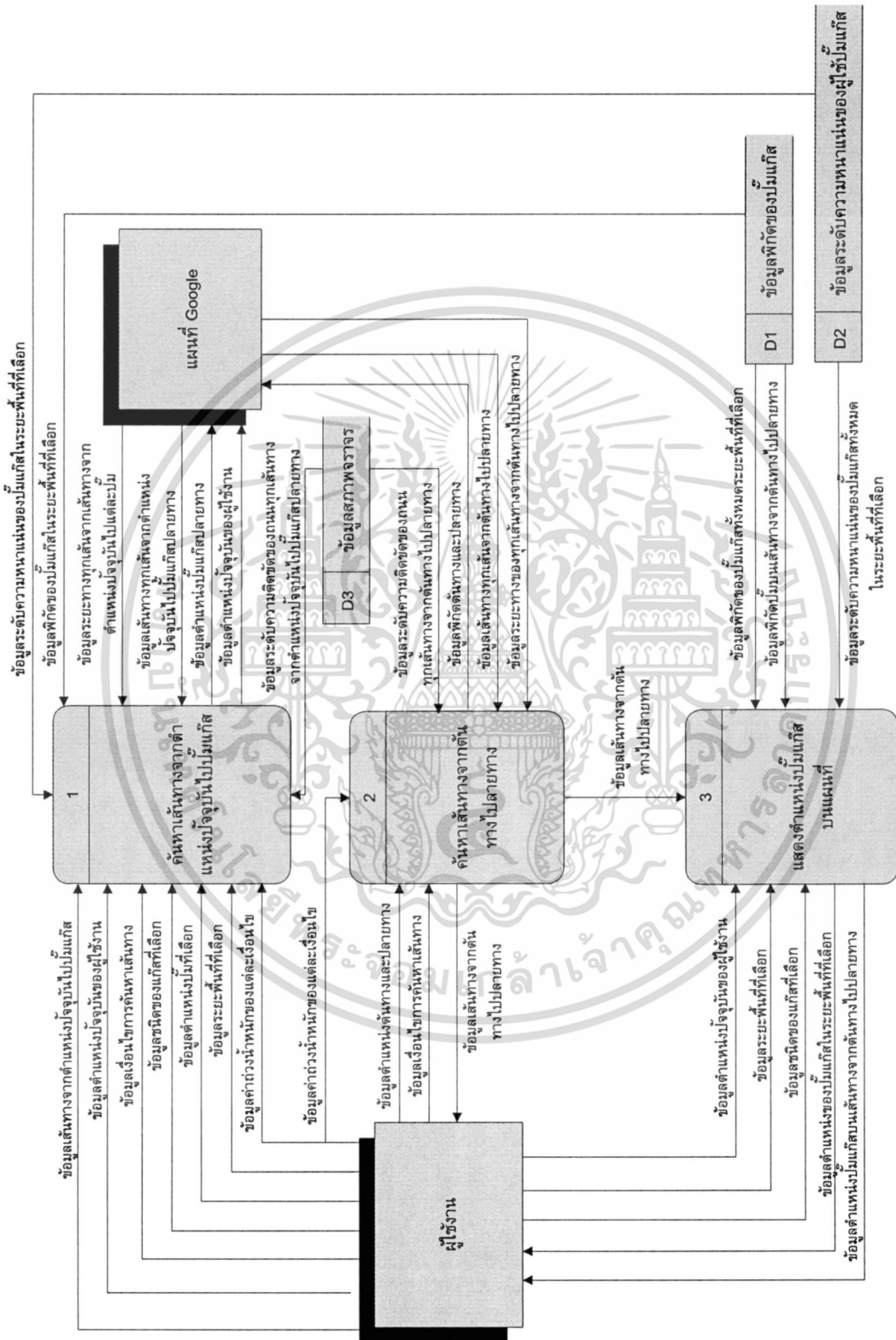
ภาพที่ 4.2 แผนภาพ Context หน้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



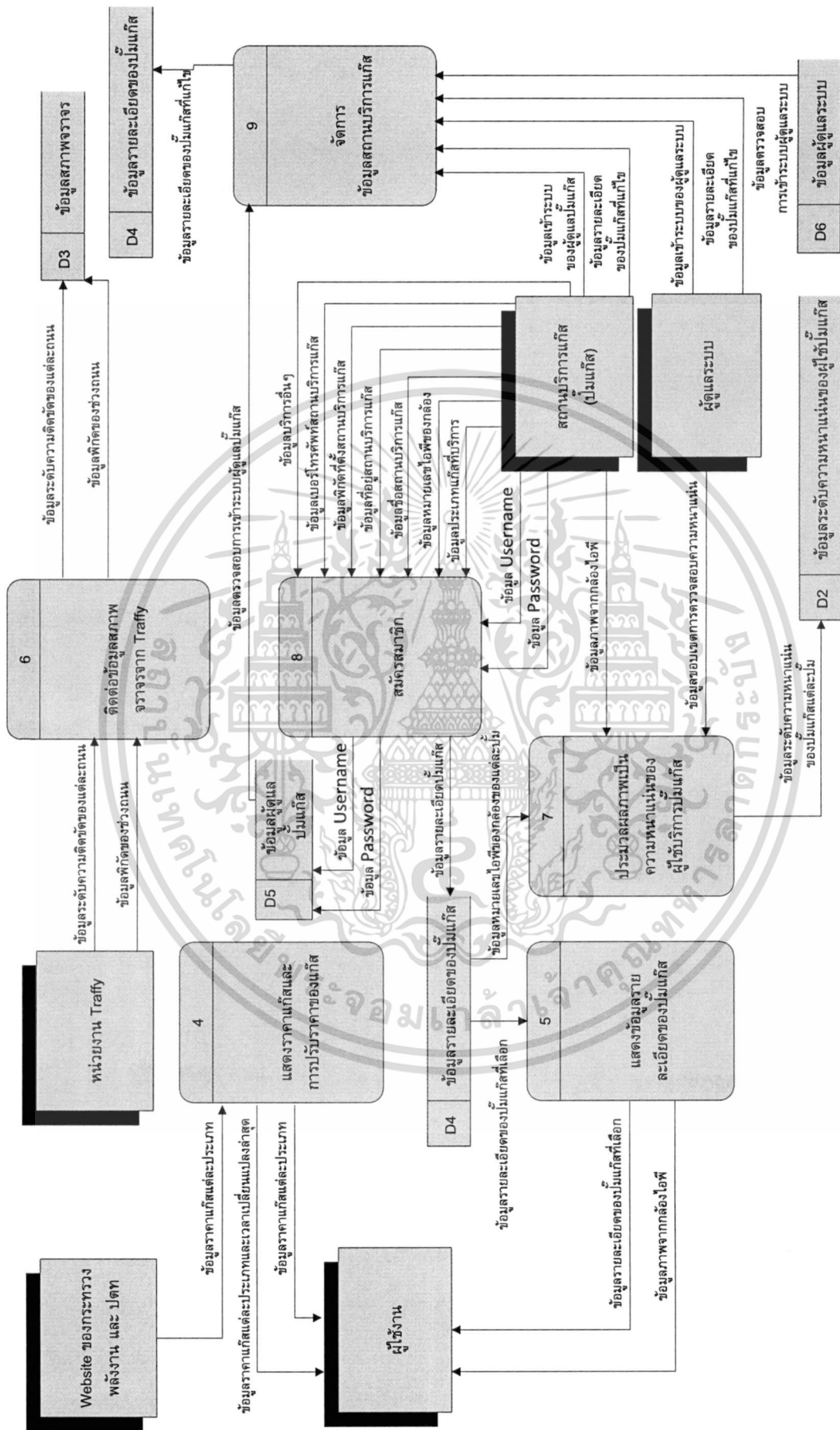
ภาพที่ 4.3 แผนภาพ Context หน้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



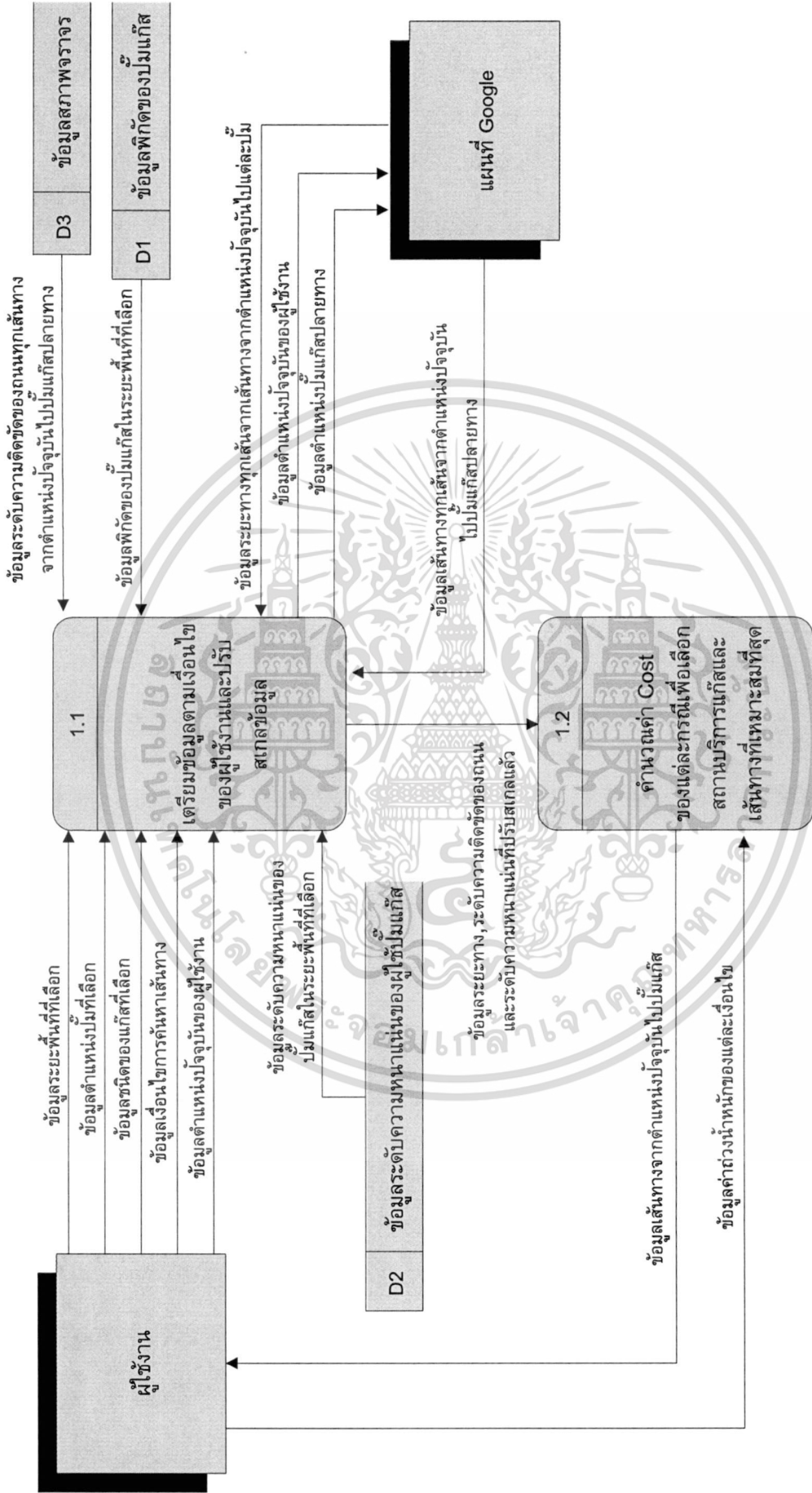
ภาพที่ 4.4 แผนภาพ DFD Level 0 หน้าที 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



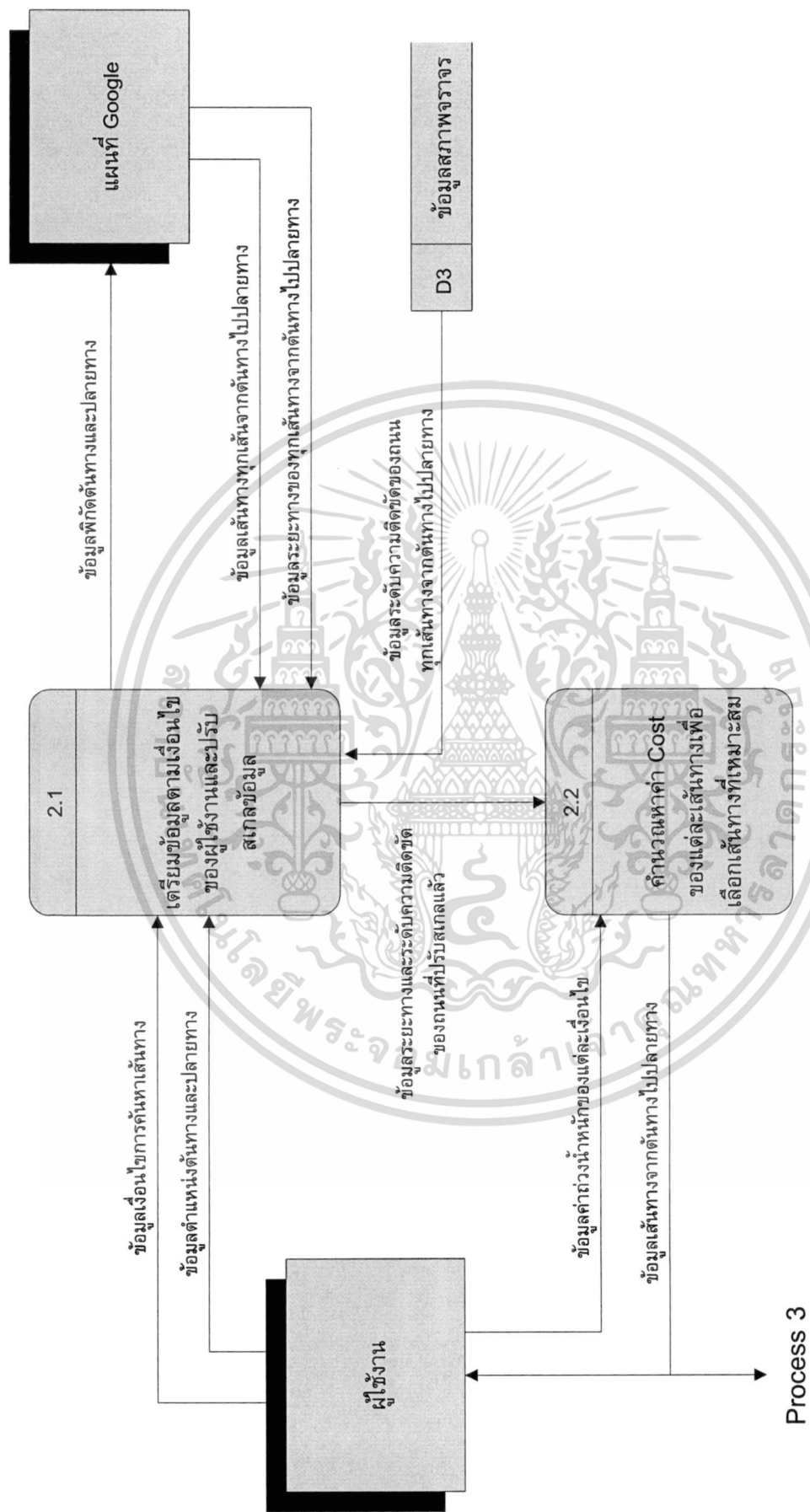
ภาพที่ 4.5 แผนภาพ DFD Level 0 หน้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



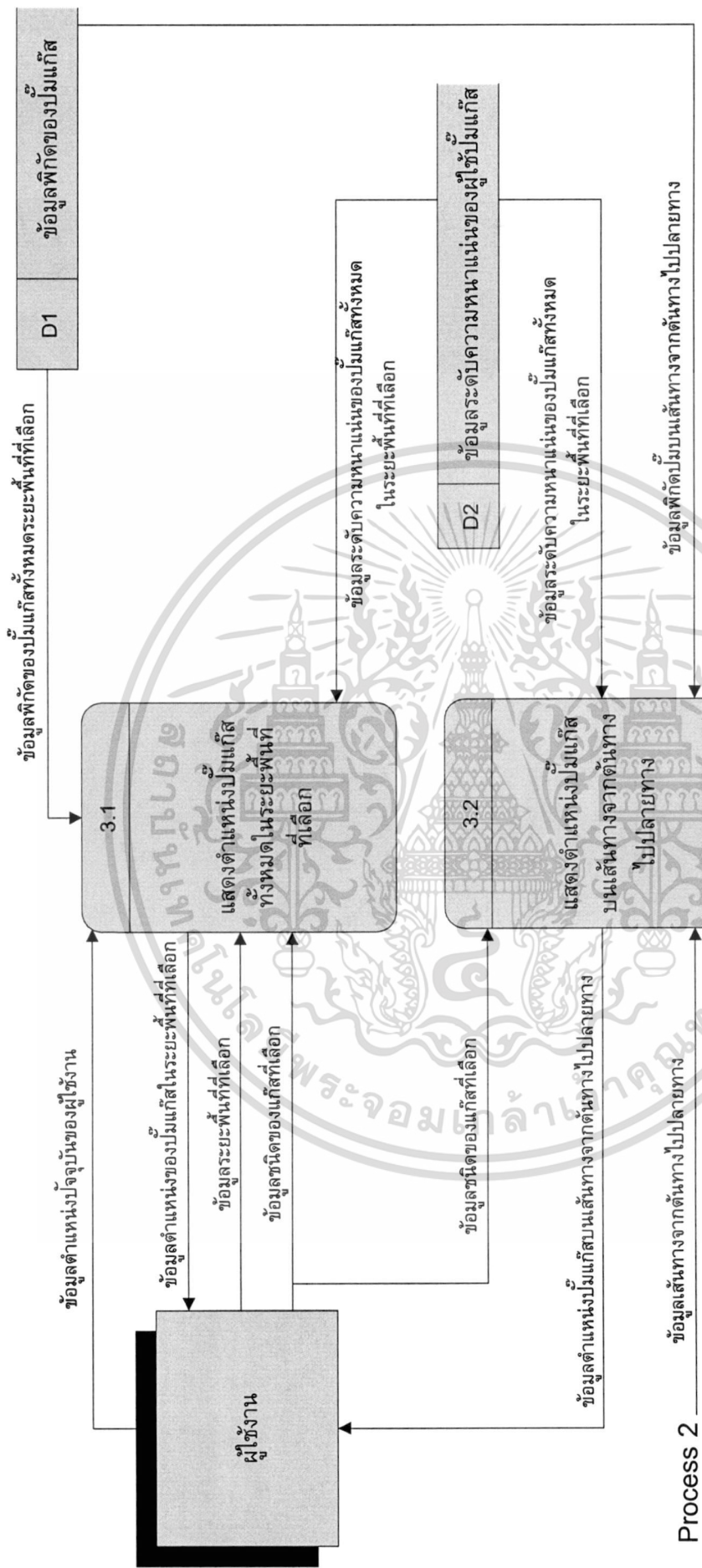
ภาพที่ 4.6 แผนภาพ DFD Level 1 โปรเจกต์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



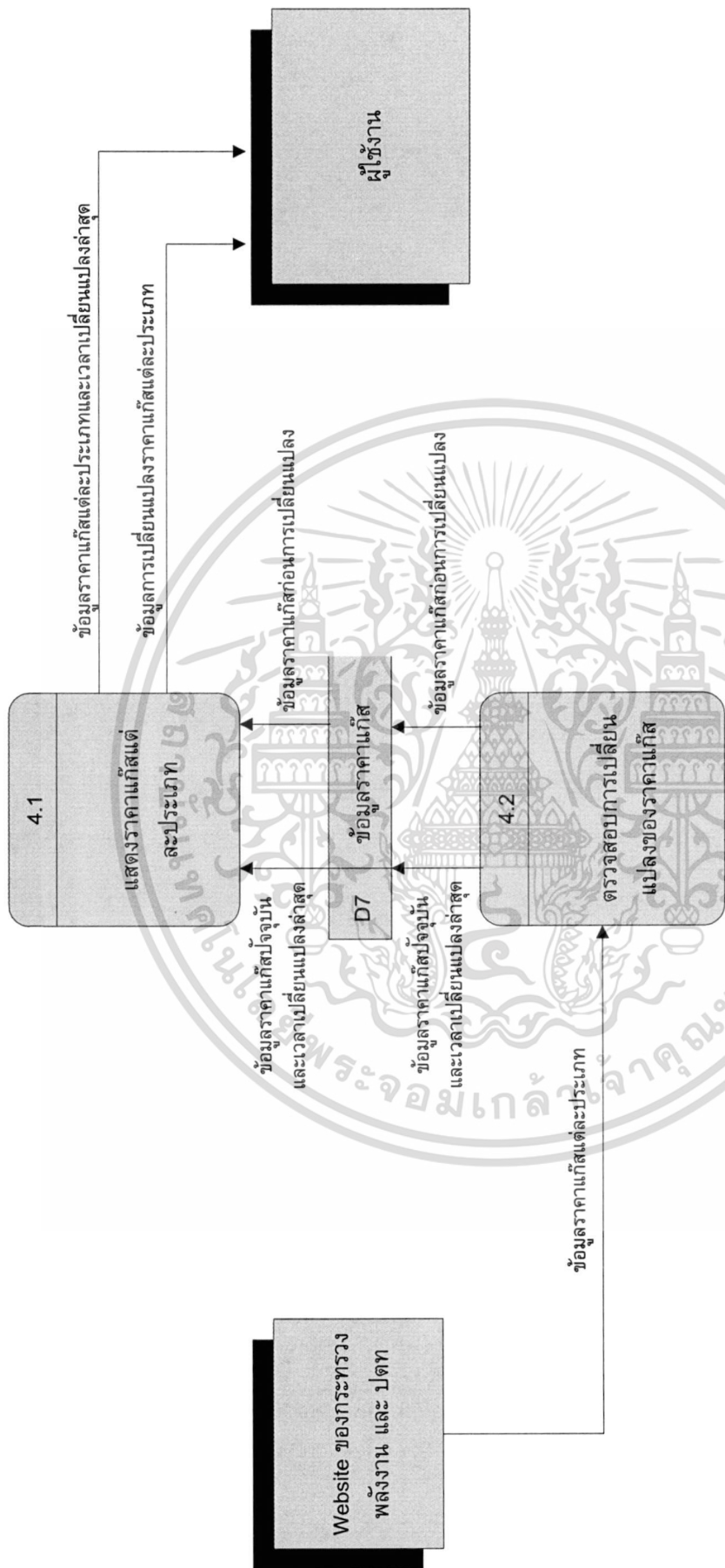
ภาพที่ 4.7 แผนภาพ DFD Level 1 โปรแกรมที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



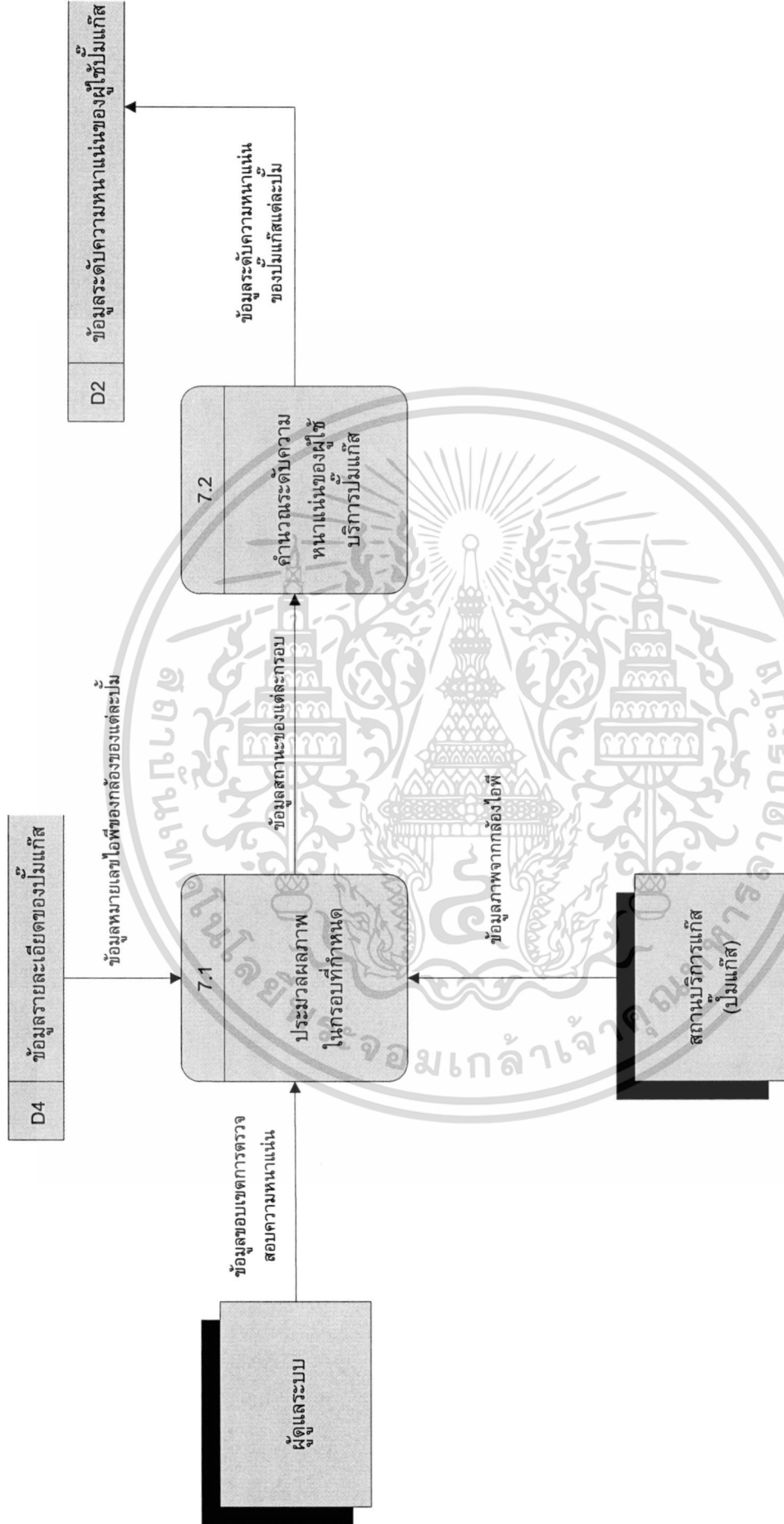
ภาพที่ 4.8 แผนภาพ DFD Level 1 โปรแกรมที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แผนภาพ DFD Level 1 โปรเซสที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

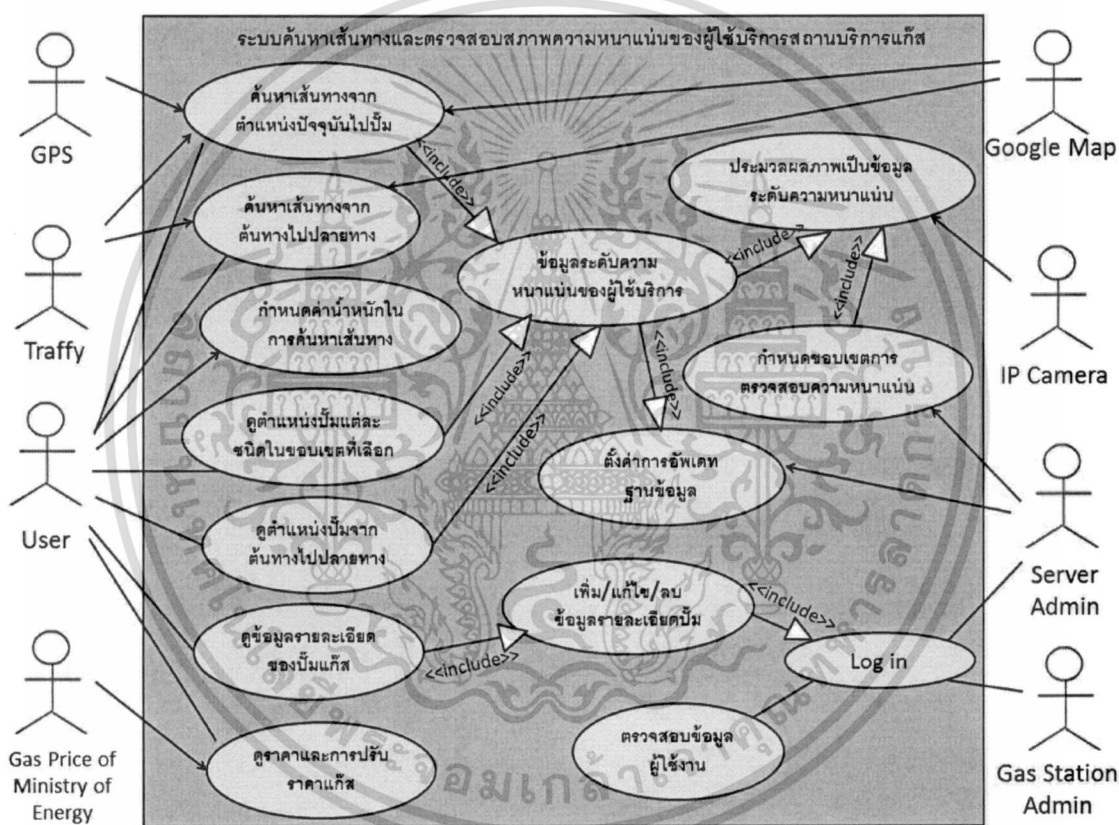


ภาพที่ 4.10 แผนภาพ DFD Level 1 โปรแกรมที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 แผนภาพยูสเคสของระบบ (Use Case Diagram)

แผนภาพยูสเคสของระบบ จะแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบหรือระบบภายนอกที่เกี่ยวข้อง และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบย่อย (Subsystem) ภายในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 4.11 ซึ่งจะแสดงขอบเขตของระบบและระบบย่อยต่างๆ ภายในระบบตามหน้าที่การทำงาน รวมถึงแสดงการทำงานของผู้ใช้งานระบบและระบบภายนอกที่เกี่ยวข้อง โดยในแผนภาพยูสเคสของระบบนี้ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแอกเตอร์จะใช้ตามมาตรฐาน UML 2.0



ภาพที่ 4.11 แผนภาพยูสเคสของระบบ

4.2 การออกแบบฐานข้อมูลของระบบ

4.2.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram)

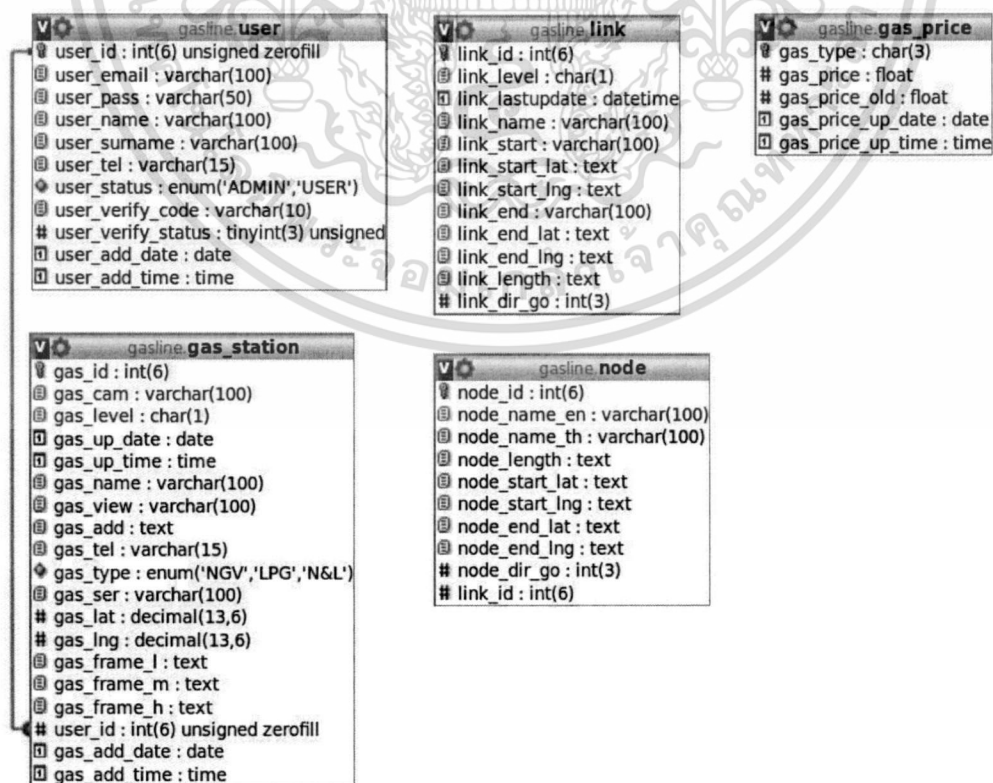
แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล เป็นแผนภาพที่จำลองข้อมูลแต่ละส่วนของระบบที่มีความสัมพันธ์กัน จะเห็นได้จากภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังนี้

1. user คือ ตารางข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งานระบบ ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลสถานบริการแก๊สกับระบบรวมถึงผู้ดูแลระบบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าใช้งานระบบหรือเข้าจัดการระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

2. gas_station คือ ตารางข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลสถานบริการแก๊ส ซึ่งได้มาจากผู้ให้ข้อมูลสถานบริการแก๊สและผู้ดูแลระบบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการค้นหาเส้นทางของระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.2
3. link คือ ตารางข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลระดับความติดขัดของช่วงถนนและข้อมูลช่วงถนน ซึ่งได้มาจากการนำเข้าข้อมูลจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการค้นหาเส้นทางของระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3
4. node คือ ตารางข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลช่วงถนนย่อย ซึ่งได้มาจากการนำเข้าข้อมูลจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการค้นหาเส้นทางของระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.4
5. gas_price คือ ตารางข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลราคาแก๊สแต่ละประเภท เพื่อนำมาใช้ในการแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สของระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.12 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ตารางความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล สามารถแสดงรายละเอียดของตารางข้อมูลแต่ละตาราง ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของตารางผู้ใช้งานระบบ

Entity	user (ผู้ใช้งานระบบ)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
Primary Key	user_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างถึงผู้ใช้งานระบบ
	user_email	varchar(100)	Email ในการเข้าระบบของผู้ใช้งานระบบ
	user_pass	varchar(50)	Password ในการเข้าระบบของผู้ใช้งานระบบ
	user_name	varchar(100)	ชื่อของผู้ใช้งานระบบ
	user_surname	varchar(100)	นามสกุลของผู้ใช้งานระบบ
	user_tel	varchar(15)	เบอร์ติดต่อของผู้ใช้งานระบบ
	user_status	enum('ADMIN', 'USER')	สถานะของผู้ใช้งานระบบ
	user_verify_code	varchar(10)	รหัสยืนยันการลงทะเบียน
	user_verify_status	tinyint(3)	สถานะยืนยันการลงทะเบียน
	user_add_date	date	วันที่ลงทะเบียน
	user_add_time	time	เวลาที่ลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของตารางสถานบริการแก๊ส

Entity	gas_station (สถานบริการแก๊ส)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
Primary Key	gas_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงสถานบริการแก๊ส
	gas_cam	varchar(100)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึง IP Camera ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพที่สถานบริการแก๊ส (สถานบริการแก๊สละ 1 หมายเลข)
	gas_level	char(1)	ระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส
	gas_up_date	date	วันที่ Update ระดับความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
	gas_up_time	time	เวลาที่ Update ระดับความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
	gas_name	varchar(100)	ชื่อของสถานบริการแก๊ส
	gas_view	varchar(100)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงภาพของสถานบริการแก๊ส
	gas_add	varchar(100)	ที่ตั้งของสถานบริการแก๊ส
	gas_tel	varchar(15)	เบอร์โทรศัพท์ของสถานบริการแก๊ส
	gas_type	enum('NGV', 'LPG', 'N&L')	ประเภทหมวดผลิตภัณฑ์ของสถานบริการแก๊สที่บริการ
	gas_ser	varchar(100)	บริการพิเศษอื่นๆ ของสถานบริการแก๊ส
	gas_lat	decimal(13,6)	พิกัดละติจูดของสถานบริการแก๊ส
	gas_lng	decimal(13,6)	พิกัดลองจิจูดของสถานบริการแก๊ส
	gas_frame_l	text	กรอบความหนาแน่นน้อย สำหรับวัดปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับน้อย
	gas_frame_m	text	กรอบความหนาแน่นปานกลาง สำหรับวัดปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของตารางสถานบริการแก๊ส (ต่อ)

Entity	gas_station (สถานบริการแก๊ส)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
	gas_frame_h	text	กรอบความหนาแน่นมากสำหรับวัดปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับมาก
Foreign key	user_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงผู้ใช้งานระบบ
	gas_add_date	date	วันที่เพิ่มข้อมูลสถานบริการแก๊ส
	gas_add_time	time	เวลาที่เพิ่มข้อมูลสถานบริการแก๊ส

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของตารางช่วงถนน

Entity	link (ช่วงถนน)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
Primary Key	link_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงช่วงถนน
	link_level	char(1)	ระดับความติดขัดของช่วงถนน
	link_lastupdate	datetime	วันเวลาที่ Update ระดับความติดขัดของช่วงถนน
	link_name	varchar(100)	ชื่อของช่วงถนน
	link_start	varchar(100)	จุดเริ่มต้นของช่วงถนน
	link_start_lat	text	พิกัดละติจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนน
	link_start_lng	text	พิกัดลองจิจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนน
	link_end	varchar(100)	จุดสิ้นสุดของช่วงถนน
	link_end_lat	text	พิกัดละติจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนน
	link_end_lng	text	พิกัดลองจิจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนน
	link_length	text	ความยาวของช่วงถนน
	link_dir_go	int(3)	ทิศทางของช่วงถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของตารางช่วงถนนย่อย

Entity	node (ช่วงถนนย่อย)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
Primary Key	node_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงช่วงถนน
	node_name_en	varchar(100)	ชื่อช่วงถนนย่อยภาษาอังกฤษ
	node_name_th	varchar(100)	ชื่อช่วงถนนย่อยภาษาไทย
	node_length	text	ชื่อช่วงถนนย่อยภาษาอังกฤษ
	node_start_lat	text	พิกัดละติจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนนย่อย
	node_start_lng	text	พิกัดลองจิจูดจุดเริ่มต้นของช่วงถนนย่อย
	node_end_lat	text	พิกัดละติจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนนย่อย
	node_end_lng	text	พิกัดลองจิจูดจุดสิ้นสุดของช่วงถนนย่อย
	node_dir_go	int(3)	ทิศทางของช่วงถนนย่อย
	link_id	int(6)	หมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงช่วงถนน

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของตารางราคาแก๊ส

Entity	gas_price (ราคาแก๊ส)		
Key	Attributes	Data Type (Length)	Description
Primary Key	gas_type	char(3)	ประเภทผลิตภัณฑ์แก๊ส
	gas_price	float	ราคาแก๊สปัจจุบัน
	gas_price_old	float	ราคาแก๊สก่อนการ Update
	gas_price_up_date	date	วันที่ Update ราคาแก๊ส
	gas_price_up_time	time	เวลาที่ Update ราคาแก๊ส

4.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานของระบบ

ในส่วนติดต่อผู้ใช้งานของระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส จะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักคือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สบนเว็บไซต์ และเพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนการทำงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโดยรวม จึงได้แสดง ภาพรวมการใช้งานของระบบ และ แผนภาพลำดับการทำงานของระบบไว้ ในส่วนนี้ด้วย หลังจากนั้นจึงแสดงรายละเอียดของส่วนติดต่อผู้ใช้งานในส่วนต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ภาพรวมการใช้งานระบบ

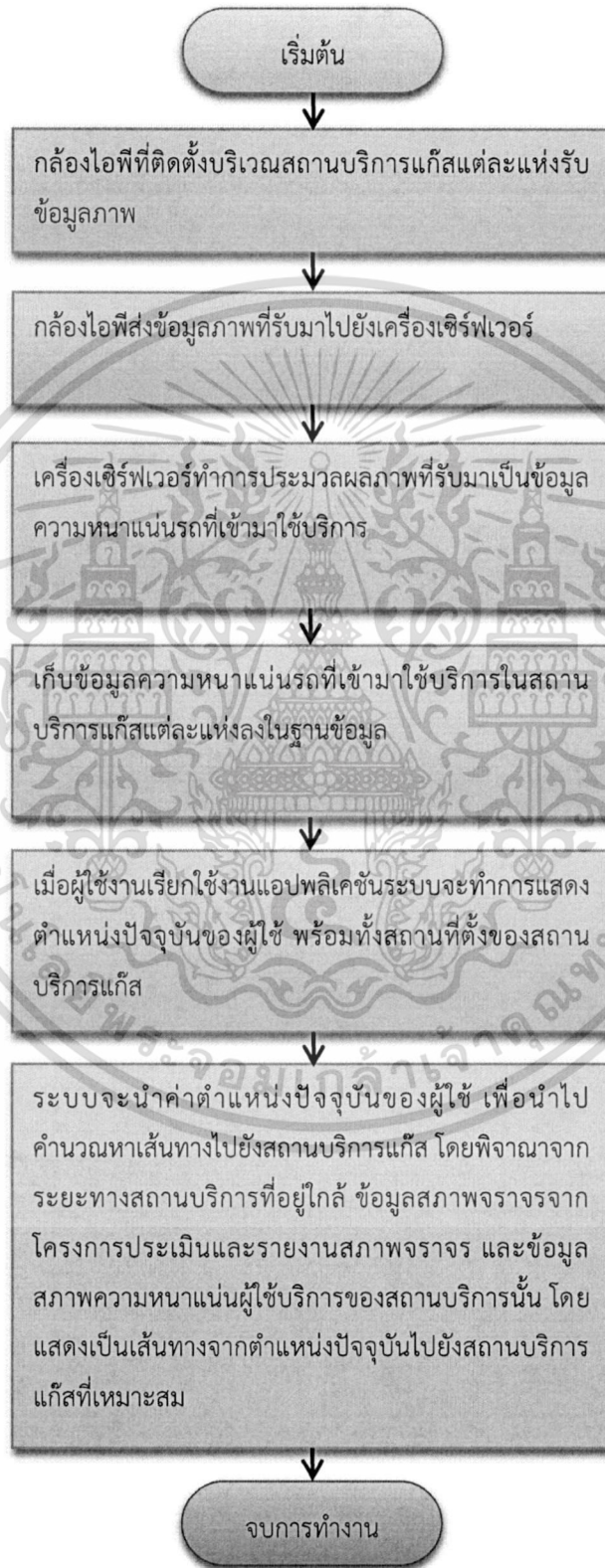


ภาพที่ 4.13 แสดงภาพรวมการใช้งานระบบ

จากภาพที่ 4.13 จะแสดงภาพรวมโครงสร้างของระบบในส่วนของการใช้งาน ระบบ ทั้งการใช้งานแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ การใช้งานเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และการใช้งาน เว็บไซต์ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับฟังก์ชันต่างๆ ที่ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูและเรียกใช้งานได้ผ่าน สัญลักษณ์และเมนูบนหน้าจอของของแอปพลิเคชัน ซึ่งหากผู้ใช้งานต้องการใช้ฟังก์ชันใดหรือต้องการ ข้อมูลใดจากระบบ ก็สามารถเลือกได้จากเมนูต่างๆ ดังภาพข้างต้น รวมถึงการกำหนดค่าที่ผู้ดูแล ระบบสามารถกำหนดให้กับระบบได้ ผ่านหน้าจอของโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ



ภาพที่ 4.14 แผนผังลำดับการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่
 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ หน้าจอของอุปกรณ์
 จะแสดงผลการทำงานแบ่งออกเป็น 4 โหมดการทำงาน ดังนี้

4.3.3.1 โหมด Auto Suggest



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.15 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Auto Suggest

(ข) การตั้งค่าการค้นหาของโหมด Auto Suggest

โหมดนี้เป็นโหมดแนะนำสถานบริการแก๊สและเส้นทางโดยอัตโนมัติ โดยแอปพลิเคชันจะแสดงตำแหน่งและสถานะของสถานบริการในระยะพื้นที่ที่กำหนดซึ่งแอปพลิเคชันจะทำการค้นหาและแสดงเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊สที่ได้จากการประเมินด้วยปัจจัย 3 อย่าง คือ










1. ระยะทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊ส (Nearest)
 2. สภาพการจราจรจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊ส (Traffic)
 3. สภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการในสถานบริการแก๊ส (Density)
- ดังภาพที่ 4.15 (ก) โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่ในโหมดนี้

มีความหมายดังตารางที่ 4.6 นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถตั้งค่าการใช้งาน โดยการเลือกปรับขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






พื้นที่การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สจากเมนู “Area Suggest” ชนิดของสถานบริการแก๊ส จากเมนู “Gas Type” คือ LPG (แสดงเฉพาะสถานบริการแก๊สที่ให้บริการแก๊ส LPG), NGV (แสดงเฉพาะสถานบริการแก๊สที่ให้บริการแก๊ส NGV), NPG&LPG (แสดงสถานบริการแก๊สที่ให้บริการทั้งแก๊ส LPG และ NGV) และ ALL(แสดงสถานบริการแก๊สทั้งหมด) และยังสามารถกำหนดเงื่อนไขในการประเมินสถานบริการแก๊สและเส้นทาง ได้จากเมนู “Route Conditions” ซึ่งหน้าสำหรับตั้งค่าการทำงานมีลักษณะ ดังภาพที่ 4.15 (ข) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละเงื่อนไขได้จากโหมด Setting ดังจะกล่าวในหัวข้อ 4.3.3.4

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่

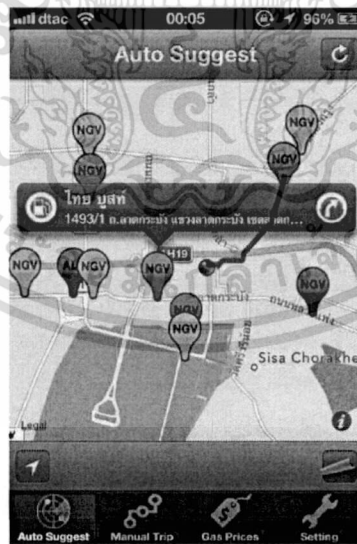
สัญลักษณ์	ความหมาย
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งตำแหน่งต้นทาง (Start)
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งปลายทาง (End)
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” ที่มีสภาพความหนาแน่น “น้อย”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” ที่มีสภาพความหนาแน่น “ปานกลาง”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” ที่มีสภาพความหนาแน่น “มาก”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” ที่ไม่มีข้อมูลสภาพความหนาแน่น
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “น้อย”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “ปานกลาง”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “มาก”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “NGV” ที่ไม่มีข้อมูลสภาพความหนาแน่น
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” และ “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “น้อย”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” และ “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “ปานกลาง”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” และ “NGV” ที่มีสภาพความหนาแน่น “มาก”
	ใช้สำหรับแสดงตำแหน่งสถานบริการแก๊ส “LPG” และ “NGV” ที่ไม่มีข้อมูลสภาพความหนาแน่น

นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังสามารถเรียกดูข้อมูลสถานบริการแก๊สตำแหน่งต่างๆ ได้จากหมวดที่ปักอยู่บนแผนที่ ดังภาพที่ 4.16




ภาพที่ 4.16 การเรียกดูข้อมูลสถานบริการแก๊ส

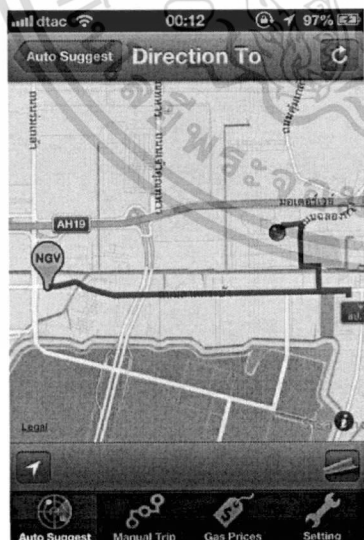
ถ้าหากผู้ใช้งานต้องการดูข้อมูลสถานบริการแก๊สก็สามารถกดที่ปุ่ม  เพื่อดูรายละเอียดของสถานบริการแก๊สที่เลือก ซึ่งจะแสดงข้อมูลของสถานบริการแก๊ส ดังภาพที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

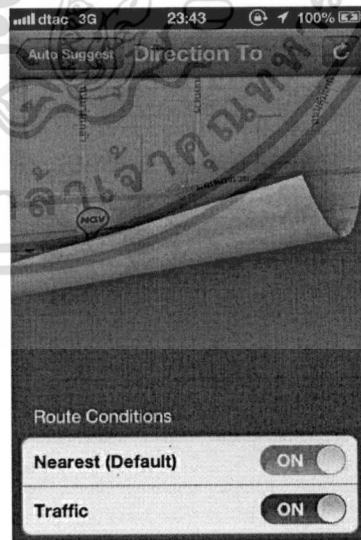


ภาพที่ 4.17 ข้อมูลรายละเอียดของสถานบริการแก๊ส

ในหน้าแสดงข้อมูลของสถานบริการแก๊ส (Information) แอปพลิเคชันจะแสดงข้อมูลของสถานบริการแก๊ส เช่น ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ รวมถึงผลิตภัณฑ์และบริการที่มีอยู่ในสถานบริการแก๊ส นอกจากนี้ ถ้าหากผู้ใช้งานต้องการแสดงเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่แสดงข้อมูลอยู่ก็สามารถกดที่ปุ่ม “Direction to” หรือกดที่ปุ่ม  ในภาพที่ 4.16 ซึ่งแอปพลิเคชันจะแสดงเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สดังกล่าว ดังภาพที่ 4.18 (ก)



(ก)



(ข)

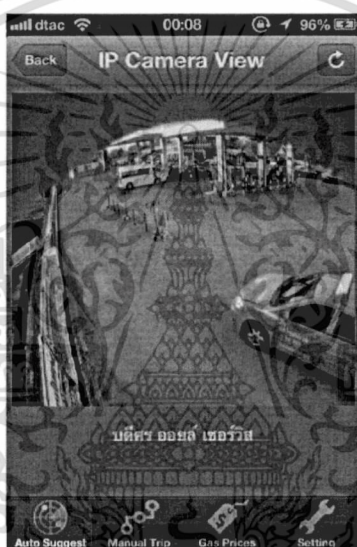
ภาพที่ 4.18 (ก) การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางที่เลือก

(ข) การตั้งค่าเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางของ Direction to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในหน้า Direction to นี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางได้ ซึ่งหน้าตั้งค่าการทำงานมีลักษณะ ดังภาพที่ 4.18 (ข) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดค่าวงน้ำหนักรถของแต่ละเงื่อนไขได้จากโหมด Setting ดังจะกล่าวในหัวข้อ 4.3.3.4

นอกจากนี้ ในหน้าแสดงข้อมูลของสถานบริการแก๊ส (Information) ผู้ใช้งานยังสามารถเรียกดูภาพจากกล้องไอพี ของสถานบริการแก๊สนั้นได้ โดยเลือกที่ปุ่ม “IP Camera View” หรือ เลือกที่รูปสถานบริการแก๊สในหน้า Information ซึ่งแอปพลิเคชันจะแสดงภาพจากกล้องไอพีของสถานบริการแก๊สนั้น ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 ภาพจากกล้องไอพีของสถานบริการแก๊สที่เลือก

4.3.3.2 โหมด Manual Trip

โหมดนี้เป็นโหมดแนะนำเส้นทางโดยที่ผู้ใช้งานทำการเลือกตำแหน่งต้นทาง (Start) หรือปลายทาง (End) ซึ่งแอปพลิเคชันจะทำการแสดงเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทาง ที่ได้จากการประเมินด้วยปัจจัย 2 อย่างร่วมกัน คือ

1. ระยะทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทาง (Nearest)
2. สภาพการจราจรจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทาง (Traffic)

พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งและสถานะความหนาแน่นของสถานบริการแก๊สที่อยู่ภายในรัศมีที่กำหนดของเส้นทางที่ค้นหา โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในการค้นหาเส้นทาง ซึ่งก็คือ เลือกชนิดของสถานบริการแก๊สจาก “Gas Type” คือ LPG (แสดงเฉพาะสถานบริการแก๊สที่ให้บริการแก๊ส LPG), NGV (แสดงเฉพาะสถานบริการแก๊สที่ให้บริการแก๊ส NGV),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NGV&LPG (แสดงสถานบริการแก๊สที่ให้บริการทั้งแก๊ส LPG และ NGV) และ ALL (แสดงสถานบริการแก๊สทั้งหมด) และเลือกเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางได้ ดังภาพที่ 4.20 (ก) โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แสดงบนแผนที่ในโหมดนี้มีความหมายดังตารางที่ 4.6



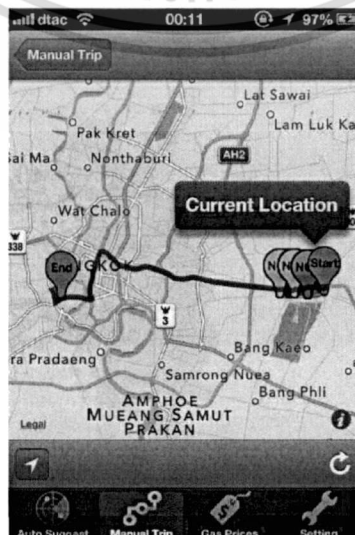
(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.20 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Manual Trip

(ข) ส่วนของการกำหนดต้นทางและปลายทาง

ซึ่งเมื่อกดปุ่ม Route Direction แอปพลิเคชันจะแสดงเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางที่ผู้ใช้งานกำหนดไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนด พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งของสถานบริการแก๊สที่อยู่ในรัศมีของเส้นทางที่แนะนำ ดังภาพที่ 4.21

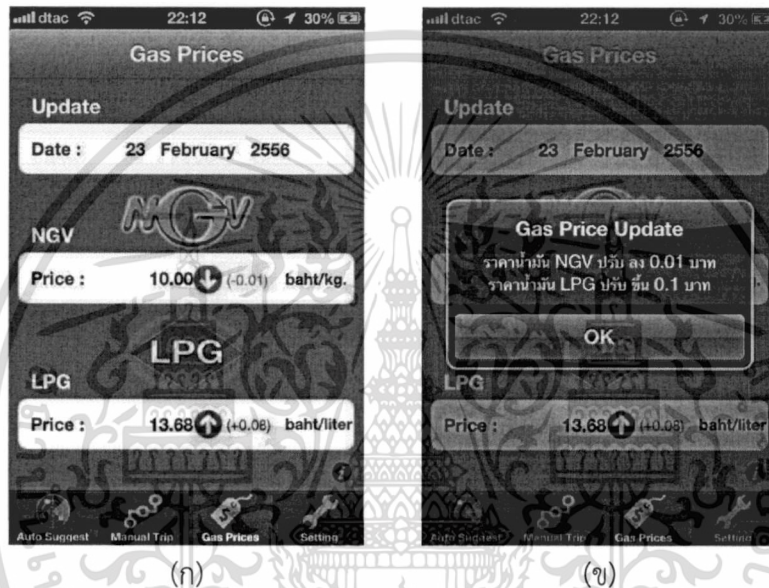


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.21 แผนที่ของโหมด Manual Trip

4.3.3.3 โหมด Gas Prices

โหมดนี้เป็นโหมดสำหรับตรวจสอบราคาแก๊ส โดยที่แอปพลิเคชันจะแสดงวันที่ทำการปรับปรุงราคาแก๊สล่าสุด และราคาแก๊สประเภทต่างๆ ดังภาพที่ 4.22 (ก)



ภาพที่ 4.22 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Gas Prices

(ข) การแจ้งเตือนเมื่อราคาแก๊สมีการปรับเปลี่ยน

พร้อมทั้งแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สขึ้นลงเมื่อเทียบกับข้อมูลเดิม ดังภาพที่ 4.22 (ข)

4.3.3.4 โหมด Setting

โหมดนี้เป็นโหมดสำหรับให้ผู้ใช้งานตั้งค่าค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณค่า Cost ของแต่ละเงื่อนไข โดยส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับโหมดนี้จะแสดงเงื่อนไข ทั้ง 3 เงื่อนไข คือ ระยะทางใกล้ที่สุด (Nearest) สภาพจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (Traffic) และสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการน้อยที่สุด (Density) ซึ่งในเริ่มแรกระบบจะกำหนดค่าให้ คือ แต่ละเงื่อนไขมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากัน คือ 3 ดังภาพที่ 4.23 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.23 (ก) ส่วนติดต่อผู้ใช้งานโหมด Setting

(ข) เลือกเงื่อนไขเพื่อปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนัก

ซึ่งหากผู้ใช้งานต้องการปรับเปลี่ยนค่าก็สามารถเลือกที่เงื่อนไขที่ทำการตั้งค่า และเลือกค่าถ่วงน้ำหนักที่ต้องการ ดังภาพที่ 4.23 (ข) จากนั้นกดปุ่ม “Save” เพื่อบันทึกค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งแอปพลิเคชันจะบันทึกค่าดังกล่าว และนำค่าน้ำหนักที่ตั้งไว้ไปใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักในการค้นหาเส้นทางในครั้งต่อไป

4.3.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์

gas_id	gas_cam	gas_level	gas_up_date	gas_up_tir
13	http://161....	L	11 Mar 2013	15:20:45
14	a.mp4	M	14 Mar 2013	02:55:54
15	b.mp4	H	14 Mar 2013	02:56:12
16	c.mp4	M	14 Mar 2013	02:55:26
17	http://e.jpg	L		00:00:00
18	http://f.jpg	M		00:00:00
19	http://161....	H		00:00:00
20	http://h.jpg	L		00:00:00
21	http://i.jpg	M		00:00:00
22	k1	H	23 Feb 2013	04:56:46
23	http://k2.jpg	L		00:00:00
24	http://161....	M		00:00:00
25	http://161....	H		00:00:00
26	http://161....	L		00:00:00
27	http://161....	M		00:00:00

หมายเหตุสถานะบริการ	หมายเลข IP	ระดับความหนาแน่น	หน่วย
- Edge Density Frame L	11,2593%		
- Edge Density Frame M	6.43497%		
- Edge Density Frame H	4.3277%		
เวลาที่ใช้ Update	47.7 วินาที		
เวลาที่ใช้ Update ล่าสุด	63.424 วินาที		
วันที่ Update ล่าสุด	14/03/2013		
เวลาที่ Update ล่าสุด	02:55:26		

ภาพที่ 4.24 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโปรแกรมบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

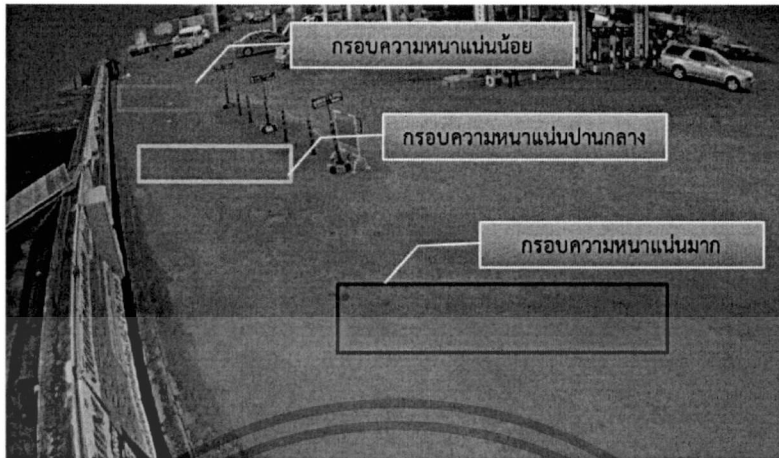
4.3.4.1 ส่วนกำหนดขอบเขตการตรวจสอบความหนาแน่น

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบจะต้องทำการกำหนดขอบเขตการตรวจสอบความหนาแน่นให้กับข้อมูลภาพที่ได้รับจากกล้องไอพี ณ สถานบริการแก๊สแต่ละที่ ดังแสดงในภาพที่ 4.25 และ 4.26 เพื่อนำขอบเขตดังกล่าวไปกำหนดขอบเขตข้อมูลภาพในการประมวลผลเป็นข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้งานที่สถานบริการแก๊ส โดยผู้ดูแลระบบสามารถเลือกข้อมูลภาพที่จะทำการกำหนดขอบเขตได้จากส่วนแสดง “หมายเลข IP Camera” เมื่อผู้ดูแลระบบเลือกหมายเลขกล้องไอพีที่ต้องการแล้ว ระบบจะทำการแสดงข้อมูลภาพของหมายเลขกล้องไอพีที่เลือกในส่วน “IP Camera View” จากนั้นให้ผู้ดูแลระบบทำการตีกรอบความหนาแน่นลงบนภาพทั้งหมด 3 กรอบ คือ กรอบความหนาแน่นน้อย กรอบความหนาแน่นปานกลาง และกรอบความหนาแน่นมาก ตามลำดับ โดยใช้เมาส์ (Mouse) ตีกรอบลงบนภาพ หลังจากนั้นค่าที่ได้การจากตีกรอบซึ่งเป็นขอบเขตบนรูปภาพแต่ละกรอบจะถูกแสดงเป็นตัวเลขในตารางส่วนแสดง “หมายเลข IP Camera” ซึ่งเป็นค่าที่เก็บลงในฐานข้อมูล

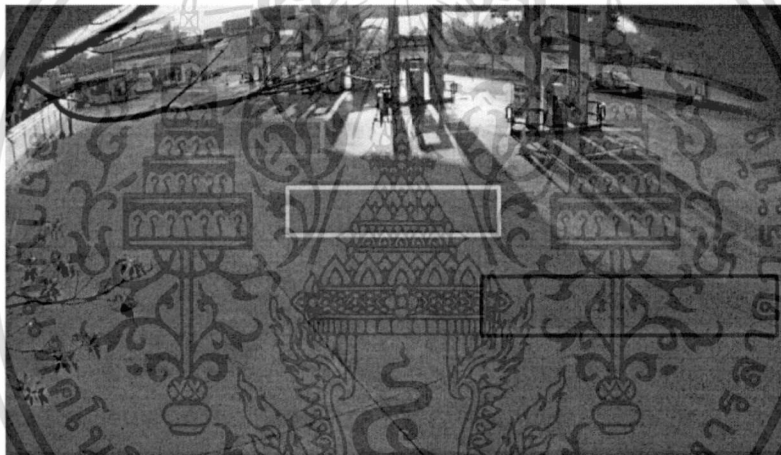
ตัวอย่างการตีกรอบความหนาแน่น

ผู้ดูแลระบบทำการตีกรอบความหนาแน่นเพื่อเลือกส่วนที่ต้องการนำมาใช้ประมวลผลเป็นข้อมูลความหนาแน่น ซึ่งมี 3 กรอบความหนาแน่น โดยจะแบ่งตามการวัดระดับความหนาแน่น ดังนี้

1. กรอบความหนาแน่นน้อย เพื่อวัดระดับความหนาแน่นในกรณีที่มีผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับน้อย
2. กรอบความหนาแน่นปานกลาง เพื่อวัดระดับความหนาแน่นในกรณีที่มีผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับปานกลาง
3. กรอบความหนาแน่นมาก เพื่อวัดระดับความหนาแน่นในกรณีที่มีผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สระดับมาก



ภาพที่ 4.25 ตัวอย่างการตีกรอบความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส แบบที่ 1



ภาพที่ 4.26 ตัวอย่างการตีกรอบความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส แบบที่ 2

4.3.4.2 ส่วนการตั้งค่าปรับปรุงข้อมูลในฐานข้อมูล

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบจะต้องทำการตั้งค่าในการปรับปรุงข้อมูลต่างๆ ในฐานข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลความหนาแน่น และข้อมูลระดับความติดขัดจากทราฟฟิ เป็นต้น โดยผู้ดูแลระบบสามารถเลือกข้อมูลที่ต้องการ Update ได้ และโปรแกรมจะทำการแสดงสถานะของการ Update ข้อมูล

4.3.5 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สบนเว็บไซต์

สำหรับการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สนั้น สามารถกระทำผ่านหน้าเว็บไซต์ โดยผู้ดูแลระบบเองหรือผู้ดูแลสถานบริการแก๊สที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล สำหรับผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบด้วย Email กับ Password ของตัวเองเพื่อเข้าไปจัดการข้อมูล แต่สำหรับผู้ดูแล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานบริการแก๊สที่ต้องการให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลต้องทำการสมัครสมาชิกก่อนเพื่อกำหนด Email และ Password เพื่อเข้าสู่ระบบ ดังภาพที่ 4.27

ภาพที่ 4.27 หน้าเว็บไซต์ในการเข้าสู่ระบบ

เมื่อผู้ใช้งานไม่ว่าจะเป็นผู้ดูแลระบบ หรือผู้ดูแลสถานบริการแก๊สเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้จัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส ดังภาพที่ 4.28

ลำดับ	หมายเลข IP Camera	ชื่อสถานบริการแก๊ส	แก้ไข	ลบ
1	http://181.246.6.202/video2.mjpg	เงินทิศากระบึง	Edit	Delete
2	a.mp4	บึงกรวยชัย	Edit	Delete
3	b.mp4	ลาดกระบึง	Edit	Delete
4	c.mp4	ไทย บุศย์	Edit	Delete
5	http://a.jpg	จ.บึงกระบัง	Edit	Delete

ภาพที่ 4.28 หน้าเว็บไซต์ในการจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส

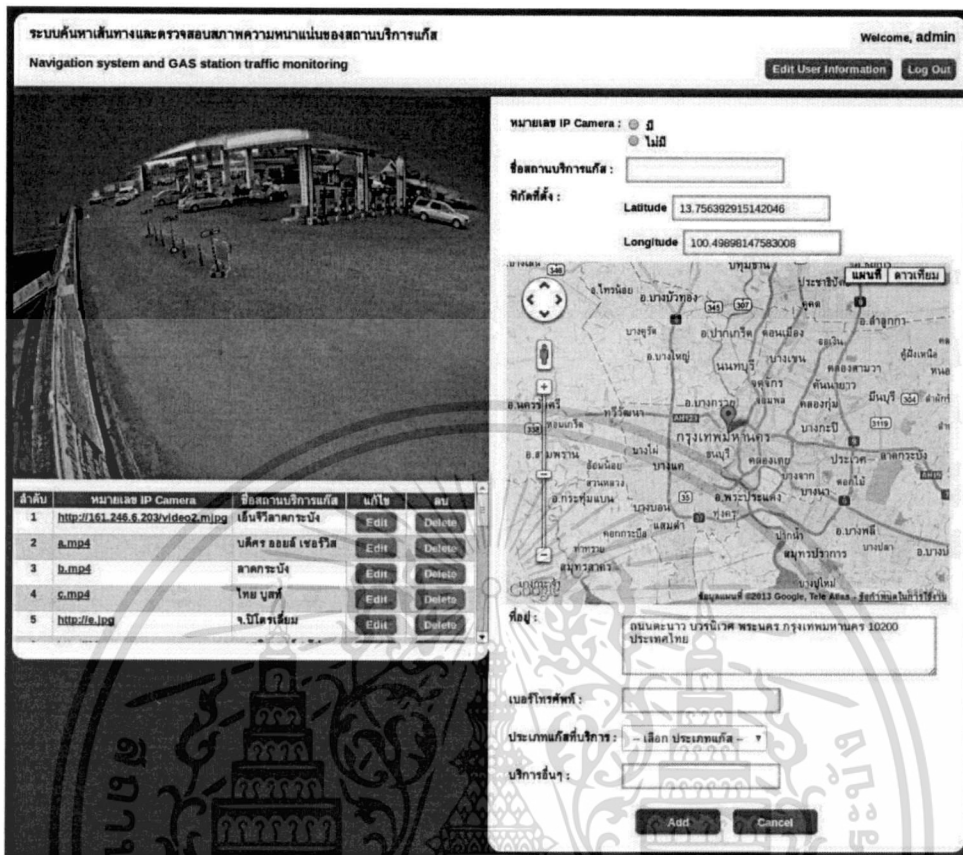
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.28 เป็นหน้าจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊ส โดยมีตารางด้านล่างเป็น รายการหมายเลขกล้องไอพีของสถานบริการแก๊ส ในกรณีที่ผู้ใช้งานเป็นผู้ดูแลระบบ ระบบจะแสดง รายการหมายเลขกล้องไอพีที่มีทั้งหมดในระบบ นอกจากนี้ในหน้าจัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สยังมี ฟังก์ชันการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลของสถานบริการแก๊สด้วยการกดปุ่ม “Add” แล้วกรอกรายละเอียดต่างๆ ของสถานบริการแก๊ส ซึ่งข้อมูลที่จำเป็น มีดังนี้

- หมายเลข IP Camera คือ หมายเลขที่ใช้สำหรับติดต่อกับกล้องไอพีเพื่อบริการแก๊ส โดยเมื่อป้อนหมายเลขกล้องไอพีระบบจะทำการตรวจสอบสถานะของกล้องและแสดงข้อมูลภาพให้เห็นทางด้านซ้ายมือของเว็บไซต์
- ชื่อสถานบริการแก๊ส คือ ชื่อที่ใช้ประจำสถานบริการแก๊ส
- ที่อยู่ คือ รายละเอียดที่บอกถึงที่ตั้งของสถานบริการแก๊ส
- พิกัดที่ตั้ง คือ ที่อยู่ทางภูมิศาสตร์ โดยสามารถหาได้จากการปักหมุดลงบนแผนที่ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานบริการแก๊ส
- เบอร์โทรศัพท์ คือ เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อเพื่อขอข้อมูลที่จำเป็นของสถานบริการแก๊สนั้นๆ ได้
- ประเภทแก๊สที่บริการ คือ ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่สถานบริการแก๊สให้บริการ เช่น LPG NGV เป็นต้น
- บริการอื่นๆ คือ บริการพิเศษอื่นๆ นอกเหนือจากบริการเติมแก๊สที่สถานบริการแก๊สให้บริการ เช่น ร้านอาหาร เป็นต้น

จากนั้นกดปุ่ม “Add” อีกครั้ง ดังภาพที่ 4.29

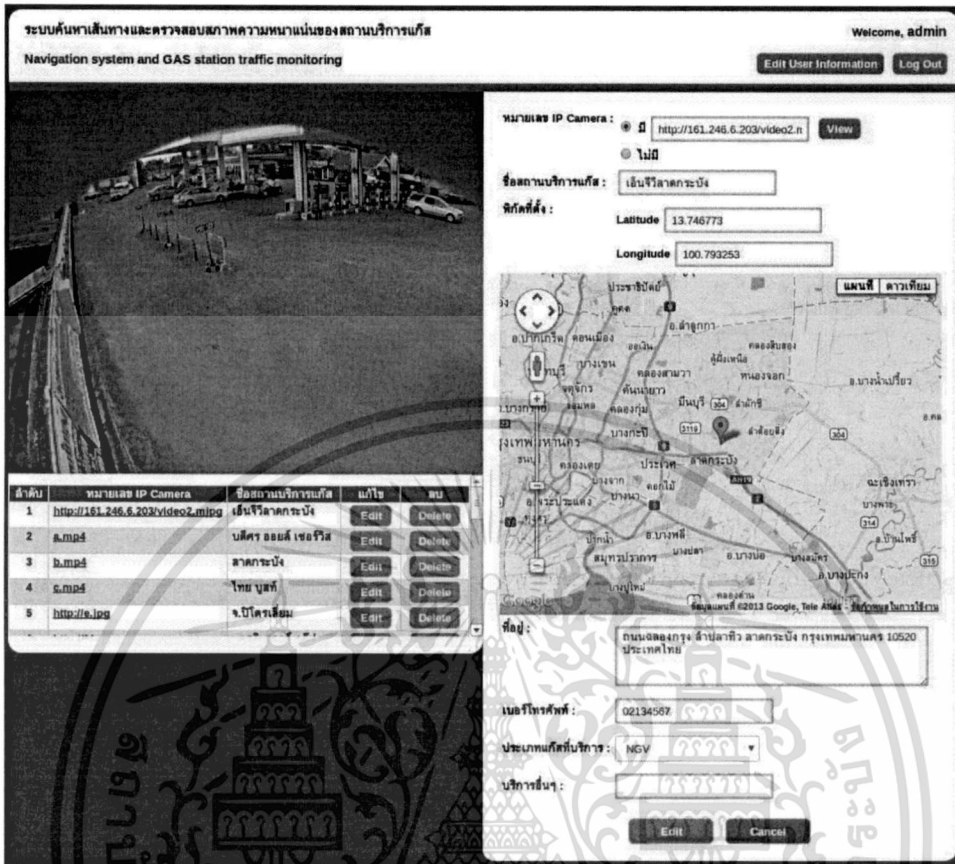


ภาพที่ 4.29 หน้าเว็บไซต์ในการเพิ่มข้อมูลสถานบริการแก๊ส

2. การแก้ไขข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยการกดปุ่ม “Edit” ที่แสดงอยู่ในตารางคอลัมน์การจัดการข้อมูล เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลของสถานบริการแก๊สแต่ละที่ โดยข้อมูลที่จะทำการแก้ไขจะแสดงอยู่ทางขวามือหลังจากกดปุ่ม และเมื่อผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้บันทึกข้อมูลด้วยการกดปุ่ม “Edit” ดังภาพที่ 4.30

ระบบค้นหาเส้นทางและตรวจสอบภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส
Navigation system and GAS station traffic monitoring

Welcome, admin
Edit User Information Log Out



ลำดับ	หมายเลข IP Camera	ชื่อสถานบริการแก๊ส	แก้ไข	ลบ
1	http://161.246.6.203/video2.mjpg	เอ็นจีเอสลาดกระบัง	Edit	Delete
2	g.mjpg	บัสเตอร์ ออยล์ เซอร์วิส	Edit	Delete
3	h.mjpg	ลาดกระบัง	Edit	Delete
4	g.mjpg	ไทย บัสส์	Edit	Delete
5	http://g.jpg	จ.บี.เค.อินเตอร์	Edit	Delete

หมายเลข IP Camera: มี
 ไม่มี

ชื่อสถานบริการแก๊ส:

พิกัดที่ตั้ง: Latitude
Longitude

ที่อยู่: ถนนตลิ่งชันฯ ตำบลลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

เบอร์โทรศัพท์:

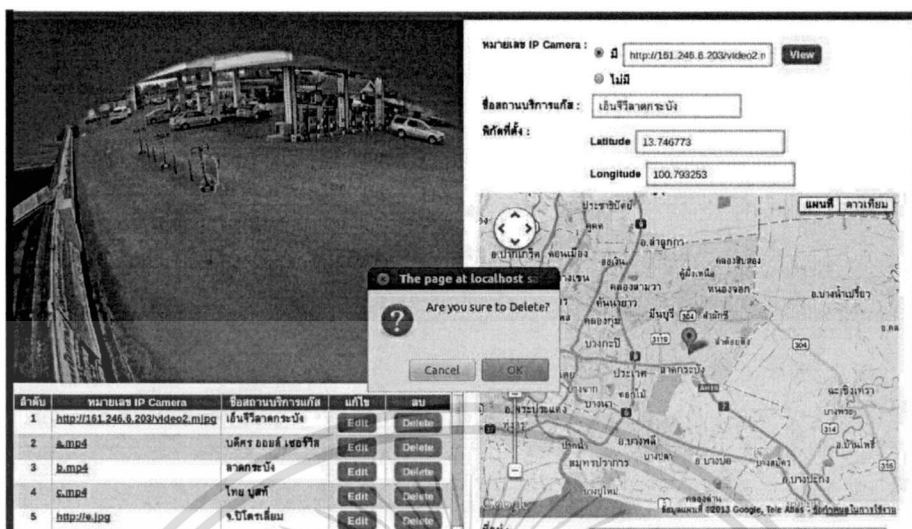
ประเภทสถานบริการ:

บริการอื่นๆ:

ภาพที่ 4.30 หน้าเว็บไซต์ในการแก้ไขข้อมูลสถานบริการแก๊ส

3. การลบข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถลบข้อมูลได้โดยการกดปุ่ม “Delete” ที่แสดงอยู่ในตารางคอลัมน์การจัดการข้อมูล เพื่อทำการลบข้อมูลของสถานบริการแก๊สแต่ละที่ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถลบข้อมูลได้ด้วยวิธีการกดปุ่ม “ตกลง” อีกครั้งเพื่อยืนยันการลบ ดังภาพที่ 4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.31 หน้าเว็บไซต์ในการลบข้อมูลสถานบริการแก๊ส

4.4 ระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจาก

ภาพถ่าย

สำหรับระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่ายนั้น จะใช้วิธี “การตรวจจับเส้นขอบภาพแบบไซเบล” และ “การติดตามยานพาหนะด้วยวิธีอาศัยกรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (Rule-based Vehicle Detection Window with Adaptive Parameters: RBA)” มาใช้ในการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊ส

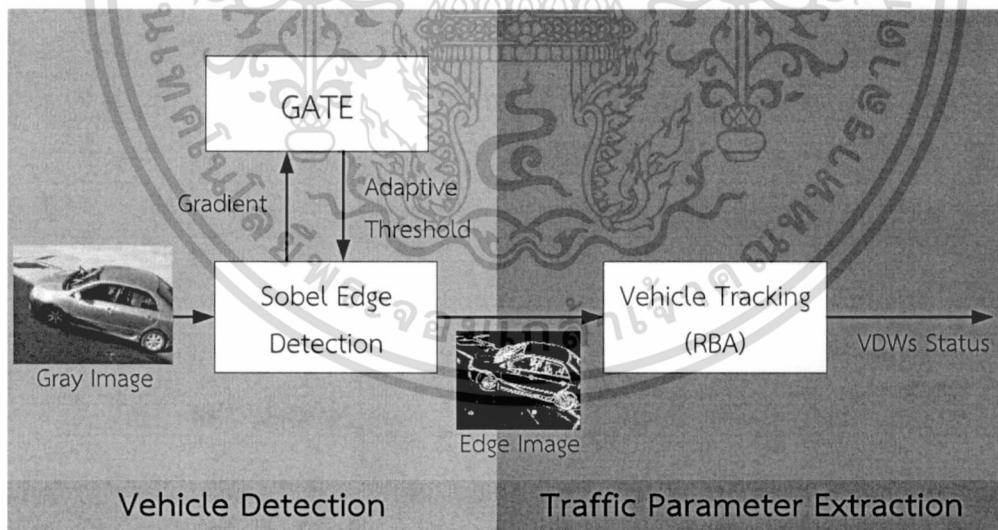
ระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะจากภาพถ่าย จะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญหลัก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการตรวจจับยานพาหนะเพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพถ่าย และ ขั้นตอนการติดตามยานพาหนะเพื่อดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพความหนาแน่นจากภาพผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนแรก เช่น ปริมาณยานพาหนะ ความหนาแน่นของยานพาหนะ เป็นต้น สำหรับระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่ายในงานวิจัยนี้ เป็นระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะที่อาศัยเทคนิคการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบไซเบล เพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง และเทคนิคกรอบหน้าต่างการตรวจจับเพื่อการติดตามและตรวจจับยานพาหนะเป็นหลัก เนื่องจากเทคนิคการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบไซเบลนั้นเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจจับยานพาหนะจากภาพถ่ายการจราจรภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนเทคนิคกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกเลือกใช้ควบคู่กันนั้นเป็นเทคนิคที่ไม่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพสูงสำหรับการติดตามและตรวจจับยานพาหนะที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับด้วยเทคนิคการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบโซเบล สำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะด้วยวิธีการของโซเบลในงานวิจัยนี้จะอาศัยค่าขีดแบ่งที่ได้จากอัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติตามสภาพแสงในภาพถ่าย (Gradient-based Adaptive Threshold Estimation: GATE) ส่วนการติดตามยานพาหนะในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีอาศัยกรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (Rule-based Vehicle Detection Window with Adaptive Parameters: RBA)

4.4.1 ภาพรวมของระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย

ระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ การตรวจจับยานพาหนะเพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง และการติดตามและตรวจจับยานพาหนะจากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนแรก ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 4.32



ภาพที่ 4.32 ภาพรวมของระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย

จากภาพที่ 4.32 ภาพถ่ายยานพาหนะในสถานบริการแก๊สที่เป็นภาพระดับเทา (Gray Image) จะถูกนำมาตรวจจับยานพาหนะด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Edge Detection) เพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง โดยอาศัยค่าขีดแบ่งที่ได้จากอัลกอริธึม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (GATE) หลังจากนั้นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนแรกนี้จะถูกส่งไปยังขั้นตอนถัดไป เพื่อติดตามและตรวจจ็บบานพาดในภาพถ่าย สำหรับวิธีการติดตามและตรวจจ็บบานพาดในงานวิจัยนี้ จะใช้วิธีการติดตามและตรวจจ็บบานพาดด้วยวิธีการใช้กรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาดร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาด (RBA)

รายละเอียดและขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของอัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (GATE) อัลกอริธึมการติดตามและตรวจจ็บบานพาดแบบอาศัยกรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาดร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาด (RBA) นั้นจะมีรายละเอียดโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 4.4.2 และ 4.4.3 ตามลำดับ

4.4.2 อัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (Gradient-based Adaptive Threshold Estimation: GATE) สำหรับการตรวจจ็บบานพาดของยานพาหนะแบบไซเบล

การเลือกค่าขีดแบ่งสำหรับการตรวจจ็บบานพาดด้วยวิธีการของไซเบลนั้น เป็นส่วนที่สำคัญยิ่งต่อความสำเร็จของเส้นขอบภาพของยานพาหนะและปริมาณจุดรบกวนที่จะเกิดขึ้นในภาพผลลัพธ์ ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมจะส่งผลให้เส้นขอบภาพของยานพาหนะมีความสมบูรณ์มากและปรากฏจุดรบกวนในภาพผลลัพธ์ปริมาณน้อย แต่ในทางกลับกันค่าขีดแบ่งที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เส้นขอบภาพของยานพาหนะในภาพผลลัพธ์ไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดจุดรบกวนในภาพผลลัพธ์จำนวนมากอีกด้วย จากผลการทดลองเพื่อวิเคราะห์ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจ็บบานพาดของยานพาหนะในสภาวะแสงที่แตกต่างกันที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 5.4.2 พบว่าภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงที่แตกต่างกันนั้น นอกจากจะมีความคมชัดและค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Gradient) ที่แตกต่างกันแล้วยังต้องการค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจ็บบานพาดของยานพาหนะที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าค่าผลรวมค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอน ($\max(|g_v| + |g_h|)$) สามารถบ่งบอกลักษณะหรือสภาวะแสงในภาพถ่ายได้ว่าเป็นภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงสลัว แสงปานกลาง หรือแสงจ้า โดยภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงสลัวจะมีค่า $\max(|g_v| + |g_h|)$ น้อยกว่า 550 ภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงปานกลางจะมีค่า $\max(|g_v| + |g_h|)$ อยู่ในช่วง [550-700] และภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงจ้าจะมีค่า $\max(|g_v| + |g_h|)$ มากกว่า 700 ตามลำดับ ส่วนค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจ็บบานพาดของยานพาหนะจากภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงสลัว แสงปานกลาง และแสงจ้า ครมามีค่าเป็น 200 250 และ 300 ตามลำดับ แต่เนื่องจากบางครั้งค่า $\max(|g_v| + |g_h|)$ ของภาพถ่าย

การจราจรในสภาวะแสงสว่างอาจมีค่าสูงผิดปกติ จนกระทั่งอาจมีค่าอยู่ในช่วงของภาพถ่ายการจราจรในสภาวะแสงปานกลาง ดังนั้นการพิจารณาค่า $\max(|gv|+|gh|)$ ที่ได้จากภาพถ่ายเพียงเฟรมเดียว อาจไม่สามารถบ่งบอกถึงสภาวะแสงในภาพถ่ายที่แท้จริงได้ ด้วยเหตุนี้เองการพิจารณาค่าเฉลี่ย $\max(|gv|+|gh|)$ ของเฟรมปัจจุบันร่วมกับเฟรมข้างเคียงเพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอน (AMG: Average Maximum Gradient) จึงถูกประยุกต์ใช้เพื่อการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะจากภาพถ่ายในสภาวะแสงต่างๆ ของอัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (GATE) ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$threshold = 200 + 50 \left(\frac{AMG - 400}{150} \right) \quad (4.1)$$

AMG (Average Maximum Gradient) คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอนซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 4.2

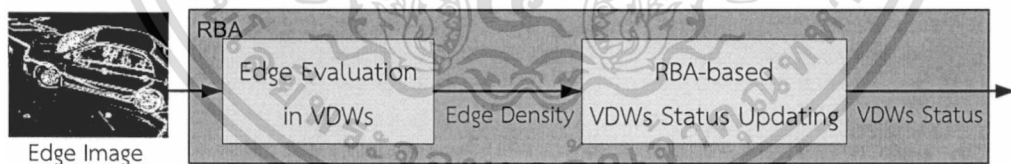
$$AMG(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \max(|gv(x-i)| + |gh(x-i)|) \quad (4.2)$$

โดยที่ x คือ หมายเลขเฟรมที่ต้องการพิจารณา
 $gv(x)$ คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งของเฟรมหมายเลข x
 $gh(x)$ คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนนอนของเฟรมหมายเลข x
 N คือ จำนวนเฟรมเฉลี่ย

สำหรับจำนวนเฟรมเฉลี่ย (N) ที่ใช้เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอนสำหรับงานวิจัยนี้ ควรมีค่าเท่ากับ 1 เฟรม เนื่องจากเป็นค่าจำนวนเฟรมเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุด

4.4.3 การติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยอัลกอริธึมการติดตามและตรวจจับยานพาหนะแบบอาศัยกรอบหน้าต่างการตรวจจับร่วมกับกฎการพิจารณาและค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (Rule-based Vehicle Detection Window with Adaptive Parameters: RBA)

การติดตามและตรวจนับยานพาหนะด้วยอัลกอริธึม RBA โดยทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่สำคัญ 3 ขั้นตอน โดยมีขั้นตอนแรก คือ การคำนวณค่าปริมาณเส้นขอบภาพเฉพาะที่อยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (Edge Evaluation in Vehicle Detection Windows : Edge Evaluation in VDWs) ขั้นตอนที่สอง คือ การพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (RBA-based VDWs Status Updating) โดยการเปรียบเทียบปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับกับค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (ค่าขอบเขต : Bound) ส่วนขั้นตอนสุดท้าย คือ การติดตามและตรวจจับยานพาหนะจากค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับสำหรับอัลกอริธึม RBA (RBA Vehicle Counting and Tracking) แต่โครงสร้างของอัลกอริธึม RBA ที่นำมาใช้งานในงานวิจัยนี้จะใช้เพียง 2 ขั้นตอน โดยมีโครงสร้างและลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 4.33 ขั้นตอนแรกคือ คือ การคำนวณค่าปริมาณเส้นขอบภาพเฉพาะที่อยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ และขั้นตอนที่สองคือการพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ เพื่อตรวจจับยานพาหนะและเก็บค่าสถานะของแต่ละกรอบหน้าต่างการตรวจจับแต่ละกรอบ



ภาพที่ 4.33 โครงสร้างของอัลกอริธึม RBA ที่นำมาใช้งาน

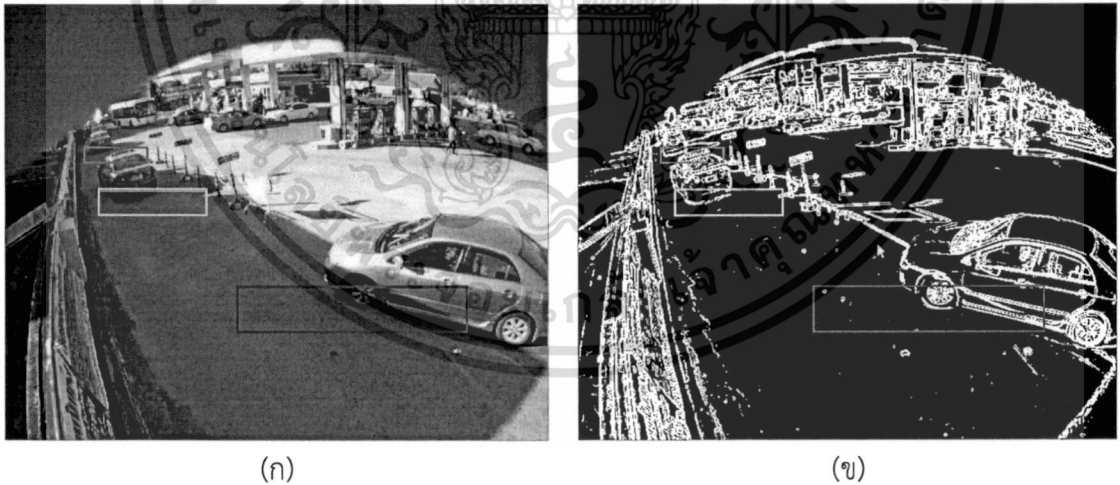
4.4.3.1 การคำนวณค่าปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (VDWs Edge Evaluation)

สำหรับการติดตามและตรวจจับยานพาหนะ จะอาศัยกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (VDWs: Vehicle Detection Windows) ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 4.34 ทั้งนี้เพื่อความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการตรวจจับยานพาหนะจากภาพถ่ายยานพาหนะบริเวณสถานบริการแก๊สแห่งต่างๆ ซึ่งมักจะมีขนาด และตำแหน่งที่แตกต่างกัน กรอบหน้าต่างการตรวจจับแต่ละกรอบจะใช้สำหรับการตรวจจับยานพาหนะในแต่ละระดับความหนาแน่น เช่น กรอบ

ความหนาแน่นน้อย (กรอบสีเขียว) กรอบความหนาแน่นปานกลาง (กรอบสีเหลือง) และกรอบความหนาแน่นมาก (กรอบสีแดง) ขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับแต่ละกรอบควรมีความยาวครอบคลุมความกว้างของช่องทางเดินรถในภาพถ่าย และความกว้างประมาณ 2 ใน 5 ของความยาวของยานพาหนะขนาดกลางที่ปรากฏในภาพถ่าย เช่น รถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ เป็นต้น ดังนั้นปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (E_{vdw}) จึงหมายถึงผลรวมของพิกเซลสีขาวทั้งหมดเฉพาะที่อยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ ($E(i)$) ถ้าเส้นขอบภาพในภาพผลลัพธ์จากการตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบลถูกแทนด้วยพิกเซลสีขาว และส่วนที่ไม่ใช่เส้นขอบภาพถูกแทนด้วยพิกเซลสีดำดังแสดงในภาพที่ 4.34 (ข) แล้วปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.3

$$E_{vdw} = \sum_{i=1}^{i=n} E(i) \quad (4.3)$$

โดยที่ n คือ จำนวนพิกเซลรวมของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ
 $E(i)$ คือ พิกเซลในกรอบหน้าต่างการตรวจจับตำแหน่งที่ i



ภาพที่ 4.34 ตัวอย่างกรอบหน้าต่างการตรวจจับยานพาหนะที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้

หลังจากที่ได้คำนวณหาปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับจากภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำค่าปริมาณเส้นขอบภาพที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเปรียบเทียบอ้างอิงสำหรับการพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ เพื่อพิจารณาว่า ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะนั้นมียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับหรือไม่ โดยรายละเอียดของการพิจารณาค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะพิจารณาจากปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ ซึ่งจะได้กล่าวถึงโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป

4.4.3.2 การพิจารณาค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับของอัลกอริธึม RBA (RBA-based VDWs Status Updating)

ค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (S_{vdw}) สำหรับอัลกอริธึม RBA จะเป็นตัวบ่งชี้ว่ามียานพาหนะปรากฏอยู่ในหน้าต่างการตรวจจับหรือไม่ ซึ่งค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ (E_{vdw}) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 4.3 ในหัวข้อ 4.4.3.1 กับค่าเปรียบเทียบอ้างอิงสำหรับการพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการจับคือ ค่าขอบเขต (Bound) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับ การเลือกใช้ค่าเปรียบเทียบอ้างอิงที่แปรผันตามขนาดของกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะส่งผลให้อัลกอริธึม RBA มีความยืดหยุ่นและคงประสิทธิภาพไว้ในระดับที่สม่ำเสมอ แม้ขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานจะมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแตกต่างจากการใช้ค่าเปรียบเทียบอ้างอิงแบบคงที่ ที่ไม่มีความยืดหยุ่นต่อการพิจารณาค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน (ซึ่งมักจะมีขนาดไม่คงที่) ทั้งนี้ค่าขอบเขตจะถูกใช้เพื่อพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับว่า มียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับหรือไม่ กล่าวคือ ถ้าปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับมีค่ามากกว่าค่าขอบเขตแล้ว แสดงว่าขณะนั้นมียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ และให้แทนค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับด้วย 1 แต่ถ้าปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับมีค่าน้อยกว่าค่าขอบเขต แสดงว่าในขณะนั้นไม่มียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ และให้กำหนดค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับเป็น 0 ดังสมการที่ 4.4

$$S_{vdw}(i) = \begin{cases} 1 & Bound < E_{vdw}(i) \\ 0 & Otherwise \end{cases} \quad (4.4)$$

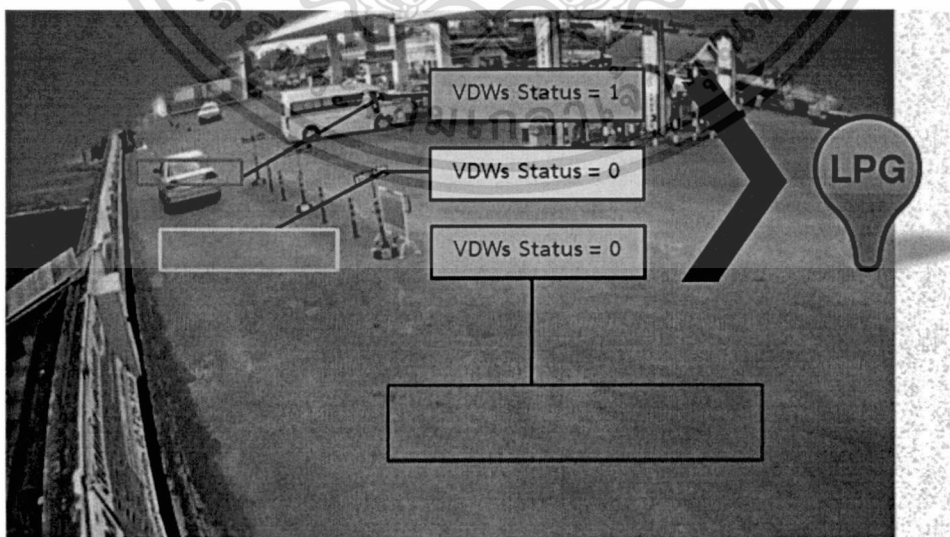
โดยที่ S_{vdw} คือ ค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ i
 $E_{vdw}(i)$ คือ ค่าปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับ i
 $Bound$ คือ ค่าขอบเขต

จากสมการที่ 4.4 Bound คือ ค่าขอบเขตที่มีค่าเท่ากับ 3.5% ของขนาดกรอบหน้าต่างตรวจจับ ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าเปรียบเทียบอ้างอิงสำหรับการพิจารณาค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ได้จากการทดลองเพื่อวิเคราะห์ค่าขอบเขตที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาสถานะกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.4.4

หลังจากได้ค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับมาพิจารณาค่าระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส ซึ่งมีรายละเอียดดังจะกล่าวในหัวข้อ 4.4.4

4.4.4 การพิจารณาค่าระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส

หลังจากที่ได้ค่าสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับแต่ละกรอบแล้ว จะนำข้อมูลสถานะของแต่ละกรอบหน้าต่างไปประมวลผลร่วมกัน เป็นข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส เพื่อบันทึกลงฐานข้อมูลของระบบและนำไปแสดงเป็นสัญลักษณ์บนแอปพลิเคชัน แสดงการยกตัวอย่างการคำนวณข้อมูลระดับความหนาแน่นจากสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับ ดังภาพที่ 4.35 แสดงกรณีที่กรอบความหนาแน่นน้อยมีสถานะเป็น 1 กรอบความหนาแน่นปานกลางมีสถานะเป็น 0 กรอบความหนาแน่นมากมีสถานะเป็น 0 จะสามารถคำนวณเป็นข้อมูลระดับความหนาแน่นได้เป็นความหนาแน่นระดับน้อย ซึ่งข้อมูลระดับความหนาแน่นที่คำนวณได้จะบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบ และเมื่อแอปพลิเคชันเรียกใช้งานก็จะแสดงเป็นหมุดสีเขียวในแผนที่บนแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 4.35 ตัวอย่างการคำนวณข้อมูลระดับความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การใช้ข้อมูลระดับความติดขัดจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร (Traffy) เพื่อการตรวจสอบระดับความติดขัดของเส้นทาง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำข้อมูลระดับความติดขัดจากทราฟฟี่ มาใช้เพื่อการตรวจสอบระดับความติดขัดของเส้นทาง หลังจากที่ทำการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางแต่ละแห่งด้วยเอพีไอของแผนที่กูเกิล ซึ่งแผนที่กูเกิลจะให้ข้อมูลเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังสถานบริการแก๊สปลายทางกลับมาในรูปแบบพิกัดเส้นทาง ซึ่งตัวอย่างข้อมูลเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิลในรูปของแผนที่และข้อมูลแบบเจสัน แสดงดังภาพที่ 4.36 – 4.37 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.36 แสดงตัวอย่างเส้นทางที่ได้รับจากแผนที่กูเกิลจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342)

```
[{"lat":13.75776,"lng":100.5346}, {"lat":13.75781,"lng":100.53439}, {"lat":13.7575,"lng":100.53422}, {"lat":13.75732,"lng":100.53412}, {"lat":13.75682,"lng":100.53384}, {"lat":13.75522,"lng":100.53295}, {"lat":13.75392,"lng":100.53222}, {"lat":13.7537,"lng":100.53209}, {"lat":13.75339,"lng":100.53203}, {"lat":13.75323,"lng":100.53203}, {"lat":13.75308,"lng":100.53244}, {"lat":13.75287,"lng":100.53302}, {"lat":13.75261,"lng":100.53374}, {"lat":13.75226,"lng":100.53454}, {"lat":13.75211,"lng":100.53495}, {"lat":13.75191,"lng":100.53547}, {"lat":13.75131,"lng":100.53718}, {"lat":13.7509,"lng":100.53837}, {"lat":13.7508,"lng":100.53862}, {"lat":13.75075,"lng":100.53892}, {"lat":13.75064,"lng":100.53925}, {"lat":13.75019,"lng":100.54056}, {"lat":13.75017,"lng":100.54073}, {"lat":13.75017,"lng":100.54086}, {"lat":13.75025,"lng":100.54107}, {"lat":13.75035,"lng":100.54111}, {"lat":13.75082,"lng":100.5412}, {"lat":13.75112,"lng":100.54127}, {"lat":13.75163,"lng":100.54138}, {"lat":13.752,"lng":100.54145}, {"lat":13.75238,"lng":100.54154}, {"lat":13.75254,"lng":100.54157}, {"lat":13.7528,"lng":100.54163}, {"lat":13.75388,"lng":100.54189}, {"lat":13.75498,"lng":100.54215}, {"lat":13.75552,"lng":100.54229}]
```

ภาพที่ 4.37 แสดงตัวอย่างข้อมูลเส้นทางที่ได้รับจากแผนที่กูเกิลในฟอร์แมตข้อมูลแบบเจสันจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างข้อมูลเส้นทางที่ได้รับจากแผนที่กูเกิล จะเห็นได้ว่าลักษณะของข้อมูลจะเป็น พิกัดจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางซึ่งสามารถทำการแบ่งพิกัดที่ได้รับออกเป็นช่วงๆ ได้ โดยการจับคู่พิกัดจากพิกัดต้นทางไปยังพิกัดถัดไป และจากพิกัดไปไปยังพิกัดต่อๆ ไปได้ ทั้งนี้เพื่อนำ พิกัดแต่ละช่วงไปทำการเทียบหาระดับความติดขัดของแต่ละช่วงถนน โดยข้อมูลที่จะนำมาเทียบนั้น เป็นข้อมูลจากทราฟฟี่ ซึ่งประกอบด้วยเอพีไอข้อมูล ดังนี้

4.5.1 ข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน (getTrafficCongestion)

ข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนนเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบสภาพ การจราจรในแต่ละถนนภายในกรุงเทพมหานคร โดยมีลักษณะข้อมูล ดังภาพที่ 4.38

link_id	status	lastupdate
101	L	2013-03-07 23:36:00
102	L	2013-03-07 23:36:00
103	L	2013-03-07 23:36:00
104	L	2013-03-07 23:36:00
105	L	2013-03-07 23:36:00

ภาพที่ 4.38 แสดงตัวอย่างข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน

จากภาพที่ 4.38 จะเห็นว่าข้อมูลระดับความติดขัดของแต่ละถนนจากทราฟฟี่ บอกแค่เพียงหมายเลขประจำช่วงถนน (link_id) ระดับความติดขัดของช่วงถนน (status) และวัน เวลาปรับปรุงข้อมูลล่าสุด (lastupdate) เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้เทียบกับช่วงถนนที่ได้จาก แผนที่กูเกิลได้ ดังนั้นจึงต้องนำหมายเลขประจำช่วงถนนไปหารายละเอียดของถนนด้วยเอพีไอข้อมูล ถนนในกรุงเทพและปริมณฑล

4.5.2 ข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑล (getLinkALLInfo)

ข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑลเป็นข้อมูลที่ให้รายละเอียดหมายเลขประจำ ช่วงถนนที่ได้จากข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน โดยมีลักษณะข้อมูล ดังภาพที่ 4.39

name_road	name_start	start_node_id	lat1	lng1	name_end	end_node_id	lat2	lng2	mk_id	length
ถนนศรีอยุธยา	แยกทญาโท		13.75788	100.53455	มิถุนายน(หนองเหล็ก)		13.75608	100.54222	101	853.12008033423
ถนนทญาโท	แยกทญาโท		13.75776	100.53437	แยกทรายเพ็		13.75345	100.53196	102	543.393865139458
ถนนศรีอยุธยา	แยกทญาโท		13.75811	100.53377	แยกสวนฝั		13.76166	100.52588	103	944.65749630793
ถนนพระราม 6	แยกศรีอยุธยา		13.76152	100.52569	แยกอุทพงษ์		13.75633	100.52377	104	610.557004296792
ถนนศรีอยุธยา	แยกศรีอยุธยา		13.76183	100.52547	แยกสวนฝั		13.76293	100.52299	105	294.499189624966
ถนนดินแดง	แยกดินแดง		13.76379	100.54855	แยกโสมสแตมทะเล		13.75618	100.56469	106	2040.13340898133
ถนนราวี	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ		13.76453	100.53926	แยกสวนเทียมดินแดง		13.76313	100.54243	107	378.486254758469
ถนนทญาโท	ถนนรางน้ำ		13.76392	100.53378	แยกทญาโท		13.75805	100.53453	108	739.435194135653
ถนนราวี	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ		13.76527	100.53736	แยกคึกขั		13.7691	100.52894	109	1004.26296109556
ถนนพระราม 6	แยกคึกขั		13.769	100.52877	แยกศรีอยุธยา		13.76201	100.52589	110	833.853828230481
ถนนราวี	แยกคึกขั		13.76923	100.52862	แยกอุทัยเกษมฤทิส		13.77042	100.52593	111	319.285070271661
ถนนสุทธิสาร	แยกสุทธิสาร		13.78934	100.56195	แยกรัตนา-สุทธิสาร		13.78975	100.57398	113	1303.958259564628
ถนนวิภาวดีรังสิต	แยกสุทธิสาร		13.78937	100.56127	แยกลาดพร้าว		13.81104	100.55916	114	2415.04691471212
ถนนสุทธิสาร	แยกสะพานควาย		13.78979	100.54848	แยกสุทธิสาร		13.78931	100.56117	115	1424.34726434324
ถนนพระราม 6	ประดิพัทธ์		13.79177	100.53378	แยกคึกขั		13.76936	100.52891	118	2664.41430021724
ถนนประดิพัทธ์	พระราม 6		13.7919	100.53778	แยกเทอดศำรินทร์		13.79242	100.53517	119	288.007655791233
ถนนพระราม 6	ประดิพัทธ์		13.79201	100.53789	กำแพงนคร		13.79693	100.53843	120	570.984169329607

ภาพที่ 4.39 แสดงตัวอย่างข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑล

จากภาพที่ 4.39 จะเห็นว่าข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑลจะให้รายละเอียดที่สำคัญคือ พิกัดจุดจุดเริ่มต้นของช่วงถนน (lat1, lng1) พิกัดจุดสิ้นสุดของช่วงถนน (lat2, lng2) และชื่อของช่วงถนน (name_road) ของแต่ละหมายเลขประจำช่วงถนน แต่ทั้งนี้ก็ยังไม่เพียงพอการนำไปใช้เทียบกับช่วงถนนที่ได้จากแผนที่กูเกิล เนื่องจากยังให้รายละเอียดเกี่ยวกับถนนไม่มากพอ ทำให้เวลานำช่วงถนนที่ได้จากแผนที่กูเกิลมาเทียบหาระดับความติดขัดอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับถนนที่ได้ไปหารายละเอียดของช่วงถนนย่อยๆ ก่อนโดยใช้ไอพีไอค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน

4.5.3 ค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน (getLinkInfo)

ข้อมูลที่ได้จากการค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนนจะเป็นข้อมูลที่ให้รายละเอียดของช่วงถนนต่างๆ ได้อย่างละเอียด โดยมีลักษณะข้อมูลดังภาพที่ 4.40

link_id	name(en)	name(th)	length(m)	start_node	end_node
418993	YOTHATHIKAN PHAYAO BAN RONG MAET-BAN PANG MOT DAENG RD.	ถนนโยธาธิการ พย. บ้านร่องเมต-บ้านปางแดง	7595.45614657000	19.4634592092282, 100.142706183674	19.5210934942728, 100.159129096383
234101	YOTHATHIKAN PHAYAO 2071 RD. (ENTRANCE MAE YIAN WATERFALL)	ถนนโยธาธิการ พย. 2071 (ทางเข้าป่าดกแม่เหี้ยยน)	6454.38344954000	19.2970413441068, 99.7567999877394	19.2850865499018, 99.8123513339929
419429	PHAYAO 4018 RURAL RD.	ทางหลวงชนบท พย. 4018	5659.81700893000	19.568833245174, 100.209122371982	19.5397252429664, 100.249277321601
423613	YOTHATHIKAN PHAYAO BAN HUAI LAN-BAN NOEN SOMBUN RD.	ถนนโยธาธิการ พย. บ้านห้วยลาน-บ้านเนินสมบุรณ์	5462.48259789000	19.4368751689742, 100.009494132154	19.3995205579678, 100.034986213429
546766	PHAYAO 4012 RURAL RD.	ทางหลวงชนบท พย. 4012	5293.71799861000	19.5313867114964, 100.155012740706	19.5331164418651, 100.110720893032
424003	PHAYAO 4020 RURAL RD.	ทางหลวงชนบท พย. 4020	5059.36803744000	19.369575505356, 100.412840518554	19.3826135757536, 100.445080069959
232826	O BO CHO PHAYAO 3086 RD. (BAN SALAENG-BAN THUNGIO)	ถนนอบร. พย. 3086 (บ้านแสลง-บ้านทุ่งเต๋)	4995.33680567000	19.6396340757651, 100.292843014955	19.6502162925149, 100.334323346232

ภาพที่ 4.40 แสดงตัวอย่างข้อมูลจากการค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน

จากภาพที่ 4.40 จะเห็นได้ว่าข้อมูลจากการค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนนจะมีรายละเอียดของช่วงถนนที่มาก แต่มีหมายเลขประจำช่วงถนนไม่ตรงกับเอพีไอข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนน ทำให้ไม่สามารถนำช่วงถนนที่ได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิดมาเทียบกันโดยตรงได้ ดังนั้นจึงต้องทำการนำข้อมูลที่ได้จากเอพีไอข้อมูลถนนในกรุงเทพและปริมณฑลมาเทียบกับช่วงถนนที่ได้จากเอพีไอค้นหาข้อมูลโดยระบุชื่อถนน โดยเทียบข้อมูลชื่อถนน ทิศทางของช่วงถนน(หาได้จากพิกัดต้นทางและปลายทางของถนน) และระยะห่างของช่วงถนน ดังจะได้กล่าวเป็นลำดับถัดไป

จากนั้น เมื่อได้ข้อมูลช่วงถนนที่มีความละเอียดมากพอ ก็จะสามารถนำช่วงถนนที่ได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิดมาเทียบหาหมายเลขประจำช่วงถนน เพื่อนำหมายเลขประจำช่วงถนนไปใช้ในการเทียบหาระดับความติดขัดจากเอพีไอข้อมูลระดับความติดขัดแต่ละถนนได้ สำหรับวิธีการเทียบข้อมูลช่วงถนนที่ได้จากกราฟฟี่ กับช่วงถนนที่ได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิดนั้นสามารถเทียบกันได้ด้วยข้อมูล ดังนี้

1. ระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ของทั้งจุดเริ่มต้นของช่วงถนนและจุดสิ้นสุดของช่วงถนน ระหว่างช่วงถนนของกราฟฟี่ และช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิด ซึ่งการหาระยะทางระหว่างจุดพิกัด 2 จุด ในหน่วยกิโลเมตร สามารถหาได้โดยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ 4.5

$$Distance = (6371 \times \text{acos}(\cos(\text{radians}(lat1)) \times \cos(\text{radians}(lat2)) \times \cos(\text{radians}(lng2) - \text{radians}(lng1)) + \sin(\text{radians}(lat1)) \times \sin(\text{radians}(lat2)))) \quad (4.5)$$

2. ทิศทางของช่วงถนน ระหว่างช่วงถนนของกราฟฟี่ และช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิด ซึ่งการหาทิศทางระหว่างจุดพิกัด 2 จุด ในหน่วยองศา สามารถหาได้โดยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ 4.6

$$Bearing = (\text{rad2deg}(\text{atan2}(\sin(\text{deg2rad}(lng2) - \text{deg2rad}(lng1)) \times \cos(\text{deg2rad}(lat2)), \cos(\text{deg2rad}(lat1)) \times \sin(\text{deg2rad}(lat2)) - \sin(\text{deg2rad}(lat1)) \times \cos(\text{deg2rad}(lat2))) \times \cos(\text{deg2rad}(lng2) - \text{deg2rad}(lng1)))) + 360) \% 360 \quad (4.6)$$

โดยทำการกำหนดขอบเขตในการเทียบช่วงถนนไว้ดังนี้

1. ช่วงถนนที่ได้จากกราฟฟี่ ต้องมีระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ของจุดต้นทางของช่วงถนนหรือจุดปลายทางของช่วงถนน จุดใดจุดหนึ่งไม่เกินกว่า 100 เมตร กับช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิด และต้องเป็นช่วงถนนที่อยู่ใกล้กับช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่ที่ถูกละเมิดมากที่สุด

2. ทิศทางของช่วงถนนที่ได้จากกราฟพี ต้องมีทิศทางคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 องศา กับช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่กูเกิล และต้องเป็นช่วงถนนที่มีทิศทางใกล้เคียงกับช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่กูเกิลมากที่สุด
3. หากช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่กูเกิลบางช่วงไม่ตรงกับช่วงถนนของกราฟพี ให้ใช้ข้อมูลระดับความตีดของถนนของช่วงถนนก่อนหน้าแทน แต่ถ้าช่วงถนนที่ค้นหาได้จากแผนที่กูเกิลไม่ตรงกับช่วงถนนของกราฟพีเลยตั้งแต่ต้นทาง ให้ใช้ข้อมูลระดับความตีดระดับปานกลางหรือระดับ 2 แทน ดังภาพที่ 4.41

```
Traffic
1). (13.75757,100.534535)(13.75776,100.5346)_dir = 18 -> node[8779_ถนนพญา
ไท_0.043201402352023535_9 (13.7574666755004,100.534053083395)(13.7578561226538,100.534264403826)] -> link[2416_M]
-> Level = 2
2). (13.75776,100.5346)(13.75781,100.53439)_dir = 283 -> node[16072_ถนนศรี
อยุธยา_0.023552565402206058_2 (13.7576918017966,100.53488331729)(13.7578211590573,100.534391217574)] ->
link[1016_L] -> Level = 1
.
.
. 35). (13.75388,100.54189)(13.75498,100.54215)_dir = 12 -> link[_,_] -> Level = 2
36). (13.75498,100.54215)(13.75552,100.54229)_dir = 14 -> node[5912_ถนนราช
ปรารถนา_0.010720965480363921_1 (13.7548841472955,100.542139281593)(13.755332072335,100.542246187667)] ->
link[1505_M] -> Level = 2
```

ภาพที่ 4.41 แสดงตัวอย่างผลการหาระดับความตีดขั้ของแต่ละช่วงถนนจากตำแหน่งต้นทาง (13.75757, 100.534535) ไปยังตำแหน่งปลายทาง (13.755687, 100.542342)

4.6 อัลกอริทึมในการเลือกสถานบริการแก๊สและเส้นทางที่เหมาะสม

เนื่องจากในการเลือกสถานบริการแก๊สและเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อไปยังสถานบริการแก๊สนั้น ต้องใช้ข้อมูล 3 อย่างมาร่ว้พิจารณา ซึ่งได้แก่

1. ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส (x_d)
2. ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง (x_i)
3. ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง (x_n)

ซึ่งอัลกอริทึมที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกสถานบริการแก๊สและเส้นทางที่เหมาะสมนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการตามทฤษฎี ค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนัก (Weighted Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 4.7

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4.7)$$

โดยที่ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูล x_i

ซึ่งจะนำข้อมูลทั้ง 3 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยการนำข้อมูลแต่ละตัวมาถ่วงน้ำหนัก แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะได้เป็นค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง จะได้สมการดังที่ 4.8

$$\bar{X} = \frac{w_d x_d + w_i x_i + w_n x_n}{w_d + w_i + w_n} \quad (4.8)$$

โดยที่ \bar{X} คือ ค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

w_d คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส (x_d)

w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง (x_i)

w_n คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลระยะทางของเส้นทาง (x_n)

ทั้งนี้ก่อนที่จะนำข้อมูล x_d , x_i , x_n มาคำนวณ ต้องปรับข้อมูลให้อยู่ในสเกลเดียวกัน เพื่อให้เกิดการถ่วงน้ำหนักที่ยุติธรรม โดยการปรับข้อมูลทั้ง 3 ข้อมูล ให้อยู่ในช่วง 1 ถึง 3 ดังนี้

1. ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส (x_d) ทำการปรับข้อมูลจากเดิมที่เป็นข้อมูล L, M, H ให้เป็นข้อมูล 1, 2, 3 ตามลำดับ
2. ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง (x_i) เนื่องจากภายใน 1 เส้นทางนั้นประกอบด้วยหลายช่วงถนน ในแต่ละช่วงถนนก็จะมีระดับสภาพจราจรที่ได้มาไม่เท่ากัน ซึ่งอยู่ในรูปของตัวอักษร L, M, H ซึ่งต้องทำการปรับข้อมูลจากเดิมที่เป็นข้อมูล L, M, H ให้เป็นข้อมูล 1, 2, 3 ตามลำดับ จากนั้นนำค่าข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย จากทฤษฎี ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic Mean) ดังสมการที่ 4.9

$$\bar{X} := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.9)$$

โดยที่ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

x_i คือ ค่าของข้อมูลลำดับที่ i เมื่อ $i \leq n$

จากสมการที่ 4.9 นำค่าข้อมูลระดับสภาพจราจรของแต่ละช่วงถนน และจำนวนช่วงถนนมาคำนวณค่าเฉลี่ยจะได้ ค่าสภาพการจราจรของเส้นทาง (x_i) ดังสมการที่ 4.10

$$x_i := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (4.10)$$

โดยที่ x_i คือ ค่าข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

n คือ จำนวนช่วงถนนทั้งหมดใน 1 เส้นทาง

t_i คือ ค่าระดับสภาพจราจรของช่วงถนนที่ i เมื่อ $i \leq n$

3. ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง (x_n) ปรับข้อมูลโดยการนำข้อมูลระยะทางแต่ละเส้นทางมาปรับสเกลให้อยู่ในช่วงข้อมูลระหว่าง 1 ถึง 3 โดยการแปลงข้อมูลเชิงเส้นจากช่วงที่เป็นไปได้เดิม ให้เป็นช่วงข้อมูลใหม่ที่กำหนด โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization คำนวณได้จาก สมการที่ 4.11 ซึ่งจะได้เป็นค่าข้อมูลระยะทางของเส้นทาง (x_n) ที่มีค่าอยู่ในช่วง [1,3]

$$x_n' = \frac{x_n - \min}{\max - \min} (\text{new_max} - \text{new_min}) + \text{new_min} \quad (4.11)$$

โดยที่ x_n' คือ ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

x_n คือ ค่าระยะทางของเส้นทางที่พิจารณา

\min คือ ระยะทางสั้นที่สุดจากเส้นทางทั้งหมดที่ค้นหาได้จาก google เดิม

\max คือ ระยะทางยาวที่สุดจากเส้นทางทั้งหมดที่ค้นหาได้จาก google เดิม

new_min คือ ค่าต่ำสุดของช่วงข้อมูลที่กำหนด (มีค่า 1)

new_max คือ ค่าสูงสุดเดิมของช่วงข้อมูลที่กำหนด (มีค่า 3)

สำหรับการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก w_d , w_t , w_n ให้แต่ข้อมูล ระบบจะกำหนดค่าตั้งต้นให้ข้อมูลแต่ละตัวมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากัน ซึ่งหากผู้ใช้งานต้องการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักก็สามารถทำได้ผ่านทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งแอปพลิเคชันจะส่งค่าถ่วงน้ำหนักที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้ในการค้นหาเส้นทางและสถานบริการแก๊สที่เหมาะสมที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองในการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทาง และตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของสถานบริการแก๊ส ซึ่งจะแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (โหมด Auto Suggest) การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนด (โหมด Manual Trip) การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่ผู้ใช้งานเลือก (Direction to) และการทดลองระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (โหมด Auto Suggest)

ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ดังนี้

1. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด
2. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด
3. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด
4. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด, สภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด

โดยการทดลองจะทำการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม ผ่านทาง Mobile Application และ Web Browser เพื่อดูผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง และตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง ตามลำดับ

5.1.1 ผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังนี้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 5.1 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด

(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นสถานบริการแก๊สได้ครบทุกสถานบริการภายในรัศมี 30 กิโลเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.2

1. Destination = 13.721877,100.762997 Distance = 1.0150843096912554 kilometers count(routes) = 2 routes	7. Destination = 13.746773,100.793253 Distance = 3,2702642251451244 kilometers count(routes) = 1 routes
2. Destination = 13.712349,100.769927 Distance = 1.669688445271466 kilometers count(routes) = 1 routes	8. Destination = 13.718207,100.800118 Distance = 3.3555986079557845 kilometers count(routes) = 1 routes
3. Destination = 13.708113,100.769573 Distance = 2.1419200913009657 kilometers count(routes) = 1 routes	9. Destination = 13.753486,100.746576 Distance = 3.889638730056146 kilometers count(routes) = 3 routes
4. Destination = 13.722387,100.747724 Distance = 2.5230736803590266 kilometers count(routes) = 2 routes	10. Destination = 13.722637,100.731331 Distance = 4.242677149061844 kilometers count(routes) = 0 routes
5. Destination = 13.722804,100.742869 Distance = 3.028869595050371 kilometers count(routes) = 3 routes	11. Destination = 13.755236,100.797329 Distance = 4.265023568900628 kilometers count(routes) = 1 routes
6. Destination = 13.744179,100.746946 Distance = 3.1593049160434323 kilometers count(routes) = 3 routes	12. Destination = 13.755687,100.542342 Distance = 24.84602201383458 kilometers count(routes) = 0 routes

ภาพที่ 5.2 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 3 อย่างดังนี้

5.1.1.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกล ข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.3

```
routeDistance[0]5851 -> routeData[0][distance] = 1.4399487836108
routeDistance[1]8589 -> routeData[1][distance] = 2.1411011523688
routeDistance[2]4660 -> routeData[2][distance] = 1.1349551856594
.
.
.
routeDistance[15]11216 -> routeData[15][distance] = 2.813828425096
routeDistance[16]11943 -> routeData[16][distance] = 3
routeDistance[17]4926 -> routeData[17][distance] = 1.2030729833547
```

ภาพที่ 5.3 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.3 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.1.1.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (Traffic) จึงกำหนดให้ข้อมูลสภาพการจราจรมีค่าเป็น 0 ทุกเส้นทาง และไม่ใช้ข้อมูลสภาพการจราจรมาใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งได้ผลลัพธ์ข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.4

```
routeData[0][traffic] = 0
routeData[1][traffic] = 0
routeData[2][traffic] = 0
.
.
.
routeData[16][traffic] = 0
routeData[17][traffic] = 0
```

ภาพที่ 5.4 ผลการค้นหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

5.1.1.3 ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพความหนาแน่นน้อยที่สุด (Density) จึงกำหนดข้อมูลระดับความหนาแน่นของสถานบริการมีค่าเป็น 0 ทุกแห่ง และไม่ใช้ข้อมูลระดับความหนาแน่นมาใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งได้ผลลัพธ์ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ดังภาพที่ 5.5

```
routeData[0][density] = 0
routeData[1][density] = 0
routeData[2][density] = 0
routeData[3][density] = 0
.
.
.
routeData[14][density] = 0
routeData[15][density] = 0
routeData[16][density] = 0
routeData[17][density] = 0
```

ภาพที่ 5.5 ผลการค้นหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง

จากนั้นจะทำการคำนวณค่า Cost จากการคำนวณตามวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////////////////////// หาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.47998292787025 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[1][cost] = 0.71370038412292 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
.
.
.
routeData[12][cost] = 0.3632949210414 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)
routeData[13][cost] = 0.333333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
routeData[14][cost] = 0.8112676056338 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[15][cost] = 0.93794280836534 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[16][cost] = 1 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[17][cost] = 0.40102432778489 -> Destination(lat,lng) = (13.755236,100.797329)

////////////////////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////////////////////
routeData[13][cost] = 0.333333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
////////////////////////////////////// เส้นทางที่ถูกเลือก (ในกรณีที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดหลายเส้นทางจะทำการ Random มา 1 เส้นทาง) ////////////////////////////////////////
routeData[13][cost] = 0.333333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
```

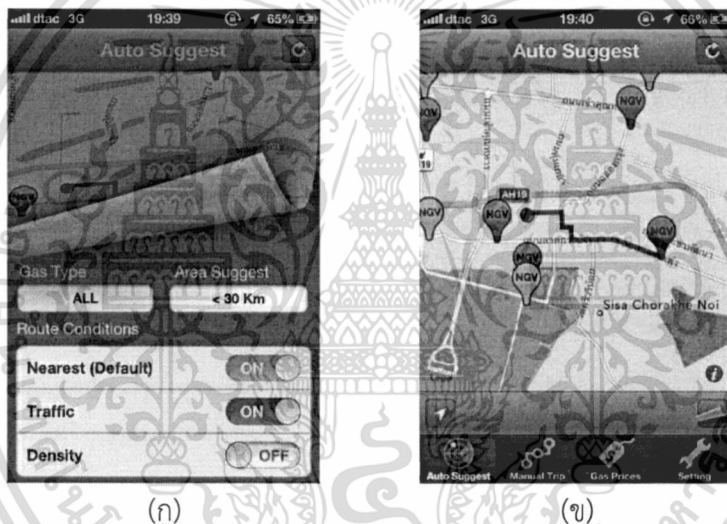
ภาพที่ 5.6 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[13][cost] = 0.3333333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)” ดังแสดงในภาพที่ 5.6 และเมื่อนำพิกัดของสถานบริการแก๊สปลายทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.1.2 ผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด กับสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นสถานบริการแก๊สได้ครบทุกสถานบริการภายในรัศมี 30 กิโลเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.8

1. Destination = 13.721877,100.762997 Distance = 0.987269425637451 kilometers count(routes) = 2 routes	7. Destination = 13.746773,100.793253 Distance = 3.2978060399592852 kilometers count(routes) = 1 routes
2. Destination = 13.712349,100.769927 Distance = 1.6542798333685607 kilometers count(routes) = 1 routes	8. Destination = 13.718207,100.800118 Distance = 3.373863753084787 kilometers count(routes) = 1 routes
3. Destination = 13.708113,100.769573 Distance = 2.1262547537141443 kilometers count(routes) = 1 routes	9. Destination = 13.753486,100.746576 Distance = 3.884904764243693 kilometers count(routes) = 3 routes
4. Destination = 13.722387,100.747724 Distance = 2.496690012087955 kilometers count(routes) = 2 routes	10. Destination = 13.722637,100.731331 Distance = 4.239651711097907 kilometers count(routes) = 2 routes
5. Destination = 13.722804,100.742869 Distance = 3.003006563607045 kilometers count(routes) = 3 routes	11. Destination = 13.755236,100.797329 Distance = 4.269631279295258 kilometers count(routes) = 1 routes
6. Destination = 13.744179,100.746946 Distance = 3.1489550426404724 kilometers count(routes) = 3 routes	12. Destination = 13.755687,100.542342 Distance = 24.824325372989872 kilometers count(routes) = 0 routes

ภาพที่ 5.8 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 3 อย่างดังนี้

5.1.2.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกล ข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.9

```
routeDistance[0]5946 -> routeData[0][distance] = 1.4399487836108
routeDistance[1]8683 -> routeData[1][distance] = 2.1408450704225
routeDistance[2]4755 -> routeData[2][distance] = 1.1349551856594
.
.
.
routeDistance[18]9489 -> routeData[18][distance] = 2.3472471190781
routeDistance[19]5020 -> routeData[19][distance] = 1.2028169014085
```

ภาพที่ 5.9 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.9 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

ในส่วนนี้เส้นทางที่ค้นหาได้แต่ละเส้นทางจะต้องถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อนำไปเทียบหาช่วงถนนของกราฟฟิที่ใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การหาระดับความติดขัดของช่วงถนน แต่หากไม่พบช่วงถนนใกล้เคียงจะใช้ระดับความติดขัดของช่วงถนนของช่วงถนนก่อนหน้าแทน และในกรณีที่ไม่มีพบช่วงถนนใกล้เคียงเลยค่าระดับความติดขัดจะอยู่ในระดับ 2 ดังภาพที่ 5.10

```
Traffic
1). (13.727222,100.770295)(13.72632,100.77029)_dir = 180 -> link[_,_] -> Level = 2
2). (13.72632,100.77029)(13.72793,100.77028)_dir = 359 -> link[_,_] -> Level = 2
3). (13.72793,100.77028)(13.72794,100.77065)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
.
.
.
56). (13.72172,100.75997)(13.72175,100.76208)_dir = 89 -> link[_,_] -> Level = 2
57). (13.72175,100.76208)(13.72176,100.76256)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
```

ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้

จากนั้น เมื่อได้ข้อมูลระดับความติดขัดของช่วงถนนก็จะนำมาหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic Mean) ในหัวข้อที่ 4.6 และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.11

```
routeData[0][traffic] = 2
routeData[1][traffic] = 2
routeData[2][traffic] = 2
.
.
.
routeData[17][traffic] = 2
routeData[18][traffic] = 2
routeData[19][traffic] = 2
```

ภาพที่ 5.11 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

5.1.2.3 ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพความหนาแน่นน้อยที่สุด (Density) จึงกำหนดข้อมูลระดับความหนาแน่นของสถานบริการมีค่าเป็น 0 ทุกแห่ง และไม่ใช้ข้อมูลระดับความหนาแน่นมาใช้ในการคำนวณค่า Cost

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่า Cost จากการคำนวณตามวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```

////////////////////////////////////// ทาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.1466495945369 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[1][cost] = 1.3802816901408 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[2][cost] = 1.0449850618865 -> Destination(lat,lng) = (13.712349,100.769927)
routeData[3][cost] = 1.0449850618865 -> Destination(lat,lng) = (13.708113,100.769573)
routeData[4][cost] = 1.1768672641912 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[5][cost] = 1.2550576184379 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[6][cost] = 1.4297908664106 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[7][cost] = 1.4158770806658 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[8][cost] = 1.3757575757576 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[9][cost] = 1.5649167733675 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[10][cost] = 1.4043533930858 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[11][cost] = 1.4664959453692 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[12][cost] = 1.0298762270593 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)
routeData[13][cost] = 1 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
routeData[14][cost] = 1.4778489116517 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[15][cost] = 1.6045241143833 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[16][cost] = 1.6666666666667 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[17][cost] = 1.4892018779343 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)
routeData[18][cost] = 1.449082373026 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)
routeData[19][cost] = 1.0676056338028 -> Destination(lat,lng) = (13.755236,100.797329)

////////////////////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////////////////////
routeData[13][cost] = 1 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)

////////////////////////////////////// เส้นทางที่ถูกเลือก (ในกรณีที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดหลายเส้นทางจะทำการ Random มา 1 เส้นทาง) ////////////////////////////////////////
routeData[13][cost] = 1 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)

```

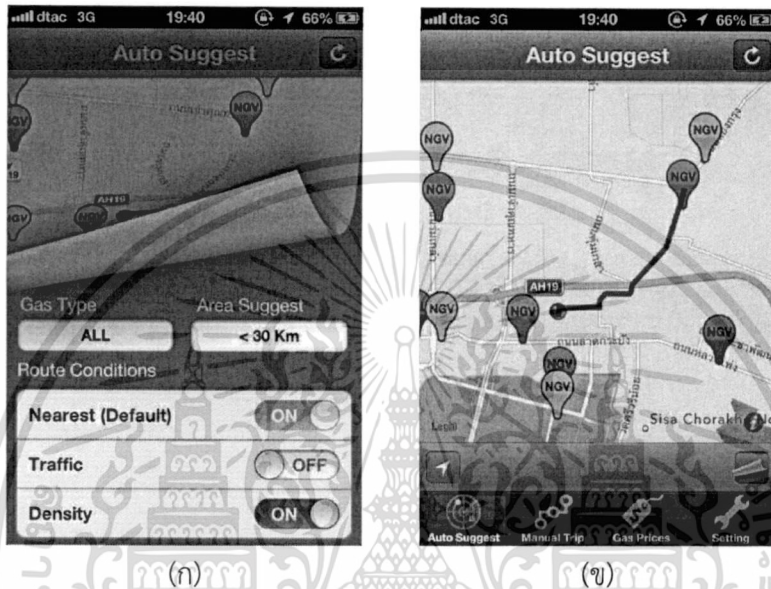
ภาพที่ 5.12 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[13][cost] = 1 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)” ดังแสดงในภาพที่ 5.12 และเมื่อนำพิกัดของสถานบริการแก๊สปลายทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทาง ดังนี้



ภาพที่ 5.13 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุดกับระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด
(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นหาสถานบริการแก๊สได้ครบทุกสถานบริการภายในรัศมี 30 กิโลเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.14

1. Destination = 13.721877,100.762997 Distance = 0.987269425637451 kilometers count(routes) = 2 routes	7. Destination = 13.746773,100.793253 Distance = 3.2978060399592852 kilometers count(routes) = 1 routes
2. Destination = 13.712349,100.769927 Distance = 1.6542798333685607 kilometers count(routes) = 1 routes	8. Destination = 13.718207,100.800118 Distance = 3.373863753084787 kilometers count(routes) = 1 routes
3. Destination = 13.708113,100.769573 Distance = 2.1262547537141443 kilometers count(routes) = 1 routes	9. Destination = 13.753486,100.746576 Distance = 3.884904764243693 kilometers count(routes) = 3 routes
4. Destination = 13.722387,100.747724 Distance = 2.496690012087955 kilometers count(routes) = 2 routes	10. Destination = 13.722637,100.731331 Distance = 4.239651711097907 kilometers count(routes) = 2 routes
5. Destination = 13.722804,100.742869 Distance = 3.003006563607045 kilometers count(routes) = 3 routes	11. Destination = 13.755236,100.797329 Distance = 4.269631279295258 kilometers count(routes) = 0 routes
6. Destination = 13.744179,100.746946 Distance = 3.1489550426404724 kilometers count(routes) = 3 routes	12. Destination = 13.755687,100.542342 Distance = 24.824325372989872 kilometers count(routes) = 0 routes

ภาพที่ 5.14 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 3 อย่างดังนี้

5.1.3.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกลข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.15

```
routeDistance[0]5946 -> routeData[0][distance] = 1.4399487836108
routeDistance[1]8683 -> routeData[1][distance] = 2.1408450704225
routeDistance[2]4755 -> routeData[2][distance] = 1.1349551856594
routeDistance[3]4755 -> routeData[3][distance] = 1.1349551856594
.
.
.
routeDistance[16]12038 -> routeData[16][distance] = 3
routeDistance[17]9959 -> routeData[17][distance] = 2.4676056338028
routeDistance[18]9489 -> routeData[18][distance] = 2.3472471190781
```

ภาพที่ 5.15 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.15 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.1.3.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (Traffic) จึงกำหนดให้ข้อมูลสภาพการจราจรมีค่าเป็น 0 ทุกเส้นทาง และไม่ใช้ข้อมูลสภาพการจราจรมาใช้ในการคำนวณค่า Cost

5.1.3.3 ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส

```
routeData[0][density] = 1
routeData[1][density] = 1
routeData[2][density] = 3
.
.
routeData[17][density] = 2
routeData[18][density] = 2
```

ภาพที่ 5.16 ผลการค้นหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง

จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่า Cost จากการคำนวณตามวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```

////////////////////////////////////// ค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.81331626120359 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[1][cost] = 1.0469483568075 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[2][cost] = 1.3783183952198 -> Destination(lat,lng) = (13.712349,100.769927)
routeData[3][cost] = 1.0449850618865 -> Destination(lat,lng) = (13.708113,100.769573)
routeData[4][cost] = 1.1768672641912 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[5][cost] = 1.2550576184379 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[6][cost] = 1.7631241997439 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[7][cost] = 1.7492104139991 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[8][cost] = 1.7090909090909 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[9][cost] = 1.2315834400341 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[10][cost] = 1.0710200597525 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[11][cost] = 1.1331626120359 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[12][cost] = 0.69654289372599 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)
routeData[13][cost] = 1.3333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
routeData[14][cost] = 1.4778489116517 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[15][cost] = 1.6045241143833 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[16][cost] = 1.6666666666667 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[17][cost] = 1.4892018779343 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)
routeData[18][cost] = 1.449082373026 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)

////////////////////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////////////////////
routeData[12][cost] = 0.69654289372599 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)

////////////////////////////////////// เส้นทางที่ถูกเลือก (ในกรณีที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดหลายเส้นทางจะทำการ Random มา 1 เส้นทาง) ////////////////////////////////////////
routeData[12][cost] = 0.69654289372599 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)

```

ภาพที่ 5.17 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

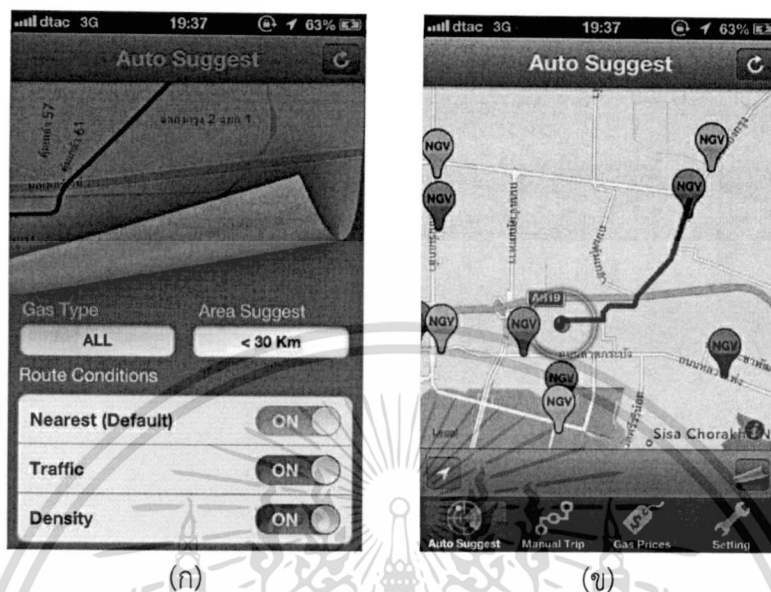
จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[12][cost] = 0.69654289372599 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)” ดังแสดงในภาพที่ 5.17 และเมื่อนำพิกัดของสถานบริการแก๊สปลายทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.1.4 ผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด, สภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด, สภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด ภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.18



(ก)

(ข)

ภาพที่ 5.18 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด สภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด และระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สน้อยที่สุด

(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นหาสถานบริการแก๊สได้ครบทุกสถานบริการภายในรัศมี 30 กิโลเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.19

1. Destination = 13.721877,100.762997 Distance = 0.9869199221247653 kilometers count(routes) = 2 routes	7. Destination = 13.746773,100.793253 Distance = 3.2996143977942585 kilometers count(routes) = 1 routes
2. Destination = 13.712349,100.769927 Distance = 1.640544286316899 kilometers count(routes) = 1 routes	8. Destination = 13.718207,100.800118 Distance = 3.360228869036001 kilometers count(routes) = 1 routes
3. Destination = 13.708113,100.769573 Distance = 2.112643983027663 kilometers count(routes) = 1 routes	9. Destination = 13.753486,100.746576 Distance = 3.901991073584503 kilometers count(routes) = 3 routes
4. Destination = 13.722387,100.747724 Distance = 2.503428364199479 kilometers count(routes) = 2 routes	10. Destination = 13.722637,100.731331 Distance = 4.247860594896507 kilometers count(routes) = 2 routes
5. Destination = 13.722804,100.742869 Distance = 3.0105589564902844 kilometers count(routes) = 3 routes	11. Destination = 13.755236,100.797329 Distance = 4.273090691391605 kilometers count(routes) = 0 routes
6. Destination = 13.744179,100.746946 Distance = 3.1653081963477594 kilometers count(routes) = 3 routes	12. Destination = 13.755687,100.542342 Distance = 24.824325372989872 kilometers count(routes) = 0 routes

ภาพที่ 5.19 แสดงผลการค้นหาสถานบริการแก๊สทั้งหมดที่ค้นหาได้

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 3 อย่างดังนี้

5.1.4.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกลข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.20

```
routeDistance[0]5946 -> routeData[0][distance] = 1.4399487836108
routeDistance[1]8683 -> routeData[1][distance] = 2.1408450704225
routeDistance[2]4755 -> routeData[2][distance] = 1.1349551856594
.
.
.
routeDistance[17]9959 -> routeData[17][distance] = 2.4676056338028
routeDistance[18]9489 -> routeData[18][distance] = 2.3472471190781
```

ภาพที่ 5.20 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.20 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

ในส่วนนี้เส้นทางที่ค้นหาได้แต่ละเส้นทางจะต้องถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อนำไปเทียบหาช่วงถนนของกราฟฟิที่ใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การหาระดับความติดขัดของช่วงถนน แต่หากไม่พบช่วงถนนใกล้เคียงจะใช้ระดับความติดขัดของช่วงถนนของช่วงถนนก่อนหน้าแทน และในกรณีที่ไม่มีพบช่วงถนนใกล้เคียงเลยค่าระดับความติดขัดจะอยู่ในระดับ 2 ดังภาพที่ 5.21

```
Traffic
1). (13.727096,100.770387)(13.72632,100.77029)_dir = 186 -> link[_,_] -> Level = 2
2). (13.72632,100.77029)(13.72793,100.77028)_dir = 359 -> link[_,_] -> Level = 2
3). (13.72793,100.77028)(13.72794,100.77065)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
.
.
.
56). (13.72172,100.75997)(13.72175,100.76208)_dir = 89 -> link[_,_] -> Level = 2
57). (13.72175,100.76208)(13.72176,100.76256)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
```

ภาพที่ 5.21 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้

จากนั้น เมื่อได้ข้อมูลระดับความติดขัดของช่วงถนนก็จะนำมาหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic Mean) ในหัวข้อที่ 4.6 และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.22

```
routeData[0][traffic] = 2
routeData[1][traffic] = 2
routeData[2][traffic] = 2
routeData[3][traffic] = 2
.
.
.
routeData[14][traffic] = 2
routeData[15][traffic] = 2
routeData[16][traffic] = 2
routeData[17][traffic] = 2
routeData[18][traffic] = 2
```

ภาพที่ 5.22 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

5.1.4.3 ข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊ส

```
routeData[0][density] = 1
routeData[1][density] = 1
routeData[2][density] = 3
.
.
.
routeData[17][density] = 2
routeData[18][density] = 2
```

ภาพที่ 5.23 ผลการหาข้อมูลระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สแต่ละแห่ง

จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า Cost ที่ได้จากคำนวณตามวิธีการคำนวณหา ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การ ค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////////////////////// ทาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.4799829278703 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[1][cost] = 1.7136150234742 -> Destination(lat,lng) = (13.721877,100.762997)
routeData[2][cost] = 2.0449850618865 -> Destination(lat,lng) = (13.712349,100.769927)
routeData[3][cost] = 1.7116517285531 -> Destination(lat,lng) = (13.708113,100.769573)
routeData[4][cost] = 1.8435339308579 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[5][cost] = 1.9217242851046 -> Destination(lat,lng) = (13.722387,100.747724)
routeData[6][cost] = 2.4297908664106 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[7][cost] = 2.4158770806658 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[8][cost] = 2.3757575757576 -> Destination(lat,lng) = (13.722804,100.742869)
routeData[9][cost] = 1.8982501067008 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[10][cost] = 1.7376867264191 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[11][cost] = 1.7998292787025 -> Destination(lat,lng) = (13.744179,100.746946)
routeData[12][cost] = 1.3632095603927 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)
routeData[13][cost] = 2 -> Destination(lat,lng) = (13.718207,100.800118)
routeData[14][cost] = 2.1445155783184 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[15][cost] = 2.2711907810499 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[16][cost] = 2.3333333333333 -> Destination(lat,lng) = (13.753486,100.746576)
routeData[17][cost] = 2.1558685446009 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)
routeData[18][cost] = 2.1157490396927 -> Destination(lat,lng) = (13.722637,100.731331)

////////////////////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////////////////////
routeData[12][cost] = 1.3632095603927 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)

////////////////////////////////////// เส้นทางที่ถูกเลือก (ในกรณีที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดหลายเส้นทางจะทำการ Random มา 1 เส้นทาง) ////////////////////////////////////////
routeData[12][cost] = 1.3410262327871 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)
```

ภาพที่ 5.24 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[12][cost] = 1.3410262327871 -> Destination(lat,lng) = (13.746773,100.793253)” ดังแสดงในภาพที่ 5.24 และเมื่อนำพิกัดของสถานบริการแก๊สปลายทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.2 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนด (โหมด Manual Trip)

ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ซึ่งมีเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

1. การค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด
2. การค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

โดยการทดลองจะทำการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม ผ่านทาง Mobile Application และ Web Browser เพื่อดูผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง และตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง ตามลำดับ

5.2.1 การค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.25



ภาพที่ 5.25 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด
(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.26

```
Destination = 13.723419,100.476232
count(routes) = 2 routes
```

ภาพที่ 5.26 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่กำหนด

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทางซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 2 อย่างดังนี้

5.2.1.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่ที่ถูกรูท จะถูกนำมาปรับสเกลข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.27

```
routeDistance[0]44235 -> routeData[0][distance] = 1
routeDistance[1]50054 -> routeData[1][distance] = 3
```

ภาพที่ 5.27 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 5.27 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่ภูเก็ล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.2.1.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (Traffic) จึงกำหนดให้ข้อมูลสภาพการจราจรมีค่าเป็น 0 ทุกเส้นทาง และไม่ใช่ข้อมูลสภาพการจราจรมาใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งได้ผลลัพธ์ข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.28

```
routeData[0][traffic] = 0
routeData[1][traffic] = 0
```

ภาพที่ 5.28 ผลการค้นหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า Cost ที่ได้จากคำนวณตามวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////// หาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.5
routeData[1][cost] = 1.5
////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.5
```

ภาพที่ 5.29 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[0][cost] = 0.5” ดังแสดงในภาพที่ 5.29 และเมื่อนำพิกัดของเส้นทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.2.2 การค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.30



ภาพที่ 5.30 (ก) การกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งต้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด
(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ดังภาพที่ 5.31

```
Destination = 13.723419,100.476232
count(routes) = 2 routes
```

ภาพที่ 5.31 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่กำหนด

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทางซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 2 อย่างดังนี้

5.2.2.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกล ข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.32

```
routeDistance[0]44235 -> routeData[0][distance] = 1
routeDistance[1]50054 -> routeData[1][distance] = 3
```

ภาพที่ 5.32 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.32 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.2.2.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

ในส่วนนี้เส้นทางที่ค้นหาได้แต่ละเส้นทางจะต้องถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อนำไปเทียบหาช่วงถนนของกราฟฟิคที่ใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การหาระดับความติดขัดของ ช่วงถนน แต่หากไม่พบช่วงถนนใกล้เคียงจะใช้ระดับความติดขัดของช่วงถนนของช่วงถนนก่อนหน้า แทน และในกรณีที่ไม่มีพบช่วงถนนใกล้เคียงเลยค่าระดับความติดขัดจะอยู่ในระดับ 2 ดังภาพที่ 5.33

```
Traffic
1). (13.727222,100.770295)(13.72632,100.77029)_dir = 180 -> link[_,_] -> Level = 2
2). (13.72632,100.77029)(13.72793,100.77028)_dir = 359 -> link[_,_] -> Level = 2
3). (13.72793,100.77028)(13.72794,100.77065)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
.
.
.
371). (13.72311,100.47655)(13.72314,100.47653)_dir = 327 -> link[_,_] -> Level = 1
372). (13.72314,100.47653)(13.72363,100.47643)_dir = 348 -> link[_,_] -> Level = 1
```

ภาพที่ 5.33 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้

จากนั้น เมื่อได้ข้อมูลระดับความติดขัดของช่วงถนนก็จะนำมาหาค่าเฉลี่ย ตามวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic Mean) ในหัวข้อที่ 4.6 และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลสภาพ การจราจรของเส้นทางแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.34

```
routeData[0][traffic] = 2
routeData[1][traffic] = 2
```

ภาพที่ 5.34 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า Cost ที่ได้จากคำนวณตามวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////// หาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.5
routeData[1][cost] = 2.5
////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.5
```

ภาพที่ 5.35 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[0][cost] = 1.5” ดังแสดงในภาพที่ 5.35 และเมื่อนำพิกัดของเส้นทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.3 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานไปยังสถานบริการแก๊สที่ผู้ใช้งานเลือก (Direction to)

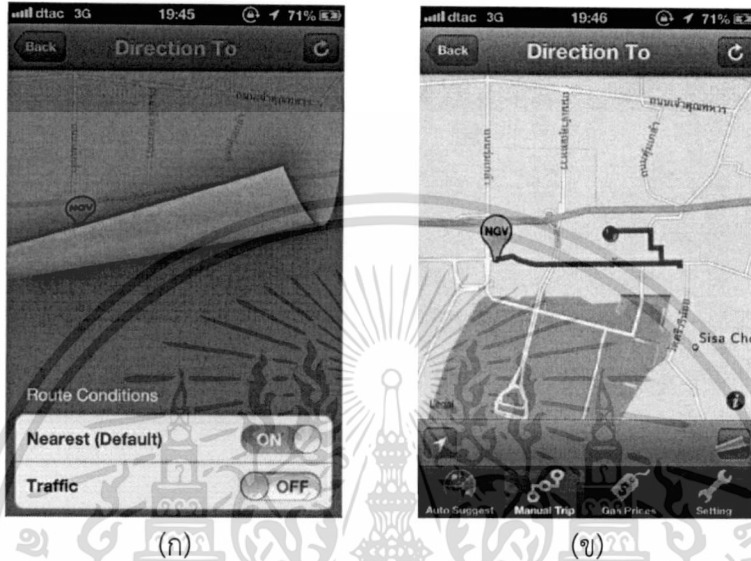
ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่ผู้ใช้งานเลือก ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ซึ่งมีเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

1. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด
2. การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

โดยการทดลองจะทำการค้นหาเส้นทางจากตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งาน ไปยังสถานบริการแก๊สที่ผู้ใช้งานเลือก ผ่านทาง Mobile Application และ Web Browser เพื่อดูผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง และตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทาง ตามลำดับ

5.3.1 การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด ภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.36



ภาพที่ 5.36 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด

(ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่า สามารถค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.37

```
Destination = 13.722387,100.747724
count(routes) = 2 routes
```

ภาพที่ 5.37 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือก

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 2 อย่างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่ที่ถูกรวบรวม จะถูกนำมาปรับสเกลข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.38

```
routeDistance[0]6300 -> routeData[0][distance] = 1
routeDistance[1]7216 -> routeData[1][distance] = 3
```

ภาพที่ 5.38 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.38 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่ที่ถูกรวบรวม และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.3.1.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

เนื่องจากในเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่มีระยะทางสั้นที่สุด ผู้ใช้งานได้ปิดเงื่อนไขสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด (Traffic) จึงกำหนดให้ข้อมูลสภาพการจราจรมีค่าเป็น 0 ทุกเส้นทาง และไม่ใช่ข้อมูลสภาพการจราจรมาใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งได้ผลลัพธ์ข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.39

```
routeData[0][traffic] = 0
routeData[1][traffic] = 0
```

ภาพที่ 5.39 ผลการค้นหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า Cost ที่ได้จากการคำนวณตามวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////// หาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.5
routeData[1][cost] = 1.5
////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////
routeData[0][cost] = 0.5
```

ภาพที่ 5.40 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[0][cost] = 0.5” ดังแสดงในภาพที่ 5.40 และเมื่อนำพิกัดของเส้นทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.3.2 การค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด

จากการทดลองค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุดภายใต้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันในแต่ละเงื่อนไข ได้ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application ดังภาพที่ 5.41



ภาพที่ 5.41 (ก) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือกที่มีระยะทางสั้นที่สุด และสภาพการจราจรคับคั่งน้อยที่สุด
 (ข) ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Web Browser พบว่าสามารถค้นหาเส้นทางไปยังตำแหน่งปลายทางที่ผู้ใช้งานกำหนดได้ ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพที่ 5.42

```

Destination = 13.722387,100.747724
count(routes) = 2 routes
    
```

ภาพที่ 5.42 แสดงผลการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ที่นำมาพิจารณาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 2 อย่างดังนี้

5.3.2.1 ข้อมูลระยะทางของเส้นทาง

ข้อมูลระยะทางของเส้นทางที่ได้จากแผนที่กูเกิล จะถูกนำมาปรับสเกล ข้อมูลให้อยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Cost ซึ่งแสดงค่าในการปรับสเกล ดังภาพที่ 5.43

```
routeDistance[0]6300 -> routeData[0][distance] = 1
routeDistance[1]7216 -> routeData[1][distance] = 3
```

ภาพที่ 5.43 แสดงข้อมูลระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ค้นหาได้

จากภาพที่ 5.43 ตัวเลข xxxxx หลัง routeDistance[i] จะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางตามแผนที่กูเกิล และทางด้านขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะแสดงข้อมูล ระยะทางของแต่ละเส้นทางที่ปรับสเกล โดยใช้วิธีการ Min-Max Normalization ในหัวข้อที่ 4.6

5.3.2.2 ข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทาง

ในส่วนนี้เส้นทางที่ค้นหาได้แต่ละเส้นทางจะต้องถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อนำไปเทียบหาช่วงถนนของกราฟฟี่ที่ใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การหาระดับความติดขัดของ ช่วงถนน แต่หากไม่พบช่วงถนนใกล้เคียงจะใช้ระดับความติดขัดของช่วงถนนของช่วงถนนก่อนหน้า แทน และในกรณีที่ไม่มีพบช่วงถนนใกล้เคียงเลยค่าระดับความติดขัดจะอยู่ในระดับ 2 ดังภาพที่ 5.44

```
Traffic
1). (13.727222,100.770295)(13.72632,100.77029)_dir = 180 -> link[_,_] -> Level = 2
2). (13.72632,100.77029)(13.72793,100.77028)_dir = 359 -> link[_,_] -> Level = 2
3). (13.72793,100.77028)(13.72794,100.77065)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
4). (13.72794,100.77065)(13.72795,100.77181)_dir = 89 -> link[_,_] -> Level = 2
5). (13.72795,100.77181)(13.72801,100.77469)_dir = 88 -> link[_,_] -> Level = 2
.
.
58). (13.72263,100.74928)(13.72259,100.74868)_dir = 266 -> link[_,_] -> Level = 2
59). (13.72259,100.74868)(13.72257,100.74808)_dir = 268 -> link[_,_] -> Level = 2
```

ภาพที่ 5.44 ตัวอย่างผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแรกที่ค้นหาได้

จากนั้น เมื่อได้ข้อมูลระดับความติดขัดของช่วงถนนก็จะนำมาหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic Mean) ในหัวข้อที่ 4.6 และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลสภาพการจราจรของเส้นทางแต่ละเส้นทาง ดังภาพที่ 5.45

```
routeData[0][traffic] = 2
routeData[1][traffic] = 2
```

ภาพที่ 5.45 ผลการหาข้อมูลสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทาง

จากนั้นจะทำการตรวจสอบค่า Cost ที่ได้จากคำนวณตามวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในหัวข้อ 4.6 และตรวจหาค่า Cost ที่น้อยที่สุดเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่ได้จาก Mobile Application

```
////////////////////// หาค่า Cost ของแต่ละเส้นทาง ////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.5
routeData[1][cost] = 2.5
////////////////////// หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากค่า Cost ////////////////////////
routeData[0][cost] = 1.5
```

ภาพที่ 5.46 แสดงค่า Cost ของแต่ละเส้นทางและเส้นทางที่ถูกเลือกจากค่า Cost ที่น้อยที่สุด

จากการทดลองเส้นทางที่ถูกเลือกคือ “routeData[0][cost] = 1.5” ดังแสดงในภาพที่ 5.46 และเมื่อนำพิกัดของเส้นทางไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางผ่านทาง Mobile Application พบว่ามีความสอดคล้องกัน

5.4 การทดลองระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊สจากภาพถ่าย

5.4.1 ลักษณะของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส

ภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สสำหรับการทดลองต่างๆ ในงานวิจัยนี้มีทั้งสิ้น 2 ชุด ลักษณะของภาพถ่ายการจราจรทั้ง 2 ชุดเป็นภาพถ่ายมุมก้มที่ได้จากกล้องไอพีทีที่ถูกติดตั้งบนเสาไฟ ภาพถ่ายมีความละเอียด (Resolution) 1280x1024 พิกเซล อัตราการแสดงผลภาพ (Frame rate) เป็น 42 เฟรมต่อนาที (frames/minute) โดยชุดภาพถ่ายแต่ละชุดเป็นชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊สที่แตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังจะกล่าวต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1.1 ชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1


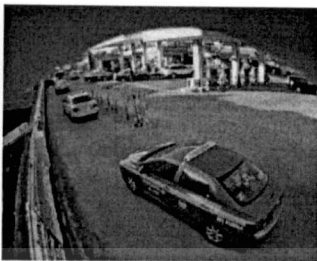
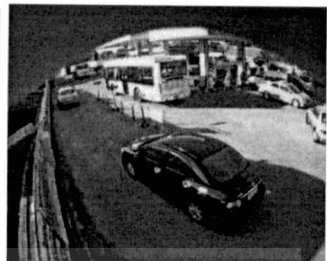

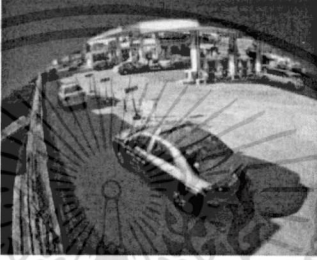
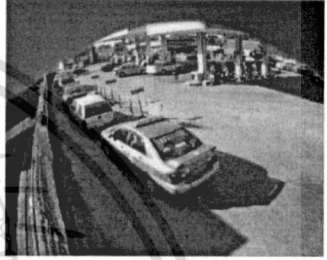






ชุดภาพถ่ายชุดที่ 1 เป็นชุดภาพถ่ายจากสถานบริการแก๊สพรศักดิ์ ปีโตรเลียม โดยชุดถ่ายนี้จะใช้เพื่อทำการทดสอบหาค่าต่างๆ ที่จำเป็น รวมถึงใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบ เนื่องจากชุดถ่ายนี้มีลักษณะสภาวะแสงที่หลากหลายตั้งแต่แสงสลัว แสงปานกลาง ไปจนกระทั่งแสงจ้า โดยชุดภาพถ่ายชุดที่ 1 นี้จะประกอบด้วยชุดภาพถ่ายย่อยๆ 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีลักษณะของแสงและเงาในภาพที่แตกต่างกันดังมีรายละเอียดและตัวอย่างภาพถ่ายแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดแสง เงา และค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเฉลี่ยของชุดภาพถ่ายการจราจรชุดที่ 1

ชุดที่	ลักษณะแสง	ลักษณะเงา	ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเฉลี่ย (Average Gradient)
1.1	แสงสลัว	ไม่ปรากฏเงาของยานพาหนะ แต่เริ่มปรากฏเงาของสิ่งปลูกสร้างทอดลงมาบริเวณพื้นที่ตรวจสอบความหนาแน่น โดยมีความเข้มของเงาไม่สูงนัก	254
1.2	แสงปานกลาง และมีแสงตกกระทบลงบนบางส่วนของยานพาหนะ	เริ่มปรากฏเงาของยานพาหนะทอดตัวเอียงไปทางด้านหลังทางขวาของรถ และปรากฏเงาของสิ่งปลูกสร้างทอดลงมาบริเวณพื้นที่ตรวจสอบความหนาแน่น โดยมีความเข้มของเงาอยู่ในระดับปานกลาง	590
1.3	แสงจ้า และมีแสงตกกระทบลงบนยานพาหนะ	ปรากฏเงาของยานพาหนะทอดตัวเอียงไปทางด้านหลังทางขวาของรถ และปรากฏเงาของสิ่งปลูกสร้างทอดลงมาบริเวณพื้นที่ตรวจสอบความหนาแน่น โดยมีความเข้มของเงาอยู่ในระดับสูง	784
1.4	แสงปานกลาง และมีแสงตกกระทบลงบนยานพาหนะ	ปรากฏเงาของยานพาหนะทอดตัวเอียงไปทางด้านหลังของรถ และปรากฏเงาของสิ่งปลูกสร้างทอดลงมาบริเวณพื้นที่ตรวจสอบความหนาแน่นน้อยลง โดยมีความเข้มของเงาอยู่ในระดับสูง	452

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างภาพจากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1

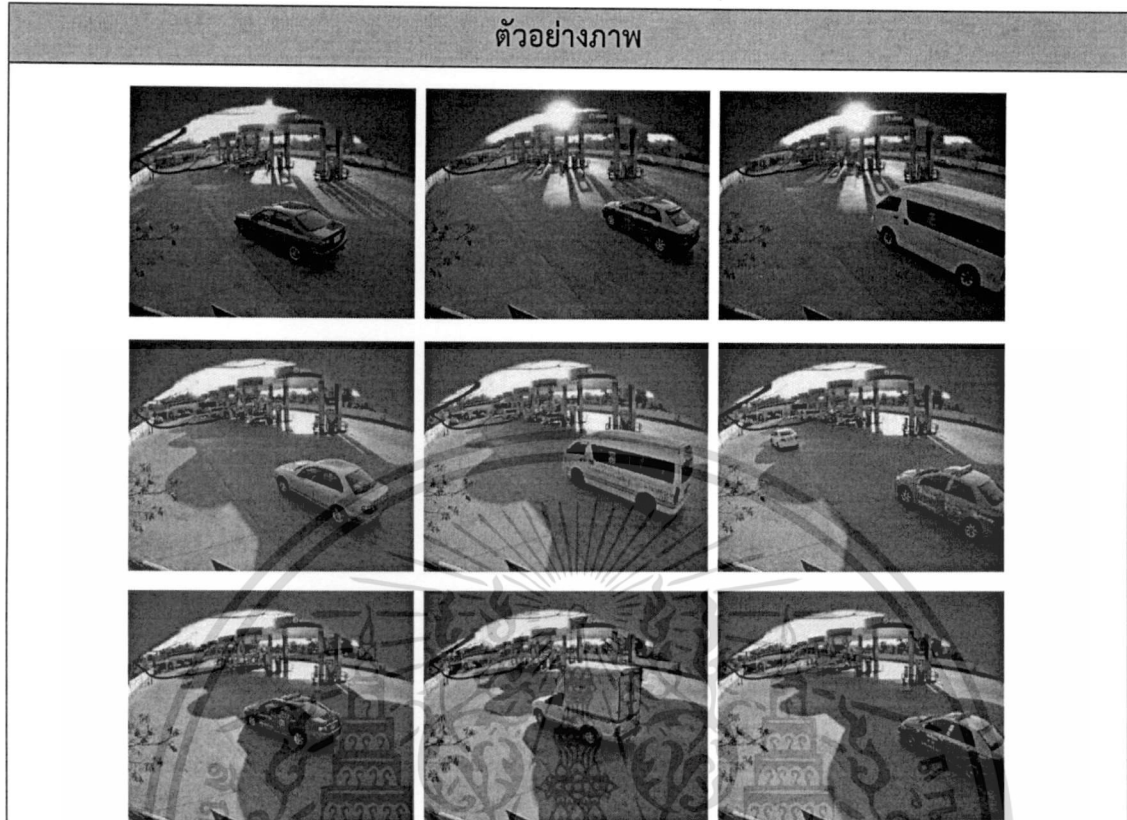
ชุดที่	ตัวอย่างภาพ		
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			

5.4.1.2 ชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 2

ชุดภาพถ่ายชุดที่ 2 เป็นชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการเอ็นจีวีลาดกระบัง โดยชุดภาพถ่ายนี้จะใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบความหนาแน่นเท่านั้น ซึ่งมีตัวอย่างภาพถ่ายแสดงในตารางที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างภาพจากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 2



5.4.2 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน

5.4.2.1 ความคมชัดของภาพถ่ายในสภาวะแสงต่างๆ กับค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุด

โดยปกติแล้วความคมชัดของเส้นขอบภาพของยานพาหนะของภาพถ่ายยานพาหนะในสถานบริการแก๊สในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน เช่น แสงสลัว แสงน้อย แสงปานกลาง และแสงจ้า เป็นต้น จะมีความคมชัดที่แตกต่างกันตามสภาวะแสง กล่าวคือ ภาพถ่ายยานพาหนะในสภาวะแสงสลัว แสงน้อย หรือ ในสภาวะแสงจ้า นั้นจะไม่คมชัดเท่ากับภาพถ่ายในสภาวะที่แสงเหมาะสม ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ภาพถ่ายที่มีความคมชัดจะสามารถแสดงรายละเอียดของยานพาหนะได้ดีกว่าภาพถ่ายที่ไม่คมชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณขอบภาพระหว่างยานพาหนะกับพื้นถนนนั้น ภาพถ่ายที่มีความคมชัดจะสามารถแสดงรายละเอียดของเส้นขอบภาพบริเวณดังกล่าวได้ชัดเจนและสมบูรณ์มากกว่าภาพถ่ายที่ไม่คมชัด จากข้อเท็จจริงนี้เองทำให้เกิดสมมุติฐานที่ว่า ถ้าภาพถ่ายที่มีความคมชัดสามารถแสดงรายละเอียดเส้นขอบภาพได้ชัดเจนกว่าภาพถ่ายที่ไม่คมชัดแล้ว ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดของภาพถ่ายที่มีความคมชัดก็น่าจะมีค่าสูงกว่าภาพถ่ายที่ไม่

คมชัดด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในภาพถ่ายส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้น ณ บริเวณเส้นขอบภาพ





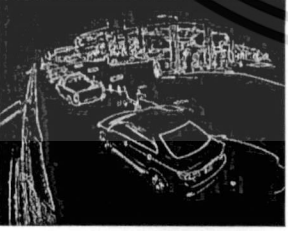
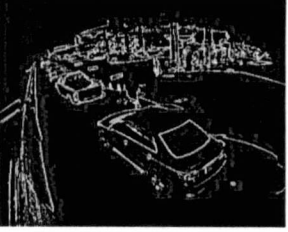
เมื่อทำการทดลองหาค่าผลรวมของค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอน ($\max(|gv|+|gh|)$) ของชุดภาพถ่ายการจราจรชุดที่ 1.1 ถึง ชุดที่ 1.4 ดังแสดงในตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ชุดข้อมูลที่ 1.4 ซึ่งเป็นชุดภาพถ่ายการจราจรในสถานะที่แสงสว่างมากนั้นจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ สูงที่สุด (มากกว่า 700) ส่วนชุดข้อมูลที่ 1.1 ซึ่งเป็นชุดภาพถ่ายการจราจรในสถานะที่แสงสลัวนั้นจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ ต่ำที่สุด (น้อยกว่า 550) สำหรับชุดข้อมูลที่ 1.2 และ 1.4 ซึ่งเป็นชุดภาพถ่ายการจราจรในสถานะที่แสงสว่างปานกลางนั้นจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ อยู่ในกลุ่มเดียวกันคือมีค่าอยู่ในช่วง 550 ถึง 700

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าภาพถ่ายยานพาหนะในสถานบริการแก๊สในสถานะแสงสว่างมากนั้นจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดมากกว่าภาพถ่ายยานพาหนะในสถานะแสงปานกลางและแสงสลัวตามลำดับ โดยชุดภาพถ่ายยานพาหนะในสถานะแสงสว่างมากจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ มากกว่า 700 ส่วนชุดภาพถ่ายยานพาหนะในสถานะแสงปานกลางจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ อยู่ในช่วง 550 ถึง 700 และชุดภาพถ่ายยานพาหนะในสถานะแสงสลัวจะมีค่า $\max(|gv|+|gh|)$ น้อยกว่า 550

5.4.2.2 ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะในสถานะแสงต่างๆ

ในการทดลองนี้จะทำการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาณเส้นขอบภาพของยานพาหนะด้วยวิธีการของโซเบล ซึ่งค่าขีดแบ่งดังกล่าวเป็นค่าสำคัญมากที่จะทำให้ภาพผลลัพธ์ออกมามีปริมาณเส้นขอบภาพของยานพาหนะสมบูรณ์มากที่สุด โดยจะนำภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1 ซึ่งเป็นชุดภาพถ่ายที่มีสถานะแสงที่หลากหลายมาทำการทดลองหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม โดยสังเกตจากความสมบูรณ์ของเส้นขอบภาพจากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการหาปริมาณเส้นขอบภาพของยานพาหนะด้วยวิธีการของโซเบลภายใต้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.4

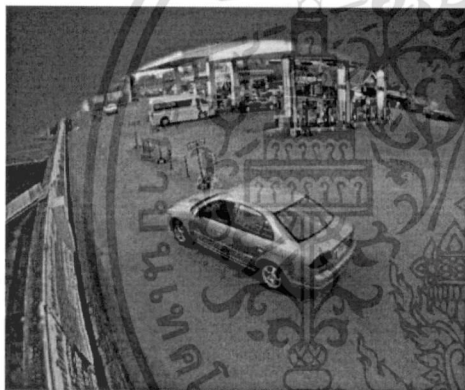
ตารางที่ 5.4 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่
แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.2 เฟรมที่ 451 (แสงปานกลาง)

ภาพ ที่	ลักษณะภาพ	ค่า ขีดแบ่ง	จุดรบกวน บนพื้นถนน	ความสมบูรณ์ ของเส้นขอบ ยานพาหนะ	ความ เหมาะสม
0		RGB	-	-	-
1		100	มากเกินไป	สมบูรณ์มาก	ไม่เหมาะสม
2		150	ปานกลาง	สมบูรณ์มาก	ไม่เหมาะสม
3		200	น้อย	สมบูรณ์มาก	เหมาะสม
4		250	ไม่มีจุด รบกวน	สมบูรณ์	เหมาะสมที่สุด
5		300	ไม่มีจุด รบกวน	เส้นขอบ ขาดหายเล็กน้อย	เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.2 เฟรมที่ 451 (แสงปานกลาง) (ต่อ)

ภาพที่	ลักษณะภาพ	ค่าขีดแบ่ง	จุดรบกวนบนพื้นถนน	ความสมบูรณ์ของเส้นขอบยานพาหนะ	ความเหมาะสม
6		400	ไม่มีจุดรบกวน	เส้นขอบขาดหายมาก	ไม่เหมาะสม



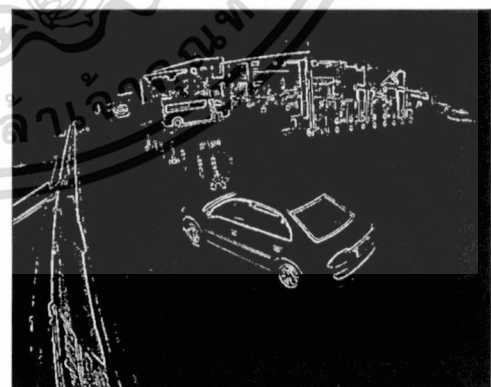
(ก) RGB



(ข) ค่าขีดแบ่ง = 200



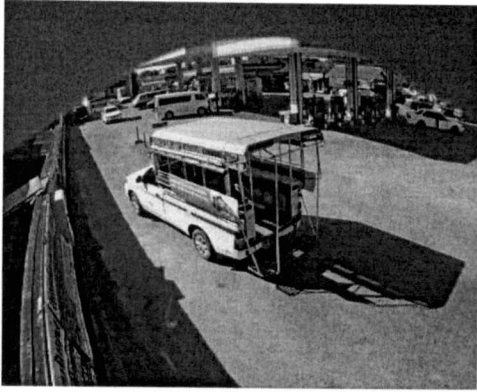
(ค) ค่าขีดแบ่ง = 250



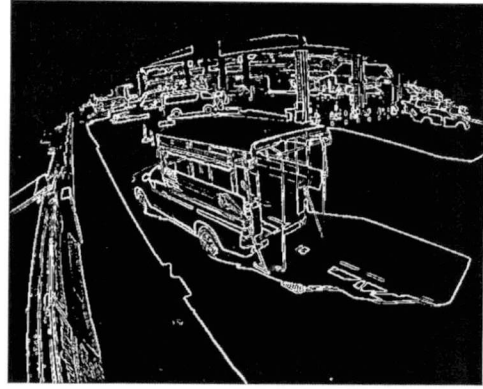
(ง) ค่าขีดแบ่ง = 300

ภาพที่ 5.47 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.1 เฟรมที่ 180 (แสงสลัว)

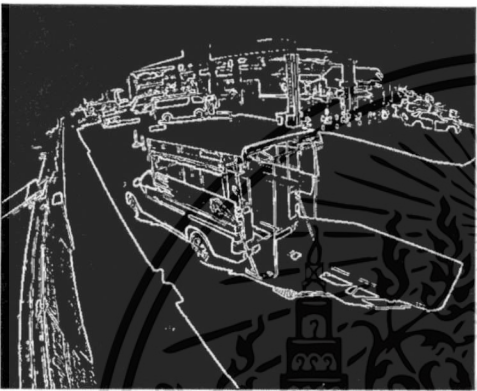
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



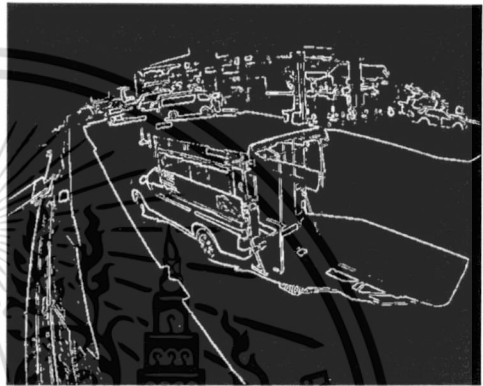
(ก) RGB



(ข) ค่าขีดแบ่ง = 200



(ค) ค่าขีดแบ่ง = 250



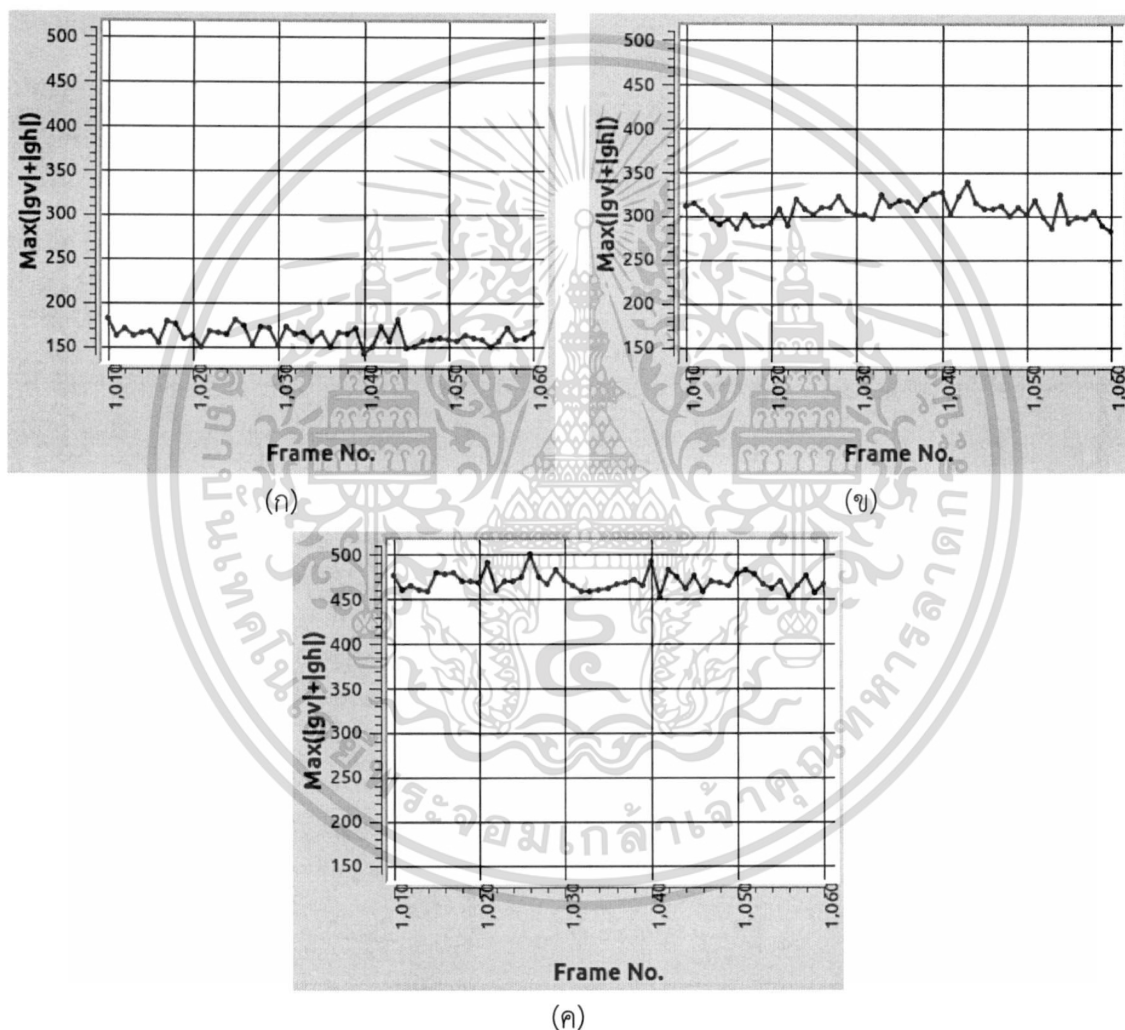
(ง) ค่าขีดแบ่ง = 300

ภาพที่ 5.48 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับเส้นขอบภาพด้วยวิธีการของโซเบล โดยใช้ค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกันของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.3 เฟรมที่ 1357 (แสงจ้า)

จากการทดลอง เมื่อนำชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1 ในสภาวะแสงสลัว (1.1) แสงปานกลาง (1.2 และ 1.4) และแสงจ้า (1.3) ไปตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะด้วยค่าขีดแบ่งที่แตกต่างกันตั้งแต่ 100 ถึง 700 โดยให้เพิ่มขึ้นทีละ 50 เพื่อหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพในแต่ละสภาวะแสง พบว่าค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะในสภาวะแสงสลัวมีค่าเท่ากับ 200 ดังแสดงในภาพที่ 5.47 (ข.) ส่วนค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะในสภาวะแสงจ้ามี่ค่าเท่ากับ 300 ดังแสดงในรูปที่ 5.48 (ค.) และสำหรับค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพของยานพาหนะภาพในสภาวะแสงปานกลางมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 250 ดังแสดงในตารางที่ 5.4 ภาพผลลัพธ์ที่ 4

5.4.2.3 การทดลองเพื่อวิเคราะห์จำนวนเฟรมเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับอัลกอริธึมการเลือกค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติตามสภาวะแสงในภาพถ่าย (GATE: Gradient-based Adaptive Threshold Estimation)

ในการทดลองนี้จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งกับแนวแกนนอนหรือค่า $\max(|gv|+|gh|)$ ซึ่งได้ทำการทดลองภายใต้กรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นระดับมากของชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1 ในสภาวะแสงที่แตกต่างกันและเป็นช่วงที่ไม่มียานพาหนะเคลื่อนผ่าน ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 5.49



ภาพที่ 5.49 กราฟแสดงค่าผลรวมการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสูงสุดในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนของชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ (ก) 1.1 (ข) 1.2 และ (ค) 1.3 ช่วงเฟรมที่ 1010-1060

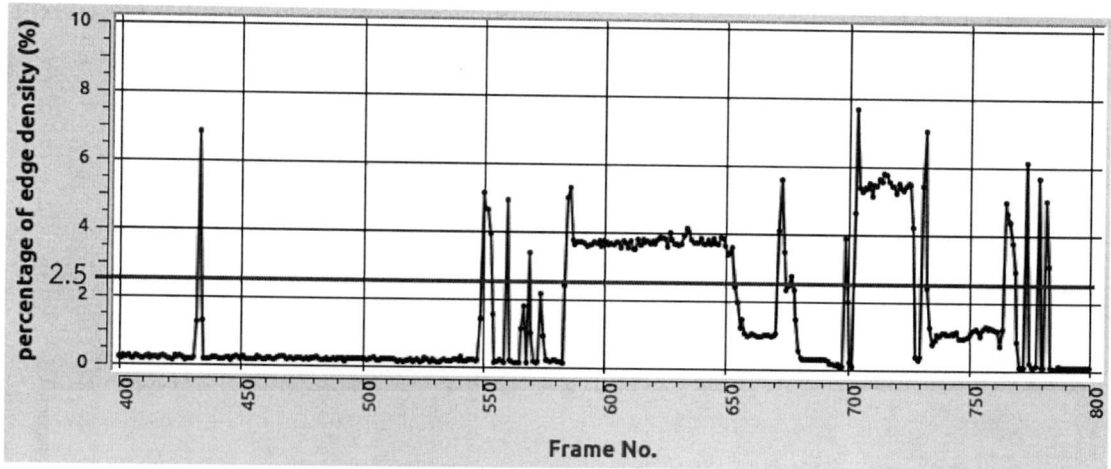
จากการทดลอง พบว่าค่า $\max(|gv|+|gh|)$ ค่อนข้างคงที่ในแต่ละสภาวะแสง ส่งผลให้สามารถนำไปใช้หาค่าขีดแบ่งได้ตามความเหมาะสมในแต่ละสภาวะแสงได้ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

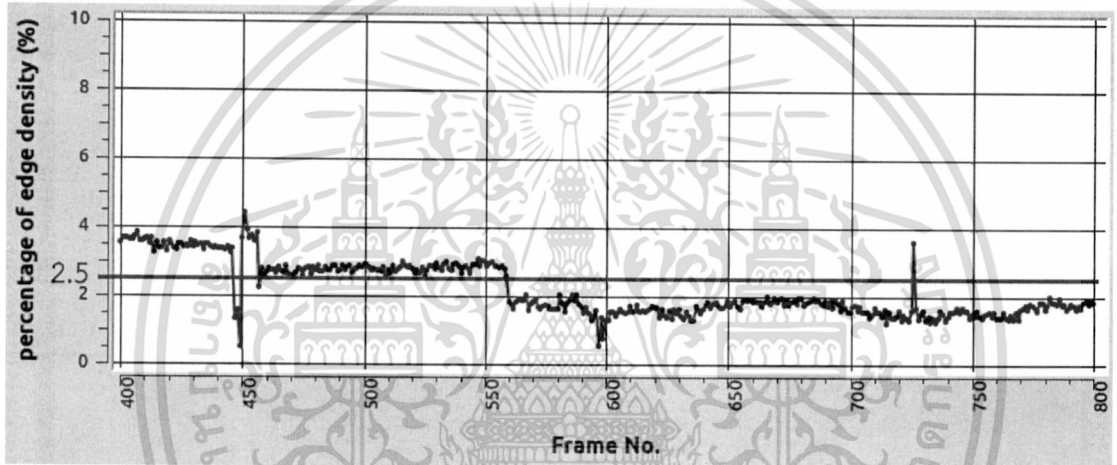
ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้จำนวนเฟรมเฉลี่ยอย่างน้อยที่สุด 1 เฟรม ซึ่งเป็นจำนวนเฟรมเฉลี่ยขั้นต่ำที่สุด และเพียงพอที่ใช้หาค่าเฉลี่ย $\max(|g_v| + |g_h|)$ ซึ่งสามารถนำไปใช้หาค่าขีดแบ่งได้อย่างเหมาะสม

5.4.3 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ค่าขอบเขต (Bound) ที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาสถานะกรอบหน้าต่างการตรวจจับ

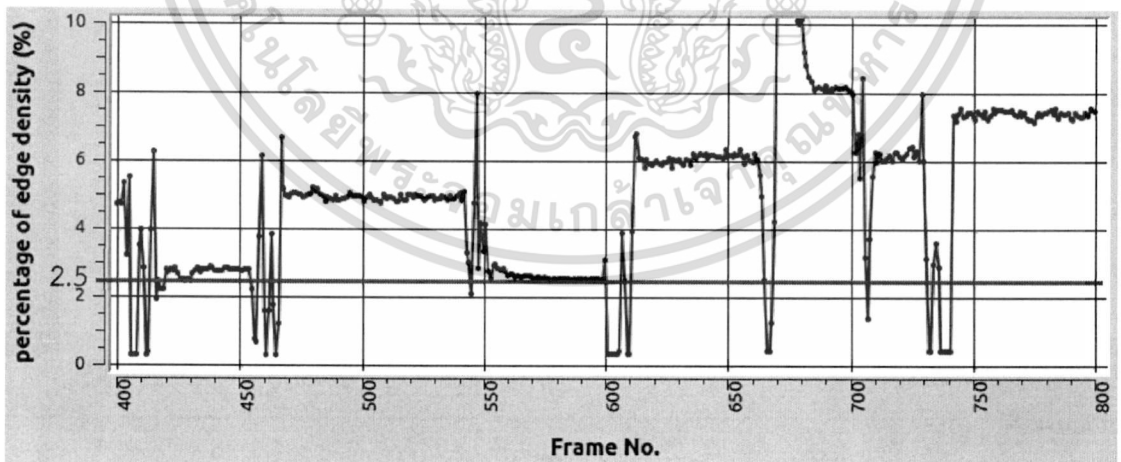
ในการทดลองนี้จะทำการทดลองหาค่าขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพิจารณาสถานะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่น ซึ่งจากงานวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ภาพถ่ายสำหรับระบบตรวจตราสภาพการจราจรด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพร่วมกับกรอบหน้าต่างการตรวจจับ” พบว่าค่าขอบเขตที่จะสามารถตรวจจับได้ว่าไม่มีรถอยู่ภายในกรอบหน้าต่างการตรวจจับหรืออาจเป็นช่วงที่ยานพาหนะเริ่มเคลื่อนที่เข้ามาในกรอบหน้าต่างการตรวจจับการตรวจจับจะอยู่ที่ 2-3 เปอร์เซ็นต์ของขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับ ดังนั้น เพื่อตรวจสอบค่าขอบเขตจากงานวิจัยดังกล่าวว่าเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้หรือไม่จึงได้ทำการทดลองหาค่าขอบเขตที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นระดับมากของชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1 ภายใต้ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 5.50



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5.50 กราฟแสดงปริมาณเส้นขอบภาพของกรอบการตรวจจับที่ความหนาแน่นระดับมาก จากชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ (ก) 1.1 (ข) 1.2 และ (ค) 1.3 ช่วงเฟรมที่ 400-800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง พบว่าหากมียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะมีค่าปริมาณเส้นขอบภาพโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 2.5 ของขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับเสมอ เช่น ช่วงเฟรมที่ 600-650 ของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.1 ช่วงเฟรมที่ 500-550 ของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.2 และ ช่วงเฟรมที่ 440-450 ของภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.3 เป็นต้น ส่วนในช่วงเฟรมที่ไม่มียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจับนั้นโดยเฉลี่ยแล้วจะมีปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับน้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ของขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับเสมอ ดังนั้น ค่าขอบเขตที่เหมาะสมจึงควรมีค่าเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ของขนาดกรอบหน้าต่างการตรวจจับ

5.4.4 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊ส

ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สกับชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 ซึ่งภาพถ่ายทั้ง 2 ชุดนี้ เป็นภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ณ สถานบริการแก๊สที่แตกต่างกัน ภายใต้สภาวะแสงที่หลากหลาย สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพนั้นจะทำทดสอบโดยการตรวจสอบสถานะการตรวจจับยานพาหนะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นในแต่ละระดับที่ระบบตรวจสอบได้เทียบกับสถานะการตรวจจับยานพาหนะของกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นในแต่ละระดับที่มีอยู่จริงในภาพถ่าย และแสดงผลการทดสอบออกมาในรูปของความถูกต้องในการตรวจจับยานพาหนะ (Detection Rate: %D) รวมถึงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะ (Error Rate: %E) ดังแสดงในสมการที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

$$\%D = \frac{\text{จำนวนเฟรมที่ตรวจจับยานพาหนะถูกต้อง}}{\text{จำนวนเฟรมทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.1)$$

$$\%E = \frac{\text{จำนวนเฟรมที่ตรวจจับยานพาหนะผิดพลาด}}{\text{จำนวนเฟรมทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.2)$$

โดยมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ
สถานบริการแก๊สกับชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1

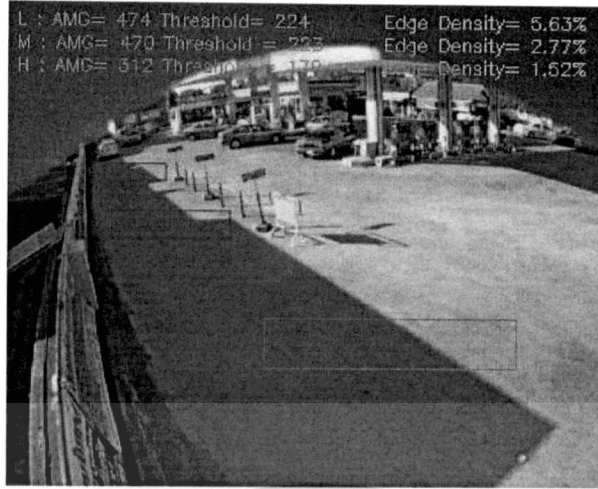
ชุดที่	จำนวนเฟรม	จำนวนเฟรมที่ตรวจจ็บบานพาหนะถูกต้อง	จำนวนเฟรมที่ตรวจจ็บบานพาหนะผิดพลาด	ความถูกต้องในการตรวจจ็บบานพาหนะ (%)	ความผิดพลาดในการตรวจจ็บบานพาหนะ (%)
1.1	3850	3590	260	93.25	6.75
1.2	1999	1018	981	50.93	49.07
1.3	1427	1135	292	79.54	20.46
1.4	1871	1636	235	87.43	12.56
รวม	9147	7379	1768	80.67	19.33

ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ
สถานบริการแก๊สกับชุดภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 2

ชุดที่	จำนวนเฟรม	จำนวนเฟรมที่ตรวจจ็บบานพาหนะถูกต้อง	จำนวนเฟรมที่ตรวจจ็บบานพาหนะผิดพลาด	ความถูกต้องในการตรวจจ็บบานพาหนะ (%)	ความผิดพลาดในการตรวจจ็บบานพาหนะ (%)
2	2854	2773	81	97.16	2.84
รวม	2854	2773	81	97.16	2.84

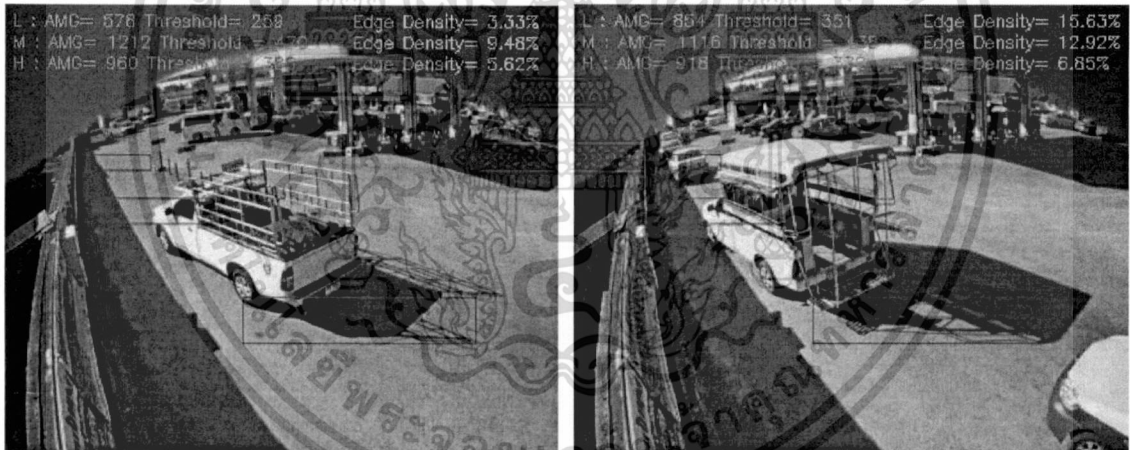
จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การตรวจจ็บบานพาหนะที่มีความผิดพลาดนั้นโดยส่วนใหญ่เกิดจากเงาที่มีรายละเอียดค่อนข้างมากจึงทำให้เกิดเส้นขอบภาพปริมาณมากจนเกินค่าขอบเขตที่ใช้ตรวจจ็บบานพาหนะภายในกรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาหนะ สำหรับลักษณะของเงาที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดมากที่สุดคือเงาที่เกิดขึ้นจางสิ่งปลูกสร้าง เช่น หลังคาของสถานบริการแก๊ส เนื่องจากเงาประเภทนี้จะปรากฏเป็นระยะเวลาตามทิศทางของแนวแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อสิ่งเหล่านั้นจนทำให้เกิดเงาและเงาจะหายไปเมื่อแสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนทิศทางไป ส่งผลให้กรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาหนะสามารถตรวจเจอวัตถุต่างๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น หรือมีสถานะเสมือนมียานพาหนะปรากฏอยู่ในกรอบหน้าต่างการตรวจจ็บบานพาหนะตลอดเวลา ดังภาพที่ 5.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.51 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากเงาของสิ่งปลูกสร้าง

นอกจากนี้ เงาที่เกิดจากตัวยานพาหนะเองก็ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะเช่นกันเพราะยานพาหนะบางคันทำให้เกิดเงาที่มีรายละเอียดค่อนข้างมาก ดังภาพที่ 5.52



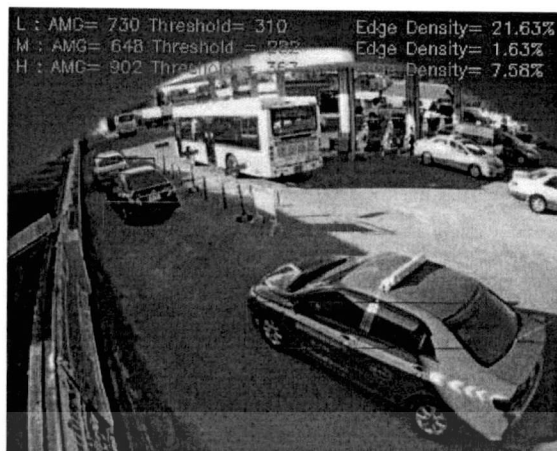
(ก)

(ข)

ภาพที่ 5.52 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากเงาของยานพาหนะ

นอกจากความผิดพลาดที่เกิดจากเงาดังที่กล่าวมาแล้วนั้น อีกเรื่องหนึ่งที่ต้องส่งผลต่อการเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะคือสีของยานพาหนะ โดยเฉพาะสีของยานพาหนะที่มีลักษณะกลมกลืนไปกับสีของพื้นถนน ทำให้ไม่สามารถแยกแยะเส้นขอบของยานพาหนะได้อย่างชัดเจน จึงทำให้ปริมาณเส้นขอบภาพในกรอบหน้าต่างการตรวจจับมีค่าต่ำกว่าค่าขอบเขตที่ใช้ตรวจจับยานพาหนะภายในกรอบหน้าต่างการตรวจจับจึงทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังภาพที่ 5.53 ในกรอบความหนาแน่นปานกลาง จะไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.53 แสดงความผิดพลาดในการตรวจจับยานพาหนะที่เกิดจากสีของยานพาหนะ

5.4.5 การทดลองเพื่อวิเคราะห์จำนวนเฟรมที่เหมาะสมสำหรับลดความผิดพลาดอันเกิดจากกรณียานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับ

ในการทดลองนี้ จะการทดลองเพื่อวิเคราะห์จำนวนเฟรมที่เหมาะสมสำหรับลดความผิดพลาดอันเกิดจากกรณียานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับ เนื่องจากกรณีที่ยานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะใช้เวลาค่อนข้างนานกว่ายานพาหนะประเภทอื่น หากใช้ข้อมูลภาพเพียงไม่กี่เฟรมมาตัดสินใจเป็นระดับความหนาแน่นเลยก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายเพราะอาจมองยานพาหนะขนาดยาวที่เพียงแค่อันที่ผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับหลายกรอบเป็นระดับความหนาแน่นคล้ายกับมียานพาหนะหลายคันต่อเรียงกันเพื่อรอรับบริการก็เป็นได้ ดังนั้น หนทางหนึ่งที่จะช่วยลดความผิดพลาดจากปัญหาดังกล่าวได้คือ การรอดูให้แน่ใจก่อนว่ายานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเป็นเพียงแค่อันพาหนะขนาดยาวเคลื่อนที่ผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับเท่านั้น โดยกระบวนการดังกล่าวจะเริ่มทำหลังจากที่ตรวจพบการมีอยู่ของยานพาหนะภายในกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นระดับมาก หรือระดับปานกลาง หรือทั้งระดับมากและระดับปานกลางในรอบแรกเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะทำการรอเป็นจำนวนเฟรมที่นานที่สุดที่ยานพาหนะขนาดยาวใช้เคลื่อนที่ผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับ แล้วจึงทำการตรวจสอบระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจากทดลองพบว่าจำนวนเฟรมที่เหมาะสมต่อการรอดูให้แน่ใจว่าเป็นเพียงแค่อันพาหนะขนาดยาวเคลื่อนที่ผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับจะอยู่ที่ 8 เฟรม ดังภาพที่ 5.54



ภาพที่ 5.54 แสดงช่วงที่มียานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับของชุด

ภาพถ่ายสภาพความหนาแน่นชุดที่ 1.4 ช่วงเฟรมที่ 1753-1762

จากภาพที่ 5.54 จะเห็นได้ว่าการตรวจพบการมีอยู่ของยานพาหนะภายในกรอบหน้าต่างการตรวจจับความหนาแน่นระดับมากในเฟรมที่ 1754 หากระบบตรวจสอบสภาพความหนาแน่นทำการรอดูให้แน่ใจว่าเป็นเพียงแค่อยานพาหนะขนาดยาวเคลื่อนที่ผ่านกรอบหน้าต่างการตรวจจับเป็นจำนวน 8 เฟรม แล้วจึงทำการตรวจสอบระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้ได้ระดับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานบริการแก๊สที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัย ผลที่ได้รับจากงานวิจัย ปัญหาและอุปสรรค แนวทางการแก้ไข รวมถึงแนวทางในการพัฒนาต่อ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

6.1 บทสรุป

ในการศึกษาและพัฒนางานวิจัย ได้มีการศึกษาถึงปัญหาที่เป็นเหตุให้ควรพัฒนาระบบ และกำหนดความต้องการและขอบเขตของระบบ ทำให้ได้บทสรุปของโครงสร้างระบบโดยรวม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

6.1.1 ส่วนของการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะในสถานบริการแก๊ส จากภาพถ่าย

ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลภาพที่ได้จากกล้องไอพี ๓ สถานบริการแก๊สแห่งต่างๆ มาผ่านการตีกรอบความหนาแน่นโดยผู้ดูแลระบบ เพื่อกำหนดขอบเขตข้อมูลภาพสำหรับการตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของยานพาหนะจากภาพถ่าย ซึ่งมีกระบวนการหลัก 2 ขั้นตอน คือ การตรวจจับยานพาหนะเพื่อแยกยานพาหนะออกจากภาพพื้นหลัง และการติดตามและตรวจนับยานพาหนะจากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนแรก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการกำหนดสถานะของกรอบความหนาแน่นแต่ละกรอบที่ผู้ดูแลระบบทำการตีกรอบไว้ในตอนแรก และนำมาสรุปเป็นข้อมูลระดับความหนาแน่นของแต่ละสถานบริการแก๊ส เพื่อเก็บลงฐานข้อมูลและรอการเรียกใช้งานจากแอปพลิเคชัน

6.1.2 ส่วนของแอปพลิเคชันต่างๆ ของระบบ

ส่วนของการทำแอปพลิเคชันต่างๆ ของระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. Mobile Application เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ให้บริการค้นหาและนำเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยอาศัยข้อมูลระดับความหนาแน่นแต่ละสถานบริการแก๊ส ข้อมูลสภาพการจราจรจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร และข้อมูลระยะทางจากแผนที่กูเกิล มาใช้เป็นปัจจัยในการค้นหาเส้นทางไปยังสถานบริการแก๊สที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังมีการให้ข้อมูลต่างๆ ของสถานบริการแก๊สให้ผู้ใช้ทราบ โดย

อาศัยข้อมูลจากผู้ดูแลสถานบริการแก๊ส และที่สำคัญแอปพลิเคชันยังมีการให้ข้อมูลราคาแก๊สและแจ้งเตือนการปรับราคาแก๊สแต่ละประเภทอีกด้วย

2. Server Application เป็นส่วนที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลภาพที่ได้รับจากกล้องไอพีแต่ละสถานบริการแก๊ส และจัดการข้อมูลสภาพจราจรที่นำเข้ามาจากโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร รวมถึงจัดการข้อมูลราคาแก๊ส ซึ่งในส่วนจัดการข้อมูลภาพจะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบจะต้องทำการเตรียมข้อมูลภาพ โดยการตีกรอบความหนาแน่น เพื่อกำหนดขอบเขตของข้อมูลภาพในการนำไปใช้พิจารณาเป็นระดับความหนาแน่นต่อไป ส่วนการจัดการข้อมูลสภาพจราจรและราคาแก๊สจะเป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบจะต้องทำการตั้งค่าการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลของโครงการประเมินและรายงานสภาพจราจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงข้อมูลของฐานข้อมูลระบบ
3. Web Application เป็นส่วนที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลสถานบริการแก๊สของผู้ดูแลระบบ และผู้ดูแลสถานบริการแก๊ส โดยสามารถทำการ เพิ่ม/แก้ไข/ลบข้อมูลของสถานบริการแก๊สผ่านหน้าเว็บไซต์ได้

6.2 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

จากการศึกษาและพัฒนางานวิจัย ทำให้ได้ความรู้ความเข้าใจใน การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของระบบเพื่อแก้ไขปัญหาและสนองความต้องการของผู้ใช้งาน กระบวนการคิดและวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถทำงานได้ทันภายในเวลาที่กำหนด การออกแบบระบบอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อนำเสนอในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ กลวิธีในการสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ค้นคว้ามามีได้ การนำเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน และทฤษฎีต่างๆ จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนางานวิจัย ตลอดจนแนวคิดการจัดการและวิธีการวิเคราะห์ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วงลงไปได้

6.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ในการสืบค้นข้อมูล ส่วนของเฟรมเวิร์กที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันมีรายละเอียดน้อย แม้ในเว็บไซต์ของแอปเปิดเองก็ยังไม่มียละเอียดให้เพียงพอ ทำให้การทำความเข้าใจในการใช้งานแต่ละฟังก์ชันของเฟรมเวิร์กทำได้ยาก
2. ในการเก็บข้อมูลภาพจากสถานบริการแก๊สนั้น ในกรณีที่เป็นแก๊ส NGV ต้องได้รับการอนุญาตจากบริษัท ปตท. ซึ่งในการติดต่อเพื่อขออนุญาตนั้นค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลาในการดำเนินการนานพอสมควร ทำให้การทำงานมีความล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โครงการพัฒนาระบบประเมินและรายงานสภาพจราจร. “Traffy API” [Online].

Availabel : <http://info.traffy.in.th/api/>.

ผศ.ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์ . ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท สงวนกิจ พรินท์ แอนด์ มีเดีย. 2552.

พิพัฒน์พล ลาภอมรภิญโญ. “การวิเคราะห์ภาพถ่ายสำหรับระบบตรวจตราสภาพการจราจร ด้วยวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพร่วมกับกรอบหน้าต่างการตรวจจับ” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2554.

รวีหัต ภู่อำ. คู่มือเขียน iPhone Apps. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท โปรวิชั่น จำกัด. 2554.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี” [Online].

Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาอ็อบเจกทีฟ-ซี>.

ศทบ 12. “ระบบพิกัด (Coordinate System)” [Online].

Available : <http://www.dgr.go.th/water2006/technique37.html>.

Apple Inc. “About iOS Development” [Online]. Available :

http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/iPhoneOSOverview/iPhoneOSOverview.html#//apple_ref/doc/uid/TP40007898-CH4-SW1. 2011.

Apple Inc. “Getting the User’s Location” [Online]. Available :

https://developer.apple.com/library/ios/#documentation/UserExperience/Conceptual/LocationAwarenessPG/CoreLocation/CoreLocation.html#//apple_ref/doc/uid/TP40009497-CH2-SW1. 2011.

Apple Inc. “Map Kit Framework Reference” [Online]. Available :

https://developer.apple.com/library/ios/#documentation/MapKit/Reference/MapKit_Framework_Reference/_index.html. 2011.

COMPSPOT.NET. “รู้จักกับ IP CAMERA” [Online]. Availabel :

http://www.comspot.net/index.php?option=com_content&task=view&id=357&Itemid=46. 2009.

Global5 Co., Ltd. “ความรู้เรื่อง GPS” [Online].

Available : <http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm#1>.

Google Developers. “The Google Directions API” [Online]. Available :

<https://developers.google.com/maps/documentation/directions/>.

Intersoft Engineering Co.,Ltd. “หลักการทํางาน GPS” [Online].

Available : <http://www.intersoft.co.th/gps1.html>. 2010.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล.....นาง อรฉัตร จิตต์โสภักตร์.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด...5 พฤษภาคม 2516...อายุ...40...ปี

สถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน.....รองศาสตราจารย์.....

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2536
M.S.	Computer Engineering	Arizona State University	2539
Ph.D.	Electrical Engineering	University of Texas	2544

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....

.....- image and video indexing and retrieval.....

.....- image and video compression.....

.....- image registration.....

.....- visual inspection.....

.....- pattern recognition.....

.....- image enhancement for super-resolution.....

.....- weather forecast and hardware design for image processing applications.....

.....

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2537	ทุนการศึกษาต่อระดับปริญญาโท-เอก ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้ร่วมวิจัย (2)

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล.....นายสินธุ์ นุชนาว์.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด 28 พฤศจิกายน 2534 อายุ 21 ปีสถานภาพ โสด สมรส

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2555



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้