

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญภาพประกอบ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.3.1 แอปพลิเคชันรายงานถนนชำรุด.....	2
1.3.2 สามารถสมัครสมาชิกได้ด้วยการกรอกข้อมูลดังนี้ .....	2
1.3.3 ความสามารถของโปรแกรมในรถยนต์ .....	2
1.3.4 ความสามารถของระบบหลัก .....	3
1.3.5 ผู้ดูแล .....	3
1.3.6 อุปกรณ์ .....	4
1.4 ภาพรวมของระบบ.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	5
1.6 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน .....	5
1.6.1 ฮาร์ดแวร์.....	5
1.6.2 ซอฟต์แวร์.....	5
1.7 แผนการดำเนินงาน.....	5
1.8 ตัวอย่างโปรแกรม .....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	11
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	11
2.1.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing).....	11
2.1.2 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning).....	16
2.1.3 การตรวจจับวัตถุด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Object Detection).....	23
2.1.4 การประเมินประสิทธิภาพ .....	24
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	27
3.1 กรอบการดำเนินงาน.....	27
3.1.1 ส่วนที่ 1 ผู้ใช้ทั่วไป.....	27
3.1.2 ส่วนที่ 2 ผู้ดูแลระบบ.....	28
3.1.3 ส่วนที่ 3 ระบบหลังบ้าน (Backend).....	29
3.1.4 ส่วนที่ 4 เจ้าหน้าที่.....	29
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการระบบตรวจจับถนน.....	30
3.3 การทำงานของ VGG-16.....	31
3.3.1 ค้นหาคุณลักษณะเด่นของภาพออกมา (Convolution).....	31
3.3.2 ขั้นตอนการตรวจจับ (ReLU).....	34
3.3.3 ลดขนาดของภาพด้วยการเลือกจุดเด่นสุด (Max Pooling).....	35
3.3.4 แผ่ภาพให้เป็นแนวตั้ง (Flatten).....	36
3.3.5 ปรับ Input ให้เหลือเท่ากับ Output (Full connection).....	37
3.4 การตรวจจับวัตถุด้วย Faster R-CNN.....	38
3.4.1 Region proposal network (RPN).....	38
3.4.2 Intersection over union (IoU).....	40
3.4.3 Non-max suppression (NMS).....	41
3.4.4 Region of Interest Pooling (ROI).....	43
3.5 ระยะเวลาการรวบรวมข้อมูล (Data Preparation).....	45
3.5.1 คำอธิบายประกอบข้อมูล (Data annotations).....	46
3.5.2 Data Augmentation.....	47
3.6 การประเมินผล (Evaluation).....	47
3.7 การนำโมเดลไปใช้งาน.....	51
3.8 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ.....	52
3.8.1 External Entity Description.....	55
3.8.2 Data Store Description.....	56
3.8.3 Data Structure Description.....	56
3.9 ER diagram.....	60

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.9.1 รายละเอียดตารางข้อมูล (Data table Description).....	61
บทที่ 4 ผลการทดลอง .....	63
4.1 วิธีการทดลอง.....	63
4.1.1 การเตรียมชุดข้อมูลก่อนการเรียนรู้.....	63
4.1.2 ตั้งค่าการเรียนรู้ (Training setting).....	64
4.1.3 วิธีการนำภาพเข้าทดสอบ .....	64
4.2 ผลการทดลอง.....	66
4.3 การประเมินและวิเคราะห์ผลการประเมิน .....	67
4.4 ตัวอย่างการทำนายผลบน Mobile Application .....	73
4.5 ตัวอย่างการทำนายผลด้วย Desktop Application .....	74
4.6 ตัวอย่างการจัดการการรายงานถนนด้วย Website.....	75
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง .....	76
5.1 สรุปผลและอภิปรายผล .....	76
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน.....	77
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	77
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน Mobile Application.....	82
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน Desktop Application .....	88
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งาน Website Application .....	92
บทความวิจัย.....	97
โปสเตอร์โครงงาน.....	112
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน.....	114

## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1.4.1 ภาพรวมภายในระบบ.....	4
ภาพประกอบที่ 1.8.1 ตัวอย่างหน้าแรก .....	7
ภาพประกอบที่ 1.8.2 ตัวอย่างหน้าแจ้งถนนชำรุด .....	7
ภาพประกอบที่ 1.8.3 ตัวอย่างหน้าประวัติการแจ้งถนนชำรุด.....	8
ภาพประกอบที่ 1.8.4 ตัวอย่างหน้าดูรายละเอียดการแจ้งถนนชำรุด .....	8
ภาพประกอบที่ 1.8.5 ตัวอย่างหน้าแก้ไขประวัติส่วนตัว.....	9
ภาพประกอบที่ 1.8.6 ตัวอย่างหน้าเว็บของผู้ดูแลระบบ .....	9
ภาพประกอบที่ 1.8.7 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับเจ้าหน้าที่.....	10
ภาพประกอบที่ 2.1.1 แสดงการเก็บค่าของแสงในแต่ละจุดภาพ.....	11
ภาพประกอบที่ 2.1.2 พิกัดที่ใช้อ้างอิงถึงภาพดิจิทัล.....	11
ภาพประกอบที่ 2.1.3 แสดงการประกอบกันของภาพสีแดง เขียว และน้ำเงิน.....	12
ภาพประกอบที่ 2.1.4 การประมวลผลภาพ .....	12
ภาพประกอบที่ 2.1.5 วิธีการลดสัญญาณรบกวนด้วย Median Filter.....	13
ภาพประกอบที่ 2.1.6 ผลลัพธ์จาก Median Filter.....	13
ภาพประกอบที่ 2.1.7 Image features extraction.....	13
ภาพประกอบที่ 2.1.8 Structural Element.....	14
ภาพประกอบที่ 2.1.9 การทำงานของ Dilation.....	14
ภาพประกอบที่ 2.1.10 Dilation Operation.....	14
ภาพประกอบที่ 2.1.11 การทำงานของ Erosion .....	15
ภาพประกอบที่ 2.1.12 Erosion Operation.....	15
ภาพประกอบที่ 2.1.13 Data Augmentation .....	15
ภาพประกอบที่ 2.1.14 การเรียนรู้เชิงลึก Deep Learning .....	17
ภาพประกอบที่ 2.1.15 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	17
ภาพประกอบที่ 2.1.16 Convolutional Neural Network .....	19
ภาพประกอบที่ 2.1.17 การทำ Feature Map .....	19
ภาพประกอบที่ 2.1.18 การทำ Pooling Layer.....	20
ภาพประกอบที่ 2.1.19 VGG-16 Model .....	22
ภาพประกอบที่ 2.1.20 โครงสร้างของ VGG-16.....	22
ภาพประกอบที่ 2.1.21 ระยะแรกของการตรวจจับวัตถุ .....	23

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 2.1.22 การทำงาน Selective Search.....	23
ภาพประกอบที่ 2.1.23 การทำงานของ Fast R-CNN .....	24
ภาพประกอบที่ 2.1.24 การทำงานของ Faster R-CNN.....	24
ภาพประกอบที่ 3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ .....	27
ภาพประกอบที่ 3.1.2 การทำงานของผู้ใช้ทั่วไป .....	28
ภาพประกอบที่ 3.1.3 ขั้นตอนการทำงานของผู้ดูแลระบบ .....	28
ภาพประกอบที่ 3.1.4 ระบบ Backend.....	29
ภาพประกอบที่ 3.1.5 ขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่.....	29
ภาพประกอบที่ 3.2.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการระบบตรวจจับถนนวน .....	30
ภาพประกอบที่ 3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของ VGG-16 .....	31
ภาพประกอบที่ 3.3.2 ภาพรวมของการ Convolution .....	31
ภาพประกอบที่ 3.3.3 ขนาดภาพนำเข้าและขนาดของ Filter.....	32
ภาพประกอบที่ 3.3.4 ขนาดภาพใหม่ Output of size ขนาด 5 x 5.....	32
ภาพประกอบที่ 3.3.5 Padding ขยายขอบภาพ.....	32
ภาพประกอบที่ 3.3.6 การ Convolutional .....	33
ภาพประกอบที่ 3.3.7 ผลลัพธ์ Output of size .....	33
ภาพประกอบที่ 3.3.8 ตัวอย่างการทำงานของ ReLU .....	34
ภาพประกอบที่ 3.3.9 ภาพตัวอย่างหลังจากทำ ReLU.....	34
ภาพประกอบที่ 3.3.10 ภาพรวมของการ Max Pooling .....	35
ภาพประกอบที่ 3.3.11 การหาค่าสูงสุด (Max Pooling) .....	35
ภาพประกอบที่ 3.3.12 ภาพรวมของการ Flatten.....	36
ภาพประกอบที่ 3.3.13 ผลลัพธ์การเปลี่ยนโครงสร้างชุดข้อมูล .....	36
ภาพประกอบที่ 3.3.14 ภาพรวมของการ Full connection .....	37
ภาพประกอบที่ 3.4.1 กระบวนการการทำงานของ Faster R-CNN.....	38
ภาพประกอบที่ 3.4.2 Region Proposal Network.....	38
ภาพประกอบที่ 3.4.3 จุดบอกตำแหน่ง .....	39
ภาพประกอบที่ 3.4.4 Anchor Boxes.....	39
ภาพประกอบที่ 3.4.5 Anchor ที่กระจายตาม Feature Map .....	40
ภาพประกอบที่ 3.4.6 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ RPN.....	40

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 3.4.7 การคำนวณหาค่า Intersection over Union .....	41
ภาพประกอบที่ 3.4.8 ชั้นตอน Non-Max Suppression .....	42
ภาพประกอบที่ 3.4.9 ผลลัพธ์ Non-Max Suppression.....	42
ภาพประกอบที่ 3.4.10 การรวม Feature Map และ RPN .....	43
ภาพประกอบที่ 3.4.11 การทำงาน Region of Interest Pooling .....	43
ภาพประกอบที่ 3.4.12 ตัวอย่าง Input ของ B-box Regressor .....	44
ภาพประกอบที่ 3.4.13 ตัวอย่าง Input ของ Softmax.....	44
ภาพประกอบที่ 3.4.14 ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จาก ROI Pooling .....	44
ภาพประกอบที่ 3.5.1 ตัวอย่างการกำหนดค่าความจริง (Ground Truth).....	46
ภาพประกอบที่ 3.6.1 ตัวอย่างการกำหนดผลเฉลย.....	47
ภาพประกอบที่ 3.6.2 ตารางกราฟ Precision และ Recall.....	49
ภาพประกอบที่ 3.6.3 Interpolated Precision .....	50
ภาพประกอบที่ 3.6.4 วิธีการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ.....	50
ภาพประกอบที่ 3.6.5 ผลลัพธ์การคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ.....	51
ภาพประกอบที่ 3.7.1 โมเดลในระบบรายงานถนน .....	51
ภาพประกอบที่ 3.7.2 โมเดลในโปรแกรมจำแนกถนน.....	52
ภาพประกอบที่ 3.8.1 Context diagram.....	52
ภาพประกอบที่ 3.8.2 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1).....	53
ภาพประกอบที่ 3.9.1 ER diagram.....	60
ภาพประกอบที่ 4.1.1 วิธีการนำภาพเข้าทดสอบ.....	65
ภาพประกอบที่ 4.1.2 ตัวอย่างการทำนายและวัดผล .....	66
ภาพประกอบที่ 4.1.3 ภาพรวมของการทดสอบ .....	66
ภาพประกอบที่ 4.2.1 ผลลัพธ์การฝึกการเรียนรู้.....	67
ภาพประกอบที่ 4.3.1 ผลลัพธ์ทั้งสามชนิด.....	68
ภาพประกอบที่ 4.4.1 ตัวอย่างการทำนายบน Application ภาพที่ 1.....	73
ภาพประกอบที่ 4.4.2 ตัวอย่างการทำนายบน Application ภาพที่ 2.....	73
ภาพประกอบที่ 4.5.1 ตัวอย่างการทำนายผลด้วย Desktop Application ภาพที่ 1.....	74
ภาพประกอบที่ 4.5.2 ตัวอย่างการทำนายผลด้วย Desktop Application ภาพที่ 2.....	74
ภาพประกอบที่ 4.6.1 การจัดการการรายงานถนนด้วย Website ภาพที่ 1 .....	75

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 4.6.2 การจัดการการรายงานถนนด้วย Website ภาพที่ 2 .....	75
ภาพประกอบที่ ก - 1 หน้าลือคอิน .....	82
ภาพประกอบที่ ก - 2 หน้าสมัครสมาชิก .....	82
ภาพประกอบที่ ก - 3 หน้าโฮม .....	83
ภาพประกอบที่ ก - 4 ปุ่มทางลัด .....	84
ภาพประกอบที่ ก - 5 การแจ้งถนน .....	84
ภาพประกอบที่ ก - 6 ใส่รายละเอียดก่อนรายงาน .....	85
ภาพประกอบที่ ก - 7 ผลการรายงานถนน .....	85
ภาพประกอบที่ ก - 8 ข้อมูลส่วนตัว .....	86
ภาพประกอบที่ ข - 1 หน้าโปรแกรม Desktop Application .....	88
ภาพประกอบที่ ข - 2 เมื่อใส่ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการครบ .....	88
ภาพประกอบที่ ข - 3 โปรแกรมเริ่มการทำงาน .....	89
ภาพประกอบที่ ข - 4 PDF SAVE .....	89
ภาพประกอบที่ ข - 5 ไฟล์ผลลัพธ์การทำงาน .....	89
ภาพประกอบที่ ข - 6 ตัวอย่างไฟล์การตรวจจับถนน .....	90
ภาพประกอบที่ ข - 7 ตัวอย่างไฟล์ที่นำไปใช้กับเว็บไซต์ .....	90
ภาพประกอบที่ ค - 1 หน้าลือคอินเข้าสู่ระบบ .....	92
ภาพประกอบที่ ค - 2 หน้าโฮมของเว็บไซต์ .....	92
ภาพประกอบที่ ค - 3 การตั้งค่า .....	93
ภาพประกอบที่ ค - 4 รายละเอียดการรายงาน .....	93
ภาพประกอบที่ ค - 5 รายละเอียดทั้งหมด .....	94
ภาพประกอบที่ ค - 6 การเลือกกลุ่มการรายงานถนน .....	94
ภาพประกอบที่ ค - 7 รายละเอียดในกลุ่มการรายงานถนน .....	95
ภาพประกอบที่ ค - 8 การสมัครเข้าใช้งานระบบ .....	95
ภาพประกอบที่ ค - 9 ปุ่ม Open .....	95
ภาพประกอบที่ ค - 10 อ่านไฟล์จากโปรแกรม Road Detector .....	96

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน .....	6
ตารางที่ 2.1 ห้าอันดับที่ดีที่สุดของสถาปัตยกรรม CNN (ปี 2564) .....	21
ตารางที่ 3.1 การคำนวณ Softmax.....	37
ตารางที่ 3.2 แสดงคลาสของชุดข้อมูลถนนเสียหายจำนวน 3 ชนิด.....	45
ตารางที่ 3.3 การระบุตำแหน่งค่าความจริงและตำแหน่งภาพ.....	46
ตารางที่ 3.4 Data Augmentation .....	47
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการคำนวณ Precision และ Recall.....	48
ตารางที่ 3.6 วัดความแม่นยำ .....	49
ตารางที่ 3.7 ตารางแสดง External Entity Description.....	55
ตารางที่ 3.8 Data Store Description .....	56
ตารางที่ 3.9 Data Structure Description .....	56
ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงข้อมูลสมาชิก (User).....	61
ตารางที่ 3.11 ราคาแสดงข้อมูลการรายงานถนน (User_Road).....	61
ตารางที่ 3.12 ตารางแสดงข้อมูลสมาชิก (Admin).....	62
ตารางที่ 3.13 ราคาแสดงข้อมูลการรายงานถนน (Admin_Road).....	62
ตารางที่ 4.1 ชุดข้อมูลจำนวนทั้งหมด .....	63
ตารางที่ 4.2 การแบ่งข้อมูล .....	63
ตารางที่ 4.3 การตั้งค่าการฝึกการเรียนรู้ .....	64
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการตรวจจับของหลุม.....	67
ตารางที่ 4.5 รายละเอียดการตรวจจับของซอมปะ .....	68
ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการตรวจจับของแตกร้าว .....	68
ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพของโมเดล Yolo .....	69
ตารางที่ 4.8 Model จำแนกถนน.....	69
ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายภาพที่ 1.....	70
ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายภาพที่ 2 .....	71
ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำนายภาพที่ 3 .....	72