

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มลพิษทางอากาศ	5
2.2 การประมาณค่าระดับสารมลพิษทางอากาศ	7
2.3 โครงข่ายประสาทเทียม	10
2.4 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	12
2.5 ไลบรารี Tensorflow และ Keras	15
2.6 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์	16
2.7 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 การดำเนินการวิจัย	
3.2 การสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	26
3.3 หน่วยวัดผลที่ใช้ในการทดลอง	29
3.4 การเตรียมการในการพัฒนาโปรแกรม	31
3.5 ตัวอย่างผลการทดลอง	31
3.6 คำสั่งที่ใช้ในการโปรแกรมด้วยไลบรารี Keras ในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	33
4 การทดลองและ ผลการทดลอง	
4.1 การทดลองที่ 1 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 200 รอบ	37
4.2 การทดลองที่ 2 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 400 รอบ	39
4.3 การทดลองที่ 3 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 600 รอบ	41
4.4 การทดลองที่ 4 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 800 รอบ	44
4.5 การทดลองที่ 5 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1000 รอบ	46
4.6 การทดลองที่ 6 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1200 รอบ	49
4.7 การทดลองที่ 7 กำหนดจำนวนชั้นซ่อน 1 ชั้นถึง 4 ชั้น จำนวน 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1400 รอบ	51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 การทดลองและ ผลการทดลอง	
4.8 การทดลองที่ 8 กำหนดจำนวนชั้นซ้อน 2 ชั้น จำนวนโหนดชั้นซ้อน ชั้นที่ 1 มี จำนวน 6 โหนด จำนวนชั้นซ้อนที่ 2 มีจำนวนโหนด 7 ถึง 10 จำนวนรอบการเรียนรู้ 1400 รอบ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับจำนวน ชั้นซ้อนที่ 2 มีจำนวนโหนดเท่ากันเพื่อดูว่าจำนวนโหนดในแต่ละชั้นไม่เท่า กันมีผลกระทบต่อโมเดลหรือไม่	53
4.9 การทดลองที่ 9 ใช้ mlpregressor ค่าตั้งต้นว่าดีกว่าการกำหนดจำนวนโหนด และชั้นเองหรือไม่ โดยจำนวนรอบการเรียนรู้ 200 ถึง 1400 รอบ	55
4.10 สรุปผลการทดลอง	57
5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลและอภิปรายผล	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ก อุปกรณ์และ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการดำเนินงาน	89
ข โปรแกรมการพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม	92
ค ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และ ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์	97
ง ผลการพยากรณ์ของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) โดยโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละวัน	158
ประวัติผู้วิจัย	179

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	การทำงานของนิรอรณภายในโครงข่ายประสาทเทียม	11
2.2	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น	12
2.3	สัญญาณที่มีในโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	13
2.4	การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	14
2.5	กราฟฟังก์ชันเส้นตรงที่ถูกปรับแก้	15
3.1	แผนผังการดำเนินงาน	23
3.2	ตัวอย่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 3 ชั้น มีโหนดในแต่ละชั้น 9 โหนด	28
3.3	การคำนวณประมวลผลข้อมูล	29
3.4	ตัวอย่างคำสั่งการเรียนรู้ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	33
3.5	ตัวอย่างคำสั่งการเรียนรู้ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	34
4.1	กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 200 รอบ	39
4.2	กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 400 รอบ	41
4.3	กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 600 รอบ	43
4.4	กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 800 รอบ	46
4.5	กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 1000 รอบ	48

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.6 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 1200 รอบ	50
4.7 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้ง แต่ 1 ถึง 4 ชั้น โหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบในการ เรียนรู้ 1400 รอบ	53
4.8 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของจำนวน ชั้นซ่อน 2 ชั้น จำนวนโหนด 6 เท่ากัน และจำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้น จำนวนชั้นที่ 1 มี 6 โหนด ชั้น 2 มีตั้งแต่ 7 ถึง 10 โหนด จำนวน รอบการเรียนรู้ 1400 รอบ	55
4.9 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของ mlpregressor ที่ใช้ค่าตั้งต้น จำนวนรอบการเรียนรู้ตั้งแต่ 200 ถึง 1400 รอบ เพิ่ม ชั้นทีละ 200 รอบ	56
4.10 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนชั้นซ่อน 4 ชั้น และจำนวนโหนด 30 โหนด	57
4.10 กราฟแสดง เปรียบเทียบค่าจริง และ ทำนาย ของ PM2.5	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	รายละเอียดข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์	25
3.2	ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าที่ 15 วัน	25
3.3	เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย	27
3.4	เกณฑ์ของดัชนี PM2.5 อ้างอิงจากกรมควบคุมมลพิษ	30
3.5	ผลการทดลอง 30 วัน โดยแยกสีตามเกณฑ์ของดัชนีตารางที่ 3.4	31
4.1	ตัวอย่างข้อมูลปัจจัยในการพยากรณ์	35
4.2	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 200 รอบ	37
4.3	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 400 รอบ	40
4.4	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 600 รอบ	42
4.5	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 800 รอบ	44
4.6	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1000 รอบ	47
4.7	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1200 รอบ	49
4.8	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจำนวนชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น จำนวนโหนดตั้งแต่ 6 ถึง 30 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1400 รอบ	51
4.9	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของจำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้น จำนวนโหนด 6 เท่ากัน และ จำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้นจำนวนโหนดชั้นที่ 1 มี 6 โหนด ชั้น 2 มีตั้งแต่ 7 ถึง 10 โหนด จำนวนรอบการเรียนรู้ 1400 รอบ	54
4.10	mlpregressor ค่าตั้งต้นจำนวนรอบการเรียนรู้ 200 ถึง 1400 รอบ	56
4.11	ค่าถ่วงน้ำหนักจาก INPUT LAYER ไป HIDDEN LAYER 1 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 1 1 ถึง 6 โหนด	58
4.12	ค่าถ่วงน้ำหนักจาก INPUT LAYER ไป HIDDEN LAYER 1 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 1 7 ถึง 12 โหนด	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก INPUT LAYER ไป HIDDEN LAYER 1 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 1 13 ถึง 18 โหนด	59
4.14 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก INPUT LAYER ไป HIDDEN LAYER 1 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 1 19 ถึง 24 โหนด	60
4.15 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก INPUT LAYER ไป HIDDEN LAYER 1 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 1 25 ถึง 30 โหนด	60
4.16 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 1 ไป HIDDEN LAYER 2 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 1 ถึง 6 โหนด	61
4.17 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 1 ไป HIDDEN LAYER 2 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 7 ถึง 12 โหนด	62
4.18 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 1 ไป HIDDEN LAYER 2 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 13 ถึง 18 โหนด	64
4.19 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 1 ไป HIDDEN LAYER 2 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 19 ถึง 24 โหนด	65
4.20 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 1 ไป HIDDEN LAYER 2 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 25 ถึง 30 โหนด	66
4.21 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 2 ไป HIDDEN LAYER 3 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 1 ถึง 6 โหนด	68
4.22 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 2 ไป HIDDEN LAYER 3 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 7 ถึง 12 โหนด	69
4.23 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 2 ไป HIDDEN LAYER 3 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 13 ถึง 18 โหนด	71
4.24 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 2 ไป HIDDEN LAYER 3 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 19 ถึง 24 โหนด	72
4.25 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 2 ไป HIDDEN LAYER 3 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 25 ถึง 30 โหนด	73
4.26 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 3 ไป HIDDEN LAYER 4 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 1 ถึง 6 โหนด	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 3 ไป HIDDEN LAYER 4 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 7 ถึง 12 โหนด	76
4.28 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 3 ไป HIDDEN LAYER 4 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 13 ถึง 18 โหนด	78
4.29 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 3 ไป HIDDEN LAYER 4 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 19 ถึง 24 โหนด	79
4.30 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 3 ไป HIDDEN LAYER 4 จำนวน โหนดใน HIDDEN LAYER 2 25 ถึง 30 โหนด	81
4.15 ค่าถ่วงน้ำหนักจาก HIDDEN LAYER 4 ไป OUTPUT LAYER	82
4.16 PM2.5 ค่าที่พยากรณ์ และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เป็นระยะเวลา 19 วัน	83
ค.1 ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	98
ค.2 ข้อมูลที่ใช้การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	140
ง.1 ผลการแบบจำลองที่นำมาใช้ โดยมีชั้นซ่อน 4 ชั้น จำนวนโหนดแต่ละชั้น 30 โหนดเท่ากัน จำนวนรอบที่เรียนรู้ 1200 รอบ	159