

การเพิ่มความแม่นยำให้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้ความฉลาด  
ทางการคำนวณ



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่

กุมภาพันธ์ 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การเพิ่มความแม่นยำให้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้ความฉลาดทางการคำนวณ



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

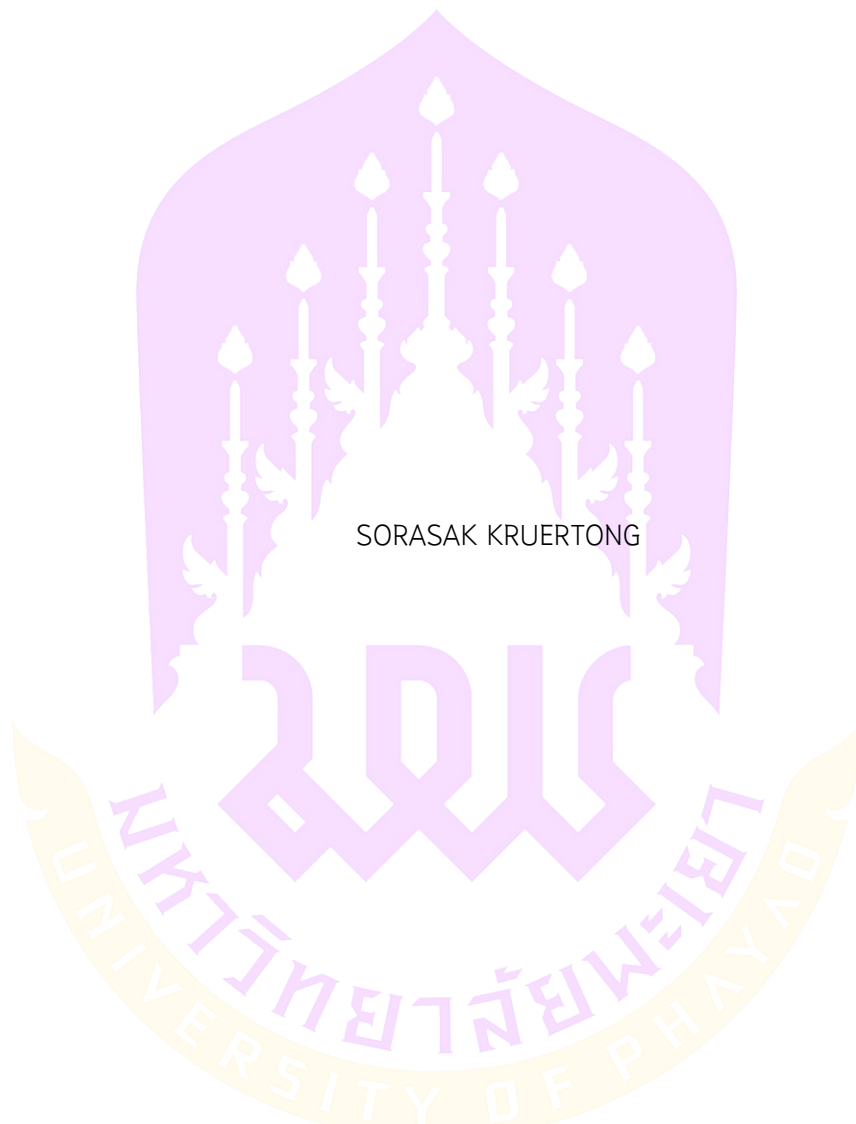
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่

กุมภาพันธ์ 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

INCREASE ACCURACY TO DUST SENSORS PM2.5 USING INTELLIGENCE COMPUTING.



A Thesis Submitted to University of Phayao  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Master of Science Program Degree in Modern Information Technology  
Management  
February 2023  
Copyright 2023 by University of Phayao

## วิทยานิพนธ์

## เรื่อง

การเพิ่มความแม่นยำให้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้ความฉลาดทางการคำนวณ

ของ สรศักดิ์ เครือทอง

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ เตมียี่)

ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิ์สันติ)

กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ โรจนวสุ)

อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาคร เมฆรักขานิช)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ โรจนวสุ)

- เรื่อง:** การเพิ่มความแม่นยำให้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้ความฉลาดทางการคำนวณ
- ผู้วิจัย:** สรศักดิ์ เครือทอง, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565
- อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ โรจนวสุ
- คำสำคัญ:** ฝุ่นละออง PM 2.5, การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น, เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการตรวจวัดหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ต่อลูกบาศก์เมตรในบริเวณพื้นที่ปิดและได้ใช้เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ที่ไม่ค่อยแม่นยำเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงทำการประยุกต์ใช้โมเดลวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) มาเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเซ็นเซอร์ของ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F โดยการเก็บข้อมูลสำหรับสร้างสมการเป็นจำนวนทั้งหมด 3089 ชุดข้อมูลในระบบปิด ผลการทดสอบสามารถที่สร้างขึ้นปรากฏว่ามีการเพิ่มความแม่นยำของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ให้ได้ค่าที่มีค่าความแม่นยำขึ้นคิดเป็นร้อยละ 94.63



**Title:** INCREASE ACCURACY TO DUST SENSORS PM2.5 USING INTELLIGENCE COMPUTING.  
**Author:** Sorasak Kruertong, Thesis: M.Sc. (Modern Information Technology Management), University of Phayao, 2022  
**Advisor:** Assistant Professor Dr. Bowonsak Srisungsittisunti Co–advisor Assistant Professor Dr.Pornthep Rojanavasu  
**Keywords:** PM 2.5. Linear Regression. Dust Sensor.

#### ABSTRACT

In this study, dust measurements of up to 2.5 micrograms per cubic meter (PM2.5 u/g) were used in an enclosed area and used a GP2Y1010AU0F sensor, which is less accurate compared to the PMS3003 sensor, which has better performance. Therefore, a linear regression analysis model was applied to enhance the efficiency of GP2Y1010AU0F's sensors by collecting data for generating equations for a total of 3089 data sets in a closed system. The test results can be generated. It appears that the accuracy of the GP2Y1010AU0F's sensor has been increased to a value that is more accurate by 94.63 percentage.



## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และกลุ่มวิจัย Research Unit of Spatial Innovation Development (RUSID) ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยตระหนักถึง ความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

กราบระลึกถึงพระคุณอาจารย์ผู้เคยให้ความรู้ให้แก่ผู้เขียนทั้งสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่ 2559 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

เหนือสิ่งอื่นใดคือพระคุณของบิดามารดาที่เกื้อหนุนการศึกษา ความรัก ความหวังใจ และกำลังใจแก่บุตรคนนี้ตลอดมา

สรศักดิ์ เครือทอง



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	9
1.2 สมมติฐานของงานวิจัย .....	10
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	10
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	11
บทที่ 2.....	12
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	12
2.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression).....	14
2.2 การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression) .....	30
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	34
บทที่ 3.....	45
วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
3.1 การจัดเตรียมข้อมูล.....	45
3.2 ขั้นตอนวิธีงานวิจัย .....	50

บทที่ 4 .....56

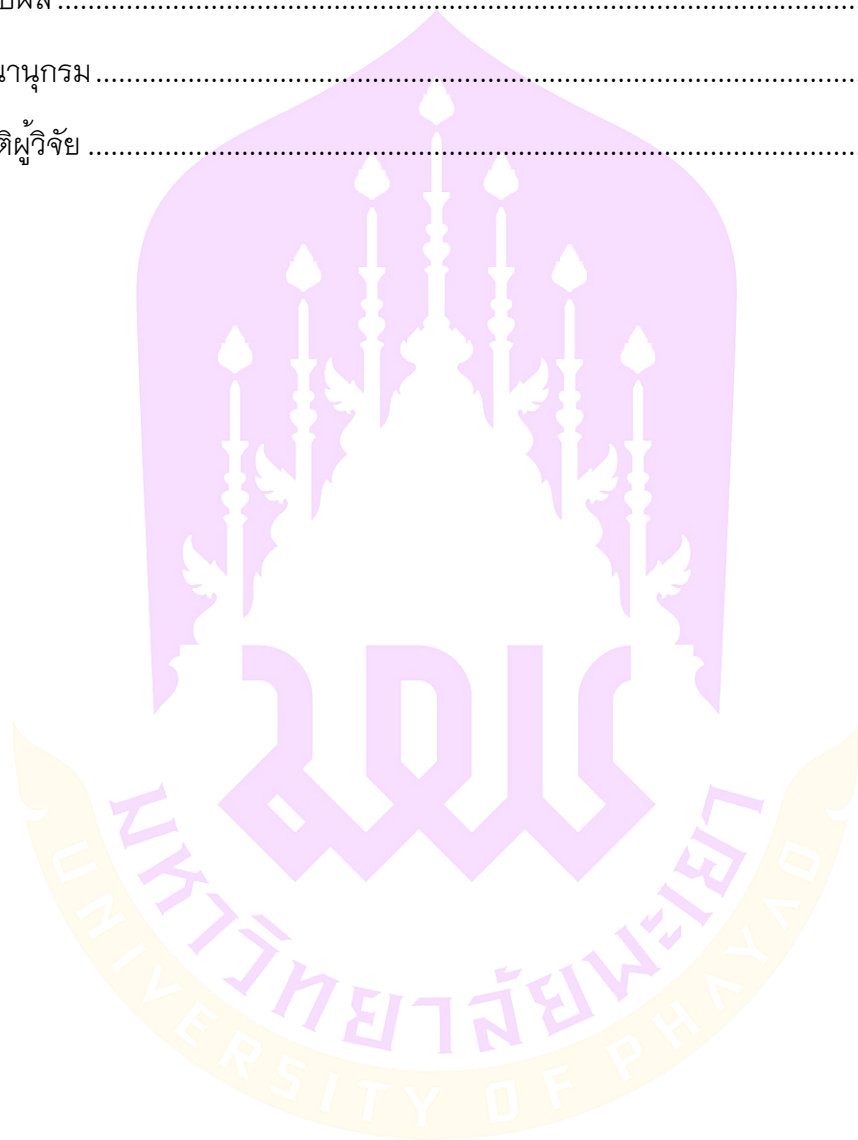
    ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....56

บทที่ 5..... 74

    สรุปผล ..... 74

    บรรณานุกรม .....80

    ประวัติผู้วิจัย .....82



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลของเซ็นเซอร์ฝุ่นละออง.....	14
ตารางที่ 2 ตารางการคำนวณหาค่าผลรวมของ $xy$ , $x^2$ , ค่าเฉลี่ยของ $x$ และค่าเฉลี่ยของ $y$ ..	16
ตารางที่ 3 ตารางคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคงที่.....	18
ตารางที่ 4 ตาราง T.....	19
ตารางที่ 5 ตารางคำนวณหาผลรวมของค่า $(x_i - x)^2$ และ $(y_i - Y)^2$ .....	20
ตารางที่ 6 ตารางคำนวณหาผลรวมของค่า $(y_i - y)^2$ และ $(y_i - Y)^2$ .....	22
ตารางที่ 7 ตาราง F.....	23
ตารางที่ 8 ค่าที่ได้จากคำนวณของตัวอย่าง.....	25
ตารางที่ 9 ตารางแสดงข้อมูลตัวอย่างที่ 2 .....	26
ตารางที่ 10 แสดงการประมวลผลหาค่าความสัมพันธ์จาก Microsoft Excel.....	27
ตารางที่ 11 แสดงการประมวลผลหาค่าความสัมพันธ์จาก Microsoft Excel.....	28
ตารางที่ 12 แสดงการประมวลผลหาค่าความสัมพันธ์จาก ANOVA.....	29
ตารางที่ 13 ข้อมูลของเซ็นเซอร์ฝุ่นละออง .....	31
ตารางที่ 14 การคำนวณหาค่าผลรวมในสมการต่างๆ.....	32
ตารางที่ 15 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F .....	47
ตารางที่ 16 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ PMS3003 .....	49
ตารางที่ 17 ค่าที่วัดออกมาได้.....	53
ตารางที่ 18 ตารางแสดงการหาสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของค่าแรงดันไฟฟ้าเทียบกับค่าฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 .....	54
ตารางที่ 19 ตารางแสดงการหาสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของค่าสมการคำนวณเทียบกับค่าฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 .....	55
ตารางที่ 20 แสดงค่า Accuracy ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า Voltage ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003.....	61

ตารางที่ 21 แสดงค่า Accuracy ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จาก เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ....65

ตารางที่ 22 แสดงตัวอย่างข้อมูลค่า Accuracy หากไม่ทำการหาการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น.....67

ตารางที่ 23 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) ในการหา สมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น.....70

ตารางที่ 24 แสดงค่า Accuracy ของข้อมูลทดสอบ (Test Set) ..... 72



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟ Linear Regression.....	14
ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า x,y.....	15
ภาพที่ 3 การคำนวณบนโปรแกรม Microsoft Excel.....	25
ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตัวอย่างที่ 2.....	27
ภาพที่ 5 ฟังก์ชันพหุนาม.....	30
ภาพที่ 6 แสดงค่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนามจากโปรแกรม Microsoft Excel.....	33
ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ของค่าเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003.....	45
ภาพที่ 8 เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F.....	46
ภาพที่ 9 เซ็นเซอร์ PMS3003.....	48
ภาพที่ 10 อุปกรณ์พื้นที่ปิด.....	50
ภาพที่ 11 การนำฝุ่นละอองเข้า.....	51
ภาพที่ 12 ตัวอย่างข้อมูลค่าฝุ่นละอองที่เก็บมา.....	52
ภาพที่ 13 ตัวอย่างข้อมูลค่าฝุ่นละอองในช่วงเวลาที่ต่างจากภาพที่ 12.....	52
ภาพที่ 14 กราฟแสดงข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่า PMS.....	56
ภาพที่ 15 กราฟแสดงข้อมูลระหว่างค่าจากสมการคำนวณกับค่า PMS.....	57
ภาพที่ 16 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า Voltage ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003.....	59
ภาพที่ 17 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003.....	63

ภาพที่ 18 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ในชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) ของ ความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และ ค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003..... 70

ภาพที่ 19 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูล ระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้ จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003..... 75

ภาพที่ 20 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูล ระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้ จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003..... 76

ภาพที่ 21 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของชุดข้อมูลทดลอง (Training Set)..... 77

ภาพที่ 22 แสดงค่าความแม่นยำ..... 79



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาใหญ่ของภาคเหนือที่กำลังประสบคือปัญหาหมอกควันมีมานานนับ 10 ปี แต่จะมีความรุนแรงที่ขึ้นมากในช่วง 2 - 3 ปีหลัง ภาคเหนือจะถูกปกคลุมด้วยหมอกควันระหว่างเดือนธันวาคม - เมษายน ทำให้ช่วงนั้นหลายจังหวัดในภาคเหนือติดอันดับเมืองที่มีมลพิษทางอากาศแย่มากที่สุดในโลก ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่ไม่ว่าจะเป็นด้านการเศรษฐกิจที่ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง ด้านสังคมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่ใช้ชีวิตท่ามกลางมลพิษโดยเฉพาะช่วงเดือนธันวาคมถึงช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี<sup>[1]</sup>สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมกล่าวว่าจากข้อมูลสถิติของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 ได้รวบรวมจำนวนผู้ป่วย 4 กลุ่มโรคที่คาดได้ว่ารับผลกระทบจากปัญหาหมอกควัน ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือดโดยการสูดหายใจเอาฝุ่นละอองติดต่อกันระยะหนึ่ง ส่งผลให้เกิดการตะกอนภายในหลอดเลือด จนทำให้เกิดหัวใจวาย หรือหลอดเลือดสมองตีบได้ ทั้งนี้การสัมผัสมลพิษทางอากาศยังมีผลต่อเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เต้นผิดจังหวะ และอาจรุนแรงจนส่งผลให้หัวใจวายเฉียบพลัน โรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากมลพิษในอากาศส่งผลโดยตรงกับระบบทางเดินหายใจและปอด หากเมื่อฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่านี้ที่สามารถผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ง่ายและรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้ป่วยโรคหอบหืดกำเริบหรือเป็นสาเหตุให้คนปกติเป็นหอบหืดได้เช่นกัน หากสะสมเป็นเวลานาน อาจเป็นปัจจัยให้เกิดมะเร็งปอดได้ในที่สุด โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ ในพื้นที่ 8 จังหวัดทางภาคเหนือตอนบน จำนวนโรงพยาบาล 100 แห่ง ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีผู้ป่วย 1) โรคหัวใจและหลอดเลือดทุกชนิดมีจำนวนผู้ป่วย 558,480 ราย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.15 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2559 2) โรคระบบทางเดินหายใจทุกชนิดมีจำนวนผู้ป่วย 324,057 รายและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.34 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2559 3) โรคตาอักเสบมีจำนวนผู้ป่วย 42,769 รายและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.29 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2559 4) โรคผิวหนังอักเสบมีจำนวนผู้ป่วย 34,735 รายและมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 25.00 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี พ.ศ. 2559 ซึ่งมีผลกระทบต่อประชาชนอย่างมากอีกทั้ง

ยังเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับหน่วยงานสาธารณสุขเป็นอย่างมาก ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 สามารถถูกสูดเข้าสู่ถึงทางเดินหายใจและปอด บางอนุภาคยังอาจเข้าสู่กระแสเลือดไหลเวียนไปทั่วร่างกาย ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพมากมาย อาทิเช่น ภัยร้ายต่อสมอง และเมื่อฝุ่นผงละอองขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าสู่กระแสเลือดจนทำให้เกิดการสะสมเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกิดความดันโลหิตสูง และหลอดเลือดมีความหนืด ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดอาการโรคหลอดเลือดในสมอง รวมถึงเส้นหลอดเลือดแดงในสมองแข็งตัว จึงทำให้เส้นเลือดในสมองตีบหรือเส้นเลือดในสมองแตก จนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคอัมพฤกษ์อัมพาตหรืออาจถึงกับเสียชีวิตได้ โดยแม้กระทั่งกลุ่มเสี่ยงอันตรายจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่กำลังเผชิญกับปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ไม่มีป้องกัน จะมีความเสี่ยงเกิดการเกิดโรคมามากน้อยขึ้นอยู่กับสุขภาพและความแข็งแรงของร่างกายของแต่ละบุคคล และสำหรับเด็กยิ่งมีอายุน้อยยิ่งจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคมามากขึ้น เนื่องจากเด็กเล็กมีภูมิคุ้มกันโรคน้อยกว่าผู้ใหญ่ อวัยวะต่างๆ ในร่างกายยังอยู่ในระยะที่กำลังพัฒนา ทั้งนี้ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและกระแสเลือดได้ง่ายจะไปทำการขัดขวางการเจริญเติบโตของระบบอวัยวะต่างๆ หรือทำให้เกิดโรคร้ายแรงในที่สุด หญิงมีครรภ์นอกจากภัยร้ายส่งผลต่อตัวคุณแม่ตั้งครรภ์ที่สุดฝุ่นละอองโดยตรงแล้ว ทารกในครรภ์ยังอาจจะเป็นอันตรายได้ด้วยเช่นกัน โดยมีแนวการศึกษาพบว่ามลพิษในอากาศมีผลต่อการคลอดก่อนกำหนด หรือเสี่ยงการแท้งบุตร รวมไปถึงการเพิ่มอัตราการตายของทารกภายในครรภ์ได้ แม้แต่ผู้สูงอายุเมื่ออายุมากขึ้น อวัยวะก็เริ่มจะเสื่อมถอยระบบการทำงานต่างๆ ของอวัยวะในร่างกายมีการทำงานลดลง จึงส่งผลให้เกิดภูมิคุ้มกันลดลงด้วย หากต้องเผชิญกับฝุ่นละออง อาจจะมีแนวโน้มเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและโรคหอบหืด โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัว เช่นผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจ โรคปอด และโรคหัวใจชนิดต่างๆ ได้ทำการสูดฝุ่นผงละอองขนาดเล็กเข้าสู่ร่างกายโดยตรง จะส่งผลให้โรคต่างๆ ที่กล่าวมานั้นเกิดกำเริบหรืออาจส่งผลถึงกับการเสียชีวิตได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการเผชิญฝุ่นละอองขนาดเล็กให้มากที่สุด

การป้องกันพิษฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ด้วยตัวเองโดยวิธี 1) ใส่หน้ากากเพื่อป้องกันตัวเองจากการสูดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ด้วยหน้ากากปิดจมูกที่สามารถกรองอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กได้สูง เช่น หน้ากาก N95 กรองได้อย่างน้อย 95% และหน้ากาก N99 กรองได้มากถึง 99% โดยต้องสวมใส่อย่างถูกต้องตามวิธีที่ระบุไว้ในบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ยังคงควรหมั่นกระชับหน้ากากไม่ให้หลวม เนื่องจากฝุ่นละอองมีขนาดเล็กมากอาจจะสามารถลอด

ผ่านหน้าต่างได้ง่าย ไม่ควรนำหน้าต่างใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่หากมีฝุ่นละอองหนาจนเกินไป 2) แอปช่วยดูค่าฝุ่นหรือการแพ้ระวังระดับมลพิษด้วยการโหลดแอปพลิเคชันต่างๆ มาใช้ อาทิ เช่น Asia Air Quality (Android), Global Air Quality (Android) และ Air Quality Index (iOS) 3) หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมนอกบ้าน การเดินทางกลางแจ้งส่งผลให้ต้องสัมผัสและสูดดมละอองฝุ่นจำนวนมาก จึงควรหลีกเลี่ยงการออกจากบ้านโดยไม่จำเป็น โดยเฉพาะผู้ที่นิยมออกกำลังกายกลางแจ้งควรงดการออกกำลังกายในช่วงที่มีภาวะหมอกควันและฝุ่นละอองสูง เนื่องจากการใช้แรงมากหรือหายใจแรงอาจจะทำให้เพิ่มการสูดเอาละอองฝุ่น PM2.5 เข้าสู่ทางเดินหายใจและปอดมากขึ้น 4) พยายามอยู่บ้านหรือภายในอาคารที่ปิดมิดชิด อาจใช้เครื่องปรับอากาศภายในบ้านแม้อุณหภูมิภายนอกจะไม่สูง หรือปิดหน้าต่างให้มิดชิดในช่วงที่มีมลพิษสูง บางกรณีอาจใช้เครื่องฟอกอากาศที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยกรองอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก 5) งดสูบบุหรี่และกิจกรรมที่ทำให้เกิดควัน การสูบบุหรี่หรือสูดกลิ่นควันอาจส่งผลให้ระบบทางเดินหายใจและปอดอ่อนแอ เมื่อต้องเผชิญกับฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศยิ่งส่งผลให้สุขภาพแย่ลง เพิ่มความเสี่ยงเกิดหอบหืดและมะเร็งปอด 6) มันส์สังเกตตัวเองโดยเฉพาะผู้ที่มีโรคประจำตัว ควรพญาติดตัวเสมอ หรือพบแพทย์เพื่อรับคำปรึกษา สำหรับผู้ที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงสถานที่หนาแน่นของมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะบุคคลในกลุ่มเสี่ยงหากพบอาการ เช่น หายใจลำบาก หน้ามืด อ่อนแรง หรือไอติดต่อกันรุนแรง ควรรีบพบแพทย์ เพื่อรับการรักษาให้ทันท่วงที

ภาคเหนือตั้งอยู่ทางตอนบนสุดของประเทศมีพื้นที่ประมาณ 1 ใน 3 ของประเทศ โดยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 14 องศา 56 ลิปดาเหนือ ถึงละติจูดที่ 21 องศาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 97 องศา 23 ลิปดาตะวันออก ถึงลองจิจูดที่ 102 องศาตะวันออก มีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 169,644.29 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 106,027 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 33.06 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ และมีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 2 ของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 17 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน พะเยา ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์ นครสวรรค์และอุทัยธานี แบ่งเขตการปกครองเป็น 195 อำเภอ 1,549 ตำบล และ 15,916 หมู่บ้าน โดยมีการปกครองส่วนท้องถิ่นประกอบด้วย เทศบาลนคร 5 แห่ง เทศบาลเมือง 20 แห่ง เทศบาลตำบล 230 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) 1,426 แห่ง มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้านและจังหวัดใกล้เคียง โดยทางทิศเหนือติดต่อกับสหภาพพม่าและสาธารณรัฐประชาธิปไตย

ประชาชนลาว ส่วนทางทิศตะวันออกติดต่อกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และจังหวัดเลย ขอนแก่น และ ชัยภูมิ ซึ่งเป็นกลุ่มจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในส่วนทางทิศตะวันตกติดต่อกับสหภาพพม่า และทางทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดลพบุรี สิงห์บุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ซึ่งเป็น กลุ่มของจังหวัดภายในภาคกลาง

สภาพภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศทางภาคเหนือโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ เทือกเขาที่ราบระหว่าง หุบเขา และที่ราบลุ่ม ความสูงโดยเฉลี่ยของภูเขาในภาคเหนือนี้ สูงประมาณ 1,600 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีดอยอินทนนท์ในจังหวัดเชียงใหม่เป็นยอดดอยที่สูงที่สุดประมาณ 2,585 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (8,450 ฟุต) ซึ่งนับว่าเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทย โดยทั่วไปแล้วภาคเหนือสามารถ แบ่งภูมิประเทศออกเป็น 2 เขตใหญ่ๆ คือ ภาคเหนือตอนบน และภาคเหนือตอนล่าง 1)ภาคเหนือตอนบน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นป่า ภูเขาสูง และทิวเขาสูงสลับหุบเขา ครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน และตาก โดยมีเนื้อที่รวมทั้งสิ้นมากกว่าหนึ่งแสนตารางกิโลเมตร และลักษณะภูมิประเทศของภาคเหนือประกอบด้วยภูเขา เทือกเขา สลับกับที่ราบระหว่างหุบเขา และเทือกเขาสูงทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ แนวเทือกเขาเหล่านี้ ต่อเชื่อมโยงมาจากเทือกเขาในมณฑลยูนนานประเทศจีน เทือกเขาที่สำคัญในเขตภูมิภาคนี้ ได้แก่ เทือกเขาแดนลาวเทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาจอมทอง เทือกเขาผีปันน้ำ เทือกเขาขุนตาล เทือกเขาหลวงพระบาง เทือกเขาเหล่านี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสายสำคัญๆ ของประเทศ ได้แก่ แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ซึ่งจะไหลไปรวมกันกลายเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ในทางตอนล่างของภาค นอกจากนี้เทือกเขาสวนหนึ่งในจังหวัดแม่ฮ่องสอนยังเป็นเขตต้นน้ำของแม่น้ำสาละวินใน ประเทศสหภาพพม่าด้วย และยังมีเทือกเขาถนนธงชัยเป็นทิวเขาที่ทอดตัวลงมาทางใต้ จรดเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งเป็นกำเนิดของแม่น้ำแม่กลองในภาคกลางอีกด้วย ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของภาคเหนือตอนบน มีแนวเทือกเขาหลวงพระบางกั้นพรมแดนระหว่าง ประเทศไทยกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยวางตัวแนวเทือกเขาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย แล้วทอดผ่านลงมาทางทิศใต้ในเขตจังหวัดพะเยา แพร่ น่าน และอุตรดิตถ์ รวมความยาวประมาณ 590 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ลักษณะภูมิประเทศในบริเวณนี้ค่อนข้างทุรกันดาร มีเนินเขาทิวเขาสูง และทิวเขาสลับซับซ้อน แต่ก็ยังมีที่ราบแคบ ในเขตอำเภอทุ่งช้าง อำเภอปัว และอำเภอเมือง จังหวัดน่าน โดยทิวเขาหลวงพระบางทำหน้าที่ปันน้ำ ส่วนหนึ่งลงสู่แม่น้ำโขงทาง

ทิศตะวันออก อีกส่วนหนึ่งลงสู่แม่น้ำยมและแม่น้ำน่านทางทิศตะวันตก ส่วน ทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกของภาคเหนือตอนบน โดยเฉพาะบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย ภูเขา และแนวเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนยาวต่อเนื่องลงมาทางใต้ของทิวเขาแดนลาว และทิวเขาถนนธงชัย ซึ่งกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับสหภาพพม่า โดยทิวเขาแดนลาวกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับ สหภาพพม่ามีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร และทอดตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้บรรจบกับทิวเขา ถนนธงชัยซึ่งเป็นทิวเขาที่อยู่ทางทิศตะวันตกของภาคเหนือ บริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอนที่มีที่ราบแคบอยู่ ระหว่างทิวเขาถนนธงชัยตะวันตกและทิวเขาถนนธงชัยตอนกลาง โดยที่ราบดังกล่าวเป็นแนวยาวไปถึงอำเภอแม่สะเรียงและมีลำน้ำยมไหลผ่านที่ราบนี้ ทิวเขาถนนธงชัยประกอบด้วยเทือกเขาที่สำคัญหลายเทือกเขาวางตัวซ้อนกันอยู่ในแนวเหนือ-ใต้จากทางตะวันตกไปตะวันออก รวมความยาวทั้งหมดประมาณ 880 กิโลเมตร ได้แก่ เทือกเขาสุเทพ เทือกเขาจอมทอง เทือกเขาอินทนนท์ และทิศตะวันตกของภาค และจะ ค่อยๆ ลดต่ำกลายเป็นแอ่งที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน ลักษณะภูมิประเทศบริเวณตอนกลางของภาคเหนือตอนบน ประกอบด้วย ทิวเขาที่มีความซับซ้อนเป็นสันยาวต่อเนื่องกันรวม 3 ทิวเขา ซึ่งเป็นเทือกเขาที่กั้นระหว่างจังหวัดเชียงใหม่กับเชียงราย เชียงใหม่-ลำพูนกับลำปาง และระหว่างลำปางกับแพร่ มีความยาวรวมทั้งหมดประมาณ 412 กิโลเมตร ส่วนใหญ่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือตะวันตกเฉียงใต้ ทิวเขาในบริเวณนี้โดยทั่วไปจะเรียกว่าทิวเขาฝิ่ปันน้ำ เนื่องจากทำหน้าที่ปันน้ำส่วนหนึ่งลงสู่ที่ราบทางตอนบนของภาคบริเวณจังหวัดเชียงราย ได้แก่ แม่น้ำฝาง แม่น้ำกก แม่น้ำจัน แม่น้ำอิง ไหลลงสู่แม่น้ำโขงต่อไป และอีกส่วนหนึ่งไหลลงสู่ที่ราบทางตอนล่างของภาคเหนือบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และแพร่ ได้แก่ แม่น้ำปิง วัง ยมน่าน ซึ่งแม่น้ำทั้งสี่สายนี้เป็นแม่น้ำสาขาที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยบริเวณระหว่างแนวเขาเหล่านี้จะเป็นแอ่งที่ราบหุบเขา (Valley plain) ที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ (Fluvial plain) กระจายตัวอยู่ทั่วไปหลายแห่งมีทั้งการกัดเซาะและทับถมของ ตะกอนแม่น้ำหลายบริเวณมีลักษณะทางน้ำโค้งตัว (Meanders) และ ทะเลสาบรูปแอก (Oxbow lake) รวมทั้งบริเวณที่มีลักษณะแผ่นดินทรุดต่ำมีน้ำท่วมขังตลอดปี ได้แก่ กว๊านพะเยา และลุ่มชื้นแฉะในเขตอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ซึ่งถือได้ว่าเป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่ที่สำคัญของภาคเหนือตั้งแต่ในอดีต ได้แก่ แอ่งเชียงรายบริเวณลุ่มแม่น้ำกกและแม่น้ำอิง แอ่งแพร่ บริเวณลุ่มน้ำยม แอ่งลำปาง บริเวณลุ่มแม่น้ำวัง แอ่งเชียงใหม่-ลำพูนบริเวณลุ่มน้ำแม่ปิง แอ่งปายและแอ่งฝาง ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น

พื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีพื้นที่ที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน ลักษณะคล้ายแอ่งกระทะมีภูเขา ล้อมรอบ ทำให้มีสภาพอากาศที่นิ่งไม่มีการพัดผ่านของลมจะทำให้หมอกควันลอยปกคลุมพื้นที่ เป็นเวลายาวนาน จึงก่อให้เกิดมลพิษสะสม โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน น่าน แพร่ แม่ฮ่องสอน และพะเยา ประสบปัญหาทางมลพิษอากาศซึ่งมีสาเหตุมาจาก สภาพภูมิประเทศ รวมไปถึงสาเหตุต่างๆ การเผาพื้นที่เกษตรและไฟฟ้าในภาคเหนือทำให้เกิด หมอกควันข้ามแดนเพิ่มขึ้นทุกปี ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขยายพื้นที่ ปลูกในที่สูง เผาอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยว และเผาตอซังข้าวในพื้นที่ราบเพื่อเตรียมเพาะปลูกต่อไป การเผาถูกมองว่าเป็นวิธีที่คุ้มค่าที่สุด เพราะต้นทุนต่ำ ใช้เวลาน้อย และทำได้ง่าย นอกจากนี้ ยังมีการเผาตามวิถีชีวิตดั้งเดิมของชาวบ้านในพื้นที่สูง ตามความเชื่อว่าจะทำให้ผลผลิตพืชป่า อาทิ เหง้า เลี้ยงสัตว์ ผักหวาน และเห็ดเผาะมีจำนวนเพิ่มขึ้น ล่าสุดฤดูหมอกควันปี 2563 นอกจากจะมาเร็วกว่าทุกปีแล้ว ปัญหายังทวีความรุนแรงมากขึ้น เพราะปรากฏจุดความร้อนใน เขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพิ่มขึ้นมาก สะท้อนว่าเกิดการลักลอบเผาอันเนื่องมาจากปัญหาที่ค่อนข้าง ซับซ้อนในแต่ละพื้นที่ แม้แต่พื้นที่ใกล้เมืองเชียงใหม่อย่างดอยสุเทพก็สามารถมองเห็นควันไฟได้ แทบทุกวัน เช่น 1) ไฟป่าเนื่องจากการจะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงจำพวกเศษไม้ เศษใบไม้ เศษวัชพืช จึงทำให้เกิดหมอกควันปกคลุมอยู่ในพื้นที่เกิดไฟป่าแล้วพื้นที่ใกล้เคียง โดยการเกิดไฟป่าเกิด จาก 2 สาเหตุ คือจากการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น การเกิดฟ้าผ่า กิ่งไม้หรือเศษกิ่งไม้ เสียดสีกัน และจากกิจกรรมของมนุษย์ <sup>1)</sup>สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กล่าวว่าได้เก็บสถิติการเกิดไฟป่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 – 2548 ซึ่งมีการเกิดไฟป่าทั้งหมด 73,000 กว่าครั้ง แต่พบว่าสาเหตุที่เกิดจากธรรมชาติเพียง 4 ครั้ง ดังนั้นไฟป่าเกือบทั้งหมดของ ประเทศไทยเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยการแก้ไขปัญหาหมอกควันเป็นประเด็นที่ทุก ฝ่ายไม่ได้นิ่งนอนใจ ฤดูหมอกควันที่ผ่านมามีภาครัฐได้พยายามใช้มาตรการที่เข้มข้นขึ้นเพื่อ ควบคุมการเผา สำหรับมาตรการระยะสั้น แต่ละจังหวัดประกาศเพิ่มวันห้ามเผา เช่น ห้ามเผา ช่วง 10 มกราคม – 30 เมษายน 2563 รวม 111 วัน เพิ่มขึ้นจาก 60 วันในปีที่ผ่านมา รวมถึงมี การเพิ่มเจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ ส่วนมาตรการระยะยาวได้สนับสนุนการจัดตั้งป่าชุมชนภายใต้ พ.ร.บ. ป่าชุมชน พ.ศ. 2562 เพื่อให้ชุมชนวางแผนอนุรักษ์ ฟื้นฟู และใช้ประโยชน์จากป่าได้ อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม กฎหมายดังกล่าวเพิ่งเริ่มใช้ ทำให้ชุมชนที่เข้าร่วมมีไม่มาก จึง ต้องการการประชาสัมพันธ์และการขยายผลเพิ่มอีก ส่วนการส่งเสริมให้องค์กรปกครองส่วน ท้องถิ่นมีบทบาทเชิงป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า ยังต้องการการเพิ่มขีดความสามารถของ

บุคลากร เครื่องมือ และการจัดสรรงบประมาณเพิ่ม นอกจากนั้น ยังพบอุปสรรคอีกหลายอย่างทำให้การแก้ไขปัญหาไม่บรรลุผลเท่าที่ควร เช่น ในบางพื้นที่ได้รับความร่วมมือน้อย ยังมี การชิงเผาก่อนกำหนด เกิดการลักลอบเผาพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่า การเข้าดับไฟยังทำได้จำกัด เนื่องจากหลายพื้นที่เข้าถึงยากและห่างไกล จึงต้องรอรอบเวลาดาวเทียมทำให้การรายงานจุด ความร้อนล่าช้า และมีการปะทุซ้ำจากไฟใต้ดิน สิ่งสำคัญจากปัญหาที่กล่าวมาคือ การขาด แรงจูงใจให้ทุกฝ่ายเข้ามาร่วมกันแก้ไขปัญหา 2)การเผาเศษวัสดุพืชและเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น ชังข้าว ชังข้าวโพด การเผาเศษวัสดุพืชริมทาง เกษตรกรเห็นว่าการเผาเป็นวิธีที่ประหยัดและ เป็นการจำกัดเศษวัสดุและเตรียมดินเพื่อการปลูกครั้งต่อไป โดยที่เกษตรกรทางภาคเหนือ ตอนบนและบริเวณเชิงเขามักมีการเผาไร่ไถ่เพื่อเตรียมการเก็บเกี่ยว และไร่ข้าวโพดกับนาข้าว เพื่อกำจัดเศษวัสดุหลังการเก็บเกี่ยว จึงทำให้เกิดหมอกควันปกคลุมลงสู่พื้นที่ราบ 3)การเผา ชยะจากเขตชุมชน พบว่าการจัดการขยะมูลฝอยได้อย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลมีเพียงร้อยละ 30 เท่านั้นโดยส่วนที่เหลือถูกกองทิ้งไว้กลางแจ้งแล้วทำการเผาเป็นครั้งคราว 4)การ คมนาคมขนส่ง โดยเฉพาะเขตเมืองที่มีการใช้รถเป็นอย่างมากจึงทำให้สารพิษที่ระบายออกจาก ท่อไอเสียรถที่มีความอันตรายและมีปริมาณมาก 5)มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม จากปัญหา ที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สังเกตเห็นว่าปัญหามลพิษจากหมอกควันและการเผาเศษวัสดุทาง การเกษตรและเผาป่าในพื้นที่สูงของภาคเหนือมีผลกระทบต่อเป็นอยู่ของประชาชน ทำให้เกิด มลภาวะทางอากาศส่งผลต่อสุขภาพและอาจเป็นอันตรายต่อการขับเคลื่อนพาหนะที่ไม่สามารถ มองเห็นในทัศนวิสัยระยะไกลเพียงพอ อีกทั้งเป็นการเพิ่มปัญหาสภาวะโลกร้อนด้วย ปัญหา มลพิษทางอากาศโดยเฉพาะจากหมอกควันได้รับผลกระทบที่ยาวนาน โดยที่ไม่อาจจัดการ การประชาสัมพันธ์มาทดแทนได้ ยังมีผลทำให้งบประมาณต่างๆ ที่สมควรมาจัดสรรเพื่อการพัฒนา ด้านอื่นๆ ต้องถูกปรับมาใช้เพื่อการป้องกันแก้ไขปัญหาอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ ภาพลักษณ์ในรูปแบบของเมืองในหมอกควัน แต่ก็ยังเป็นภาพที่หลอกหลอนสำหรับผู้ที่ไม่อาศัยอยู่ ในพื้นที่มีหมอกควัน และเป็นภาพที่ยากที่จะลบออกไปจากความทรงจำของผู้มาเยือนที่ได้มา ประสบกับเหตุการณ์ที่เกิดกับธรรมชาติ โดยป้องกันปัญหาจากหมอกควัน ได้แก่ 1)หลีกเลี่ยง การอยู่ในสถานที่ที่มีหมอกควันหรือฝุ่นละออง 2)ถ้าจำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่มีหมอกควันหรือ ฝุ่นละออง ควรใช้หน้ากากอนามัยชนิดกรอง 3 ชั้น ปิดปากและจมูก เพราะจะช่วยป้องกันฝุ่น ละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอนได้โดยไม่ต้องใช้หน้ากากอนามัยชนิด N95 ที่สามารถ กรองฝุ่นละอองที่มีขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมครอนได้ ควรเปลี่ยนหน้ากากอนามัยทุกวัน และถ้า

เป็นไปได้ควรใช้ แบบครั้งเดียวทิ้ง เพื่อสุขลักษณะที่ดี 3) หากจำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่น  
 ละอองติดต่อกันยาวนาน เช่น เกินกว่า สัปดาห์ หรือเดือน ควรเตรียมความพร้อมด้านการ  
 กรองอากาศในที่อยู่อาศัย เช่น ติดระบบ กรองอากาศในบ้าน ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบของฝุ่น  
 ต่อร่างกายได้ โดยเลือกใช้ระบบกรอง อากาศที่เหมาะสม และสามารถถอดล้างได้ในระยะยาว  
 สำหรับบริเวณพื้นที่ว่างเปล่าควร ปลูกพืชคลุมหน้าดินไว้ เพื่อลดโอกาสที่ฝุ่นละอองจะลอยฟุ้ง  
 ขึ้นมาในอากาศได้ 12 สำหรับผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรค  
 ความดัน โรคระบบทางเดินหายใจ โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด ควรเตรียมยาประจำตัวให้พร้อม  
 และ พกติดตัว เพื่อป้องกันและใช้รักษาเมื่ออาการกำเริบ หากมีอาการผิดปกติ เช่น หายใจ  
 ลำบาก แน่นหน้าอก ควรรีบพบแพทย์ที่โรงพยาบาลหรือสถานบริการสาธารณสุขใกล้บ้าน  
 แนวทางแก้ปัญหาไฟป่า แนวดำเนินการตามพระราชดำริป่าเปียกมี 6 วิธีด้วยกัน คือ 1) ทำ  
 ระบบป้องกันไฟไหม้ป่า โดยใช้แนวคลองส่งน้ำและแนวพืชชนิดต่างๆ ปลูกตามแนวคลองนั้น 2)  
 สร้างระบบการควบคุมไฟป่าด้วยแนวป้องกันไฟ ป่าเปียก โดยอาศัยน้ำชลประทานและน้ำฝน 3)  
 การคลุมแนวร่องน้ำโดยปลูกต้นไม้เจริญเติบโตเร็ว เพื่อให้พื้นดินความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้น แล้วยัง  
 ขยายไปยังร่องน้ำ เพราะไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ยากถ้าพื้นป่ายังชุ่มชื้น 4) การสร้างฝายชะลอความ  
 ชุ่มชื้น หรือที่เรียกว่า "Check Dam" ขึ้น เพื่อปิดกั้น ร่องน้ำหรือลำธารขนาดเล็กเป็นระยะๆ เพื่อ  
 ใช้เก็บกักน้ำและตะกอนดินไว้บางส่วน โดยน้ำที่เก็บไว้จะซึมเข้าไปสะสมในดิน ทำให้ความชุ่ม  
 ชื้นแผ่ขยายเข้าไปทั้งสองด้านกลายเป็น "ป่าเปียก" 5) การสูบน้ำเข้าไปในระดับที่สูงที่สุดเท่าที่จะ  
 ทำได้ แล้วปล่อยน้ำลงมาที่ลอน้อย ให้ค่อยๆ ไหลซึมลงดิน เพื่อช่วยเสริมการปลูกป่าบนพื้นที่สูง  
 ในรูป "ภูเขาป่า" ให้กลายเป็น "ป่าเปียก" ซึ่งสามารถป้องกันไฟป่าได้อีกด้วย 6) ปลูกต้นกล้วยใน  
 พื้นที่ที่กำหนดให้เป็นช่องว่างของป่า ประมาณ 2 เมตร หากเกิดไฟไหม้ป่าก็จะปะทะต้นกล้วยซึ่ง  
 อุ่มน้ำไว้ได้มากกว่าพืชอื่น ทำให้ลดการสูญเสียน้ำลงไป ได้มาก ส่วนการแก้ปัญหาที่ประชาชน  
 โดยทั่วไปก็สามารถทำได้ คือ ไม่เผาขยะ กิ่งไม้ ใบไม้ ต่าง ๆ ในที่โล่งแจ้ง ลดการใช้ยานพาหนะ  
 เพื่อลดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และในแต่ละพื้นที่ ควรมีการจัดการและควบคุมปริมาณฝุ่นที่  
 เกิดจากการก่อสร้าง ควั่นเสี้ยนจากโรงงาน อุตสาหกรรมให้จริงจังกว่าที่ผ่านมา การควบคุมไฟ  
 ป่า (Forest fire control) หมายถึง การแก้ไขและจัดการปัญหาเกี่ยวกับไฟป่าอย่างเต็มรูปแบบ  
 กล่าวคือ เริ่มจากการศึกษาป้องกันวิเคราะห์ในแต่ละพื้นที่หรือลักษณะเกิดของไฟ ในมีแนว  
 ทฤษฎี คือ การแยกองค์ประกอบของการเกิดไฟป่าออกจากกัน ในทางปฏิบัติได้ดำเนินการดังนี้  
 1.1) การให้การศึกษ เป็นการศึกษาให้ความรู้เกี่ยวกับป่าไม้และไฟป่า แก่ประชาชน ทุกชั้นอายุ ทั้งคน

ที่อาศัยอยู่ในเมืองและชนบท โดยใช้สื่อต่าง ๆ เช่น สิ่งตีพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ การสาธิต และการติดต่อส่วนตัว เป็นต้น 1.2) การออกกฎหมาย เนื่องจากกิจกรรมหลายอย่างของมนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยการให้การศึกษา จึงต้องออกกฎหมายเพื่อเป็นเครื่องมือในการป้องกันไฟฟ้า 1.3) การจัดการป่าไม้ ในการทำไม้โดยพิจารณาความต้องการทางด้านเศรษฐกิจ ควบคู่กัน การปฏิบัติงานตามแผนการจัดการที่เหมาะสมควรประกอบด้วยวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการตัดฟัน เช่น การสร้างถนน การปลูกชนิดไม้ที่ทนไฟ และไม้ปลูกป่าล้วน การแบ่งพื้นที่ย่อยในป่าเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เลี้ยงสัตว์ แผนการเลี้ยงสัตว์ในป่า 1.4) การลดอันตรายของไฟฟ้า โดยการลดเชื้อเพลิงและกำจัดเชื้อเพลิง

ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (Particulate Matter 2.5 – PM2.5) ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ทำให้ขาดความตระหนักถึงอันตรายต่อสุขภาพอย่างใหญ่หลวง ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องจักร โดยเฉพาะเครื่องยนต์ของทั้งรถยนต์ใหม่และเก่า มักมีปริมาณสูงสุดช่วงรถติดมากๆ ในช่วงเช้าและเย็นของวันทำงาน โดยมากจะเกิดในช่วงฤดูหนาวที่อากาศนิ่งและแห้ง ส่งผลให้ฝุ่นไม่ลอยขึ้นที่สูง อีกทั้งปัจจุบันกรุงเทพฯ กำลังประสบปัญหาหมอกควันได้ยาก อากาศหยุดนิ่ง เนื่องจากมีตึกสูงปิดกั้นทางลม รวมถึงฝุ่นจากการก่อสร้างที่มีอยู่แทบทุกพื้นที่ มาเป็นปัจจัยเกื้อหนุนทำให้คุณภาพอากาศเลวร้ายลงนอกจากนี้ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ในกรุงเทพฯ ที่สำคัญเกิดจากก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ถูกปล่อยสู่อากาศมากมายจนเกิดการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับโอโซนและแสงแดด กลายเป็นฝุ่นผงละอองขนาดเล็กที่เป็นปัญหาไนโตรเจนไดออกไซด์ เกิดจากการสันดาปภายในของเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งในหลายๆ ประเทศที่ห่วงใยปัญหาสุขภาพของประชาชนเป็นหลักได้พยายามลดการใช้รถยนต์ดีเซลลง

### 1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ทำการศึกษาการตรวจวัดหาฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิน 2.5 ไมครอนต่อลูกบาศก์เมตร ในอุปกรณ์ที่มีลักษณะพื้นที่ปิดสภาวะแวดล้อมและควบคุมการไหลของอากาศลักษณะคล้ายกับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จึงได้วิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นละอองจะต้องใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดในหลากหลายรูปแบบ และการจัดเก็บข้อมูลที่ได้มานั้นต้องใช้เซ็นเซอร์ในเก็บข้อมูลแล้ววิเคราะห์

ออกมาในรูปแบบสมการการถดถอยเชิงเส้นต่อไป เพื่อให้ได้ค่าที่มีค่าความแม่นยำที่เทียบเท่าหรือใกล้เคียงเซ็นเซอร์มาตรฐาน รุ่น PMS3003

### 1.2 สมมติฐานของงานวิจัย

เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F วัดค่าที่วัดออกมาให้มีความแม่นยำเท่าเซ็นเซอร์รุ่น PMS ได้ในกรณีที่เมื่อทำการทดสอบเบื้องต้น พบว่า

1) เซ็นเซอร์รุ่น Sharp ต้องการสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม (polynomial regression) มาช่วยเพื่อมาปรับค่าฝุ่นละอองที่วัดได้

2) เซ็นเซอร์รุ่น Sharp ต้องการกล่องเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมและควบคุมการไหลของอากาศ

3) เซ็นเซอร์รุ่น PMS มีการวัดค่าที่ต่ำกว่าเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F เนื่องจากต้องทำไปคำนวณก่อนจึงจะนำมาแสดงผล

4) การสร้างสมการจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) โดยตรงของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F อาจจะมีค่าความแม่นยำมากเพียงพอที่จะไม่ต้องแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นค่า PM2.5

5) การสร้างสมการจากระหว่างค่า Pm2.5 ที่แปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F มีความแม่นยำที่มากกว่าเมื่อเทียบกับสมการจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) โดยตรงของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โดยทำการศึกษาการตรวจวัดหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อลูกบาศก์เมตรในอุปกรณ์ที่มีลักษณะพื้นที่ปิดสภาวะแวดล้อมและควบคุมการไหลของอากาศลักษณะคล้ายกับพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จึงได้วิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นละอองจะต้องใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดในหลากหลายรูปแบบเพื่อที่จะได้ข้อมูลนำไปแสดงให้มีความแม่นยำ แล้วประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิง (Linear Regression Analysis) เพื่อหาสมการที่สามารถปรับค่าฝุ่น

ละออง PM 2.5 ที่ได้จากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F เพื่อให้ได้ค่าที่มีค่าความแม่นยำที่เทียบเท่าหรือใกล้เคียงเซ็นเซอร์มาตรฐาน รุ่น PMS3003

#### 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

เพื่อให้สามารถใช้เซ็นเซอร์รุ่น Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แต่ให้ความแม่นยำที่ใกล้เคียงกับเซ็นเซอร์ PMS รุ่น PMS3003 ได้



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

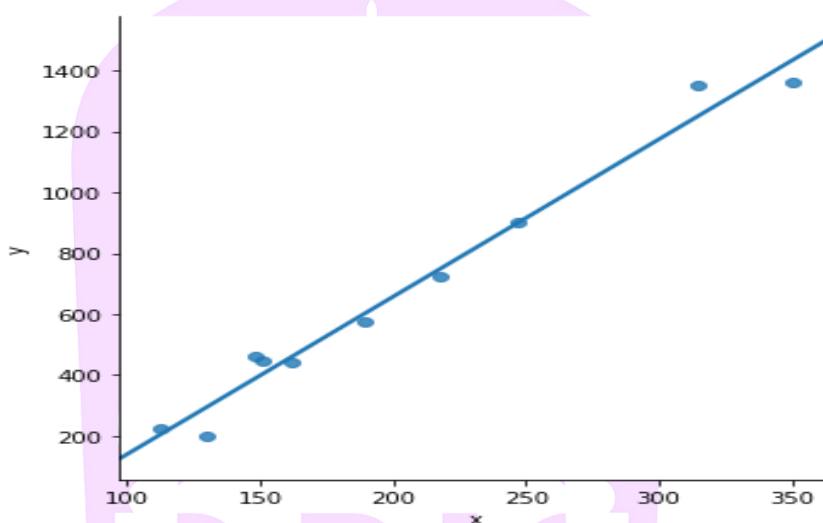
การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความ สัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ผลของการศึกษาจะให้ทราบถึงขนาดของความ สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยตัวแปรตามในการวิเคราะห์การถดถอยมักถูกเรียกดั้งเดิมว่าตัวทำนายหรือตัวแปรกระตุ้น และวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอย มีดังนี้

1. ต้องการศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันและมีความสัมพันธ์ในรูปแบบใด และในกลุ่มตัวแปรอิสระหลายๆตัวนั้นที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม อาจจะมีรูปแบบมีความสัมพันธ์ที่สูงหรือรูปแบบมีความสัมพันธ์ที่น้อย ความสัมพันธ์นั้นนำมาเพื่อที่จะสามารถทำการคาดการณ์ได้ว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุดเช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทารกแรกเกิด กับอายุ น้ำหนัก และ ส่วนสูงของมารดา
2. ต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายตัวแปรตาม โดยรูปแบบจำลองดังกล่าวอยู่ในลักษณะสมการทางคณิตศาสตร์
3. ต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระบางตัวที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอิสระตัวอื่นๆให้คงที่ เช่น ศึกษาอิทธิพลของความวิตกกังวลที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อควบคุมระยะเวลาในการทำงานติดต่อกันให้คงที่
4. ต้องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการทำนายตัวแปรตามโดยอาจมีแบบจำลองจำนวนมากให้ตัดสินใจ
5. ต้องการทราบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับทำนายนั้น จะมีประสิทธิภาพในการทำนายได้อย่างคงเส้นคงวาเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่างกัน ชนิดของการวิเคราะห์การถดถอยการวิเคราะห์การถดถอยมีหลายชนิดขึ้นกับลักษณะของตัวแปรตาม รูปแบบความสัมพันธ์ และการกำหนดตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งการวิเคราะห์การ

ถดถอยได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.)การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนตัวแปรตามเป็นจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น (Linear model) 2.)การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear regression) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่รูปแบบของความสัมพัทธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear model) สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เท่านั้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและแนวคิด มีอยู่ 2 แบบ คือ 1.)การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว การวิเคราะห์เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เช่น การพยากรณ์ระดับ Carbon monoxide ในผู้สูบบุหรี่เมื่อทราบปริมาณการสูบบุหรี่ต่อวัน การพยากรณ์น้ำหนักของทารกเมื่อทราบอายุของมารดา การพยากรณ์ผล การสอบปลายภาค เมื่อทราบผลการสอบกลางภาค เป็นต้น 2.)การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนาม (Multiple Linear Regression Analysis) จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การวิเคราะห์เป็นการหาขนาดของความสัมพันธ์และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ เพศ ปัญหาในการทำงาน ความขัดแย้งในครอบครัว กับความรู้สึกเก็บกด ของผู้ป่วยในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง เป็นต้น 3.)แนวคิดของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (กรณีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย) จะเป็นการนำข้อมูลจากตัวแปรที่ทำการศึกษามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่สามารถหาแนวโน้มของความสัมพันธ์โดยใช้แผนภาพเส้นตรงได้ และจะทำการหาเส้นตรงที่ดีที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนของรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เส้นตรงที่ดีที่สุดจะมีเพียงเส้นเดียวโดยถือหลักการว่าต้องมีผลรวมของระยะห่างกำลังสอง จากเส้นกราฟถึงทุก ๆ จุดนั้นมีค่าน้อยที่สุด จะเรียกหลักการนี้ว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

2.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear) ทั้งนี้ ในขั้นตอนการทำงานวิเคราะห์การถดถอย (Regression) ต้องมีการเก็บจำนวนเซตจำนวนของข้อมูลที่สนใจ (Sample Space) ซึ่งจะได้ว่ามีค่า  $x$  และค่า  $y$  ที่มีความสัมพันธ์กันหลายครั้ง เพื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างกราฟ Linear Regression

ตัวอย่างที่ 1 การทดลองนำข้อมูลฝุ่นละอองที่ได้จากเซ็นเซอร์ฝุ่นละอองรุ่น Sharp กับเซ็นเซอร์ฝุ่นละอองรุ่น PMS มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง เพื่อที่จะค่าของวัดฝุ่นละอองในครั้งต่อไปโดยไม่ต้องใช้เซ็นเซอร์ฝุ่นละอองรุ่น PMS ในวัด โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้ (ตัวเลขสมมติ)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รุ่น Sharp	26	35	27	46	71	32	53	62	60	75
รุ่น PMS	30	33	35	40	60	33	42	60	57	88

ตารางที่ 1 ข้อมูลของเซ็นเซอร์ฝุ่นละออง

เมื่อมีค่าตัวแปรและค่าตัวแปรตามอย่างละ 1 ค่า สมการจะเป็นดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

โดยที่

$Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS

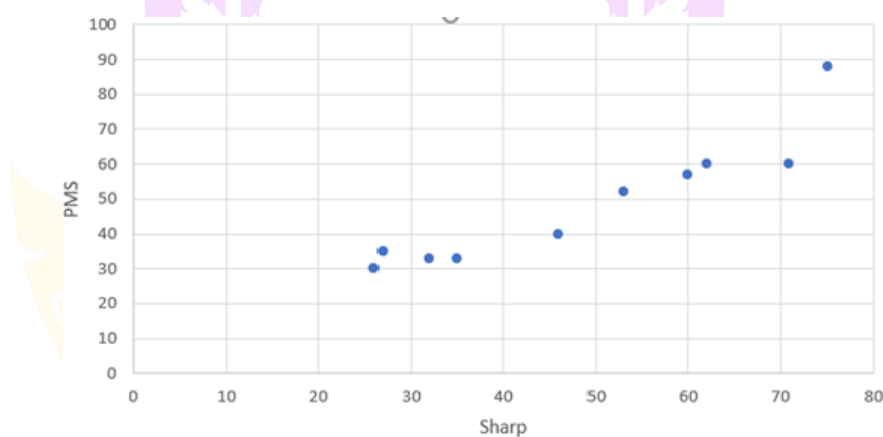
$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS

$x$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp

$\beta_0$  = ค่าคงที่ คือค่าค่าหนึ่งของตัวเลขซึ่งกำหนดตายตัวไว้ หรืออาจเป็นค่าที่ไม่ระบุตัวเลข

$\beta_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า  $x, y$  จากตารางโดยที่ค่าแปรต้นหรือค่า  $x$  คือ ค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp และค่าตัวแปรตามหรือค่า  $y$  คือค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า  $x, y$

จากกราฟภาพที่ 2 มีการเรียงตัวของความสัมพันธ์ของข้อมูลเกือบจะเป็นแนวเส้นตรง และความชันมากกว่า แกน  $x$  แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรต้นมากกว่า 0 จึงสามารถหาค่าการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ได้

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าต่างๆ เพื่อนำมาแทนในสมการ

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (3)$$

โดยที่

$\beta_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์

$n$  = จำนวนครั้งที่วัดฝุ่นละออง

$Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS

Sharp(x)	PMS(y)	xy	$x^2$	
26	30	780	676	
35	33	1155	1225	
27	35	945	729	
46	40	1840	2116	
71	60	4260	5041	
32	33	1056	1024	
53	52	2756	2809	
62	60	3720	3844	
60	57	3420	3600	
75	88	6600	5625	
487	488	26532	26689	sum
48.7	48.8			Average

ตารางที่ 2 ตารางการคำนวณหาค่าผลรวมของ  $xy$ ,  $x^2$ , ค่าเฉลี่ยของ  $x$  และค่าเฉลี่ยของ  $y$

จากตารางที่ 2 แทนค่าที่ได้ลงในสมการที่ (2) และ (3) จะได้

$$\beta_1 = \frac{26,532 - \frac{(487)(488)}{10}}{26,683 - 10(48.7)^2}$$

$$= 0.9308$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$$

$$= 48.8 - 0.9308(48.7)$$

$$= 3.4705$$

ดังนั้นจะได้สมการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ว่า

$$Y = 3.4705 + 0.9308(x)$$

จะเขียนสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจากข้อมูลตารางที่ 1 ได้ว่า

ค่าผู้่นละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS (โดยประมาณ) =  $3.4705 + 0.9308(\text{ค่าผู้่นละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp})$

ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบหาค่าคงที่ ( $\beta_0$ ) และค่าสัมประสิทธิ์ ( $\beta_1$ ) ในสมการว่าค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มานั้นมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ จึงนำมาทดสอบหาสมมติฐานใน T-Test

โดยสมมติฐานในการหา  $\beta_0$  คือ

$$H_0: \beta_0 = 0$$

$$H_0: \beta_0 \neq 0$$

พิสูจน์สมมติฐานดังต่อไปนี้

$$\beta_0(i) = \bar{y}(i) - \beta_1 \bar{x}(i) \quad (4)$$

$$(\sigma_{\beta_0})^2 = \frac{\sum(\beta_0(i) - \beta_0)^2}{n} \quad (5)$$

$$t_{\beta_0} = \frac{\beta_0}{\sigma_{\beta_0}} \quad (6)$$

โดยที่

$i$  = จำนวนจริงหรือจำนวนจินตภาพ

$H_0$  = ค่าสมมติฐานหลัก

$\sigma_{\beta_0}$  = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคงที่

$t_{\beta_0}$  = ค่า T-Test ของค่าคงที่

T-Test = ค่าที่ใช้มาทดสอบหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

จากสมการ (4) และ (5) ข้างบน เพื่อหาค่า  $\beta_0(i)$  และ  $\sigma_{\beta_0}$  มาแทนค่าในสมการ (6) แล้วหาค่า  $t_{\beta_0}$  โดยค่า  $\beta_0 = 3.4705$  และ  $\beta_1 = 0.9308$

Sharp(x)	PMS(y)	$\beta_0(i)$	$\beta_0(i) - \beta_0$	$(\beta_0(i) - \beta_0)^2$
26	30	5.7992	2.3287	5.422844
35	33	0.422	-3.0485	9.293352
27	35	9.8684	6.3979	40.93312
46	40	-2.8168	-6.2873	39.53014
71	60	-6.0868	-9.5573	91.34198
32	33	3.2144	-0.2561	0.065587
53	52	2.6676	-0.8029	0.644648
62	60	2.2904	-1.1801	1.392636
60	57	1.152	-2.3185	5.375442
75	88	18.19	14.7195	216.6637
			sum	410.6634
			$\sigma_{\beta_0}$	41.06634

ตารางที่ 3 ตารางคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคงที่

จากตารางที่ 3 ลงในสมการที่ (6) จะได้

$$\begin{aligned} t_{\beta_0} &= \frac{\beta_0}{\sigma_{\beta_0}} \\ &= \frac{3.4705}{\sqrt{41.066}} \\ &= 0.8451 \end{aligned}$$

จะไม่ยอมรับค่าสมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) ก็ต่อเมื่อค่าคงที่ ( $\beta_0$ ) = 0

$$\begin{aligned} |t_{\beta_0}| &= t_{\alpha/2, n-2} \\ (\alpha &= 0.05, df = n - 2) \end{aligned} \tag{7}$$

โดยที่

$t_{\alpha}$  = ค่า T-Test ที่มีค่านัยสำคัญอยู่ที่ 0.05

$df$  = จำนวนค่าอิสระ (degrees of freedom)

t-Distribution

ตารางการแจกแจง t

df	0.1	0.05	0.025	0.02	0.015	0.01	0.005	0.0025
	0.2	0.1	0.5	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005
1	3.0777	6.3137	12.062	15.8945	21.2051	31.8210	63.6559	127.3211
2	1.8856	2.9200	4.027	4.8487	5.6428	6.9645	9.9250	14.0892
3	1.6377	2.3534	3.824	3.4819	3.8961	4.5407	5.8408	7.4532
4	1.5332	2.1318	2.765	2.9985	3.2976	3.7469	4.6041	5.5975
5	1.4759	2.0150	2.706	2.7565	3.0029	3.3649	4.0321	4.7733
6	1.4398	1.9432	2.469	2.6122	2.8289	3.1427	3.7074	4.3168
7	1.4149	1.8946	2.646	2.5168	2.7146	2.9979	3.4995	4.0294
8	1.3932	1.8508	2.3060	2.4490	2.6338	2.8965	3.3554	3.8325
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.3984	2.5738	2.8214	3.2498	3.6896
10	1.3722	1.8125	2.2281	2.3593	2.5275	2.7638	3.1693	3.5814
11	1.3634	1.7959	2.2010	2.3281	2.4907	2.7181	3.1058	3.4966
12	1.3562	1.7823	2.1788	2.3027	2.4607	2.6810	3.0545	3.4284
13	1.3502	1.7709	2.1604	2.2816	2.4358	2.6503	3.0123	3.3725

ตารางที่ 4 ตาราง T

จากตาราง  $T$  จะได้ว่า  $t_{0.025,8} = 2.306$  มีค่ามากกว่า  $t_{\beta_0}$  ที่คำนวณได้ จึงทำให้  
ยอมรับค่าสมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) ก็ต่อเมื่อค่าคงที่ ( $\beta_0$ ) = 0 ไม่เป็นจริง นั่นคือค่าคงที่  $\beta_0$  มี  
ค่ามากกว่า 0

ขั้นตอนที่ 4 สมมติฐานในการหาค่าสัมประสิทธิ์ ( $\beta_1$ ) คือ

$$H_1: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

พิสูจน์สมมติฐานดังต่อไปนี้

$$(\sigma_{\beta_1})^2 = \frac{\sum (y(i) - Y)^2}{n - 2} \quad (8)$$

$$t_{\beta_1} = \frac{\beta_1}{\sigma_{\beta_1}} \quad (9)$$

จะได้ว่า

Sharp(x)	PMS(y)	$x(i) - \bar{x}$	$(x(i) - \bar{x})^2$	linear(Y)	$y(i) - Y$	$(y(i) - Y)^2$	
26	30	-22.7	515.29	27.6713	2.3287	5.422844	
35	33	-13.7	187.69	36.0485	-3.0485	9.293352	
27	35	-21.7	470.89	28.6021	6.3979	40.93312	
46	40	-2.7	7.29	46.2873	-6.2873	39.53014	
71	60	22.3	497.29	69.5573	-9.5573	91.34198	
32	33	-16.7	278.89	33.2561	-0.2561	0.065587	
53	52	4.3	18.49	52.8029	-0.8029	0.644648	
62	60	13.3	176.89	61.1801	-1.1801	1.392636	
60	57	11.3	127.69	59.3185	-2.3185	5.375442	
75	88	26.3	691.69	73.2805	14.7195	216.6637	
			2972.1			410.6634	Sum
48.7							Average

ตารางที่ 5 ตารางคำนวณหาผลรวมของค่า  $(x(i) - \bar{x})^2$  และ  $(y(i) - Y)^2$

จากตารางที่ 5 มาแทนค่าในสมการ (8) และ (9) จะได้

$$\begin{aligned}(\sigma_{\beta_1})^2 &= \frac{410.6634}{8} \\ &= \frac{2972.1}{2972.1} \\ &= 0.017272 \\ \therefore t_{\beta_1} &= \frac{0.9308}{\sqrt{0.017272}} \\ &= 53.89193\end{aligned}$$

จะไม่ยอมรับสมมติฐาน ( $H_1$ ) ก็ต่อเมื่อค่าค่าสัมประสิทธิ์ ( $\beta_1$ ) = 0 ดังนั้น

$$\begin{aligned}|t_{\beta_1}| &= t_{\alpha/2, n-2} \\ (\alpha &= 0.05, df = n - 2)\end{aligned}$$

จากตารางที่ 4 ตาราง  $T$  จะได้ว่า  $t_{0.025, 8} = 2.306$  มีค่าน้อยกว่า  $t_{\beta_1}$  ที่คำนวณได้ จึงทำให้ ยอมรับค่าสมมติฐาน ( $H_1$ ) ก็ต่อเมื่อค่าค่าสัมประสิทธิ์ ( $\beta_1$ ) = 0 ไม่เป็นจริง นั่นคือ  $\beta_1$  มีค่ามากกว่า 0 อย่างมีนัยสำคัญตัดทิ้งไม่ได้

ดังนั้นสมการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ยังคงเป็น

$$Y = 3.4705 + 0.9308(x)$$

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ว่าสมการที่ได้มาเหมาะสมที่นำไปคาดการณ์ค่า  $Y$  ในอนาคตได้หรือไม่ จะมีวิธีหาความคาดเคลื่อนระหว่างค่า  $y$  ที่ได้จากการใส่ค่า  $x$  ที่ในสมการ ดังต่อไปนี้

$$SS = \sum (y(i) - \bar{y})^2 - \sum (y(i) - Y)^2 \quad (10)$$

$$df_{error} = n - 2 \quad (11)$$

$$df = (n - 1) - (df_{error}) \quad (12)$$

$$MS = \frac{SS}{df} \quad (13)$$

$$F = \frac{MS}{\frac{\sum(y(i) - Y)^2}{n - 2}} \quad (14)$$

โดยที่

$SS$  = ค่าความแปรปรวนหรือค่าที่ใช้วัดการกระจายตัวของข้อมูล โดยสามารถหาค่าความแปรปรวนจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสองเพื่ออธิบายในความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $X$  และค่า  $Y$

$MS$  = ค่าเฉลี่ยที่อธิบายได้ในความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $X$  และค่า  $Y$  (Mean Square)

$df$  = จำนวนค่าอิสระที่อธิบายได้

$df_{error}$  = จำนวนค่าอิสระที่คลาดเคลื่อน

$F$  = ค่าที่นำมาเทียบในตาราง F-Test

Sharp(x)	PMS(y)	$y(i) - \bar{y}$	$(y(i) - \bar{y})^2$	linear(Y)	$y(i) - Y$	$(y(i) - Y)^2$	
26	30	-18.8	353.44	27.6713	2.3287	5.422844	
35	33	-15.8	249.64	36.0485	-3.0485	9.293352	
27	35	-13.8	190.44	28.6021	6.3979	40.93312	
46	40	-8.8	77.44	46.2873	-6.2873	39.53014	
71	60	11.2	125.44	69.5573	-9.5573	91.34198	
32	33	-15.8	249.64	33.2561	-0.2561	0.065587	
53	52	3.2	10.24	52.8029	-0.8029	0.644648	
62	60	11.2	125.44	61.1801	-1.1801	1.392636	
60	57	8.2	67.24	59.3185	-2.3185	5.375442	
75	88	39.2	1536.64	73.2805	14.7195	216.6637	
			2985.6			410.6634	Sum
	48.8						Average

ตารางที่ 6 ตารางคำนวณหาผลรวมของค่า  $(y(i) - \bar{y})^2$  และ  $(y(i) - Y)^2$

จากตารางที่ 6 แทนค่าลงในสมการ (10),(11),(12) และ (13) จะได้ว่า

$$SS = 2985.6 - 410.6634$$

$$= 2574.937$$

$$df = (10 - 1) - (10 - 2)$$

$$= 1$$

$$MS = \frac{2574.937}{1}$$

ดังนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณด้านบนแทนค่าลงในสมการที่ (14) จะได้ว่า

$$F = \frac{2574.937}{\frac{410.6634}{10 - 2}}$$

$$= 50.1615$$

จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐาน โดยจะไม่ยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  ถ้าค่าสถิติ  $F >$  ค่า  $F_{critical}$  ( $\alpha = 0.05, v_1 = 1, v_2 = 8$ )

โดยที่

$F$  = ค่า  $F$ -Test ที่คำนวณได้

$F_{critical}$  = ค่าคงที่  $F$ -Test ที่กำหนดนัยสำคัญอยู่ที่ 0.05 และ  $df$  มีค่าเท่ากับ 1,  $df_{error}$  มีค่าเท่ากับ 8

**Alpha = 0.05**

	k-->										
df	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	17.969	26.976	32.819	37.082	40.408	43.115	45.397	47.357	49.071	50.592	
2	6.085	8.331	9.798	10.881	11.734	12.435	13.027	13.539	13.988	14.389	
3	4.501	5.910	6.825	7.502	8.037	8.478	8.852	9.177	9.462	9.717	
4	3.926	5.040	5.757	6.287	6.706	7.053	7.347	7.602	7.826	8.027	
5	3.635	4.602	5.218	5.673	6.033	6.330	6.582	6.801	6.995	7.167	
6	3.460	4.339	4.896	5.305	5.628	5.895	6.122	6.319	6.493	6.649	
7	3.344	4.165	4.681	5.060	5.359	5.606	5.815	5.997	6.158	6.302	
8	3.261	4.041	4.529	4.886	5.167	5.399	5.596	5.767	5.918	6.053	
9	3.199	3.948	4.415	4.755	5.024	5.244	5.432	5.595	5.738	5.867	
10	3.151	3.877	4.327	4.654	4.912	5.124	5.304	5.460	5.598	5.722	
11	3.113	3.820	4.256	4.574	4.823	5.028	5.202	5.353	5.486	5.605	
12	3.081	3.773	4.199	4.508	4.750	4.950	5.119	5.265	5.395	5.510	
13	3.055	3.734	4.151	4.453	4.690	4.884	5.049	5.192	5.318	5.431	
14	3.033	3.701	4.111	4.407	4.639	4.829	4.990	5.130	5.253	5.364	

ตารางที่ 7 ตาราง F

จากตาราง F จะได้ว่า  $F_{0.05,1,8} = 45.497$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า  $F$  ที่คำนวณได้ จึงทำให้สมมติฐาน  $H_0$  ไม่เป็นจริง นั่นคือค่าความคาดเคลื่อนที่ได้จากสมการนี้สามารถอธิบายได้

ขั้นตอนที่ 6 การหาลัมประสิทธิภาพแสดงการตัดสินใจ (R-Square) เพื่อหาค่าความคาดเคลื่อนทุกค่าความเปลี่ยนแปลงของค่า  $X$  จากสมการ

$$R^2 = \frac{(SS)100}{\sum(y(i) - \bar{y})^2} \% \quad (15)$$

และพิสูจน์ค่า  $R^2$  จาก

$$R^2 - Adjusted = \left\{ 1 - \left( \frac{n-1}{n-p} \right) (1 - R^2) \right\} 100\% \quad (16)$$

โดยที่

$R^2$  = ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเพื่อหาค่าคาดเคลื่อน มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

$R^2 - Adjusted$  คือการลดค่า  $n$  ลง 1 ตัวเพื่อตรวจสอบค่า  $R^2$  อีกครั้งหากยังมีค่าสูงอยู่ถือว่าไม่เป็นการบังเอิญ แต่หากมีค่าที่ต่ำกว่าเดิมมากกว่าเดิม แสดงว่า  $R^2$  มีความไว (Sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า  $n$

$p$  = จำนวนค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น ในนี้คือ  $\beta_0, \beta_1$  นั่นเอง

จากนั้นทำการแทนค่าลงในสมการ (15) และ (16) จะได้

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{(SS)100}{\sum(y(i) - \bar{y})^2} \% \\ &= \frac{(2574.937)100}{2985.6} \% \\ &= 86.25 \% \end{aligned}$$

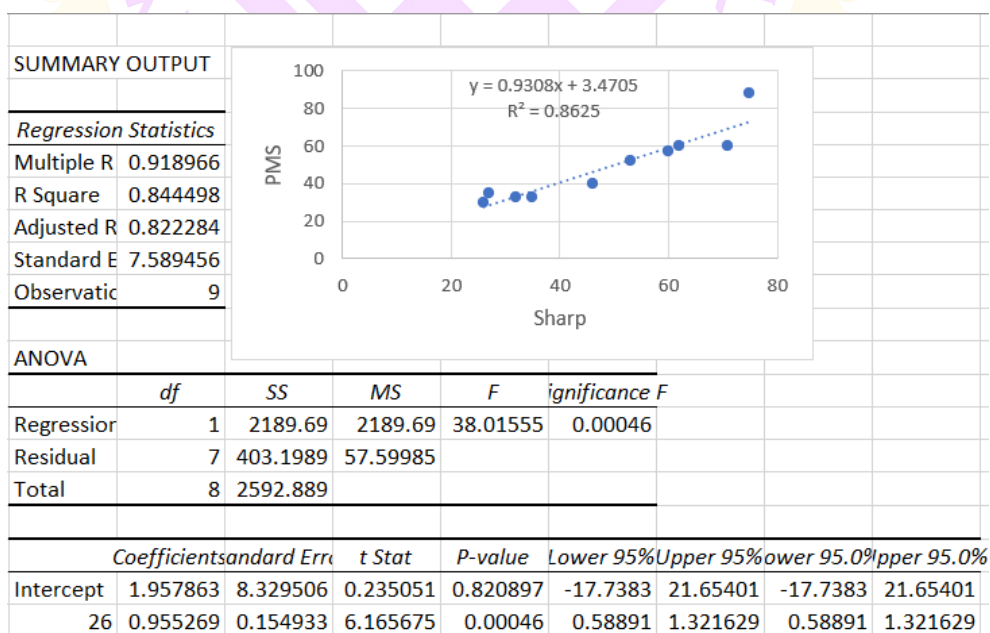
$$\begin{aligned}
 R^2 - \text{Adjusted} &= \left\{ 1 - \left( \frac{n-1}{n-p} \right) (1 - R^2) \right\} 100\% \\
 &= \left\{ 1 - \left( \frac{10-1}{10-2} \right) (1 - 0.8625) \right\} 100\% \\
 &= 84.53\%
 \end{aligned}$$

จะได้ค่าทั้งหมดดังตารางที่ 8

$\beta_0$	3.4705
$t_{\beta_0}$	0.8451
$\beta_1$	0.9308
$t_{\beta_1}$	53.89193
$F$	50.1615
$R^2$	0.8625
$R^2 - \text{Adjusted}$	0.8453

ตารางที่ 8 ค่าที่ได้จากคำนวณของตัวอย่าง

หากใช้ excel ในการช่วยคำนวณ



ภาพที่ 3 การคำนวณบนโปรแกรม Microsoft Excel

จากตารางโปรแกรม Microsoft Excel จะได้สมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจากข้อมูลภาพที่ 3 ได้ว่า

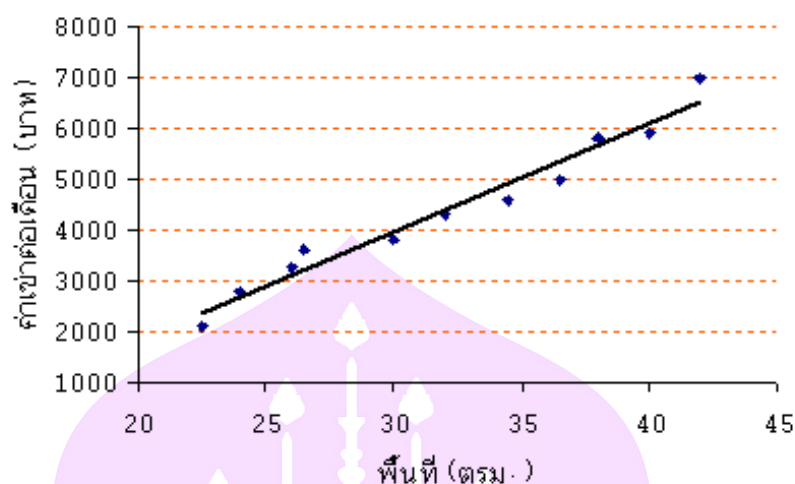
$$Y = 3.4705 + 0.9308(x)$$

หรือค่าผ่อนละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS (โดยประมาณ) =  $3.4705 + 0.9308(\text{ค่าผ่อนละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp})$  นั้นเอง

ตัวอย่างที่ 2 นักวิจัยการตลาดคนหนึ่งกำลังสำรวจข้อมูล ราคาเช่าต่อเดือนของอาคารชุดประเภทคอนโดมิเนียม ในเขตใกล้เคียงกับถนนศรีนครินทร์ ในช่วงที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสำรวจได้เก็บตัวอย่าง โดยใช้อัตราค่าเช่าห้องต่อเดือน และขนาดของห้อง เป็นเกณฑ์ โดยได้ข้อมูลมาดังตารางต่อไปนี้ (ตัวเลขสมมติ)

พื้นที่ (m <sup>2</sup> )	ค่าเช่าต่อเดือน (บาท)
22.5	2100
24	2800
26	3250
26.5	3600
30	3800
32	4300
34.5	4600
36.5	5000
38	5800
40	5900
42	7000

ตารางที่ 9 ตารางแสดงข้อมูลตัวอย่างที่ 2



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ตัวอย่างที่ 2

จากกราฟพื้นที่กับค่าเช่าต่อเดือนมีความสัมพันธ์กัน เพราะหากกราฟไม่ได้บอกว่าพื้นที่กับค่าเช่าไม่มีความสัมพันธ์กันเลยนั้นจะเป็นเรื่องผิดปกติ แสดงว่าการได้ข้อมูลมาอาจจะผิดและต้องตรวจสอบหากเห็นความผิดปกติ ซึ่งอาจจะมาจากการบันทึกหรือใส่ข้อมูลผิดพลาดหรือไม่ก็เก็บข้อมูลไม่เป็นไปตามหลักการที่ถูกต้อง เช่น ไปเก็บข้อมูลของหอพักนักศึกษา มารวมกับข้อมูลจากคอนโดมิเนียม หรือไปเก็บจากตัวอย่างแถวๆ ถนนสุขุมวิทบริเวณอโศก มาเทียบกับแถวศรีนครินทร์ ย่านสวนหลวง เพราะปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อตัวแปรตาม (ค่าเช่าห้องต่อเดือน) อย่างมาก แม้พื้นที่จะไม่ต่างกันนักก็ตาม

จากนั้นได้ทำการประมวลผล โดยใช้ Microsoft Excel เทียบกับ Minitab แล้วทำการสรุปผล เริ่มจาก Microsoft Excel

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	-2487.472284	455.7671781	-5.45777	0.000402
X Variable 1	214.5232816	13.96587796	15.36053	9.18E-08

ตารางที่ 10 แสดงการประมวลผลหาความสัมพันธ์จาก Microsoft Excel

Regression Statistics	
Multiple R	0.981457
R Square	0.963257
Adjusted R Square	0.959175
Standard Error	296.59
Observations	11

ตารางที่ 11 แสดงการประมวลผลหาความสัมพันธ์จาก Microsoft Excel

ถ้าหากเมื่อดูข้อมูลจาก 2 ตารางที่ได้จากโปรแกรม Microsoft Excel จะได้สมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear Regression Analysis) ดังนี้

$$Y = -2487.47 + 214.52(x)$$

หรือ ค่าเช่าต่อเดือน =  $-2487.47 + 214.52x$  (พื้นที่ห้อง) นั่นเอง

ทั้งนี้เพราะจากตารางที่ 10 ค่า P-Value ของค่าคงที่ และ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น (พื้นที่) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ทั้งคู่ (กรณีนี้ใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 95%) ทำให้ไม่สามารถละทิ้งได้ เมื่อดูจากตารางที่ 11 ก็จะทำให้เห็นว่า ค่า  $R^2$  และ  $R^2$  Adjust ก็ผ่านเกณฑ์ทั้งคู่ จึงเชื่อได้ว่า ตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในการทดลองครั้งนี้มีความสัมพันธ์ต่อกัน แน่แน่นอน แต่จะเป็นแบบเชิงเส้นหรือไม่ ต้องวิเคราะห์ต่อไปจาก ANOVA Table

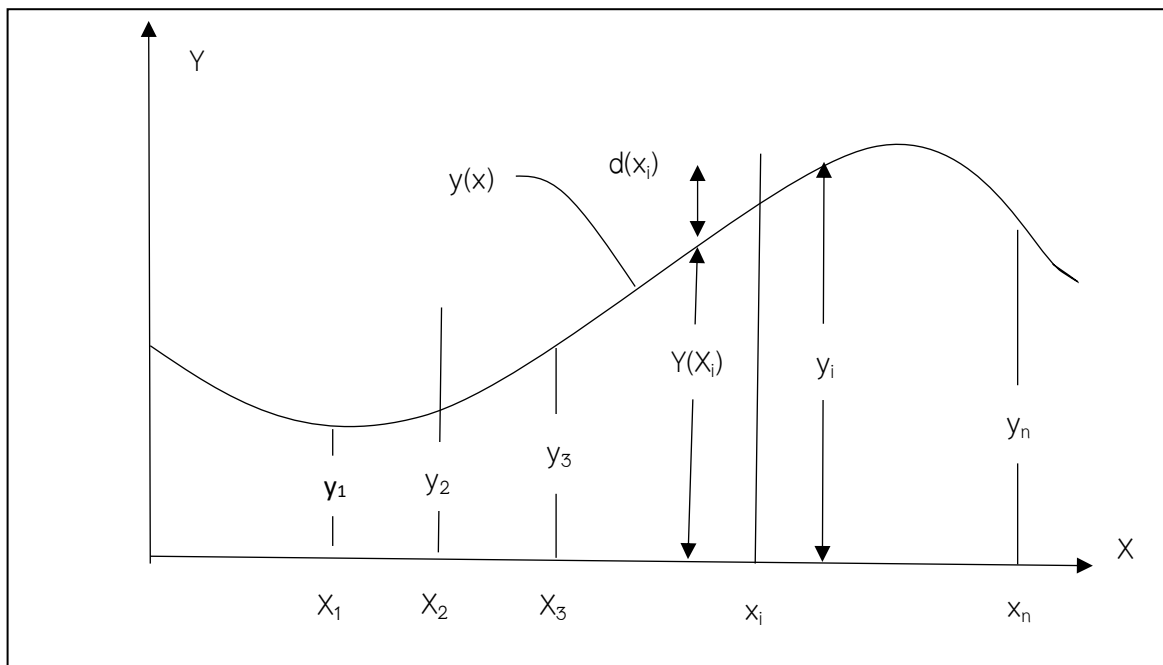
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	20755127.49	20755127	235.9459	9.17675E-08
Residual	9	791690.6874	87965.63		
Total	10	21546818.18			

ตารางที่ 12 แสดงการประมวลผลหาความสัมพันธ์จาก ANOVA

จากตาราง ANOVA ที่ได้จะเห็นว่า Regression มีค่ามากกว่า Residual (Error) ถึง 235.9 เท่า นั่นแสดงว่าสาระส่วนใหญ่ที่ได้หาคำสมการนี้ไปใช้ ก็จะเป็น Regression มากกว่า Error หรือดูจากค่า P-Value ที่ถือได้ว่าเป็น 0 แสดงว่า สมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น)



2.2 การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม (Polynomial Regression) เป็นรูปแบบวิธีที่ใช้สร้างฟังก์ชันพหุนามสำหรับข้อมูลที่กระจายโดยทั่วไปที่ไม่มีรูปแบบของเชิงเส้น



ภาพที่ 5 ฟังก์ชันพหุนาม

ชุดข้อมูลจากภาพประกอบด้วย  $x_i, y_i$  โดยที่  $i = 1, 2, \dots, n$  คือมีจำนวนชุดข้อมูล  $n$  ข้อมูล ซึ่งเมื่อต้องการสร้างสมการพหุนามอันดับ  $m$  สำหรับข้อมูลชุดนี้ จะได้ว่า

$$y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (1)$$

โดยที่  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  เป็นค่าคงที่ ที่คำนวณหาจากเงื่อนไขที่ว่า สมการพหุนามที่สร้างขึ้นมานี้ จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุดจากข้อมูลทั้งหมดที่กำหนดมาให้ นั่นคือ

$$E = \sum d(x_i)^2 \quad (2)$$

หรือเท่ากับ

$$E = \sum [y_i - y(x_i)]^2 \quad (3)$$

แทนค่า  $y(x_i)$  จากสมการ (1) ในสมการ (3) จะได้

$$E = \sum [y_i - (a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m)]^2 \quad (4)$$

จากนั้น โดยใช้วิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด ซึ่งทำจากวิธีการหาค่าต่ำสุดของค่าความผิดพลาด (E) ในแต่ละค่าคงที่ ทำให้ได้ระบบสมการที่ประกอบด้วย  $m + 1$  จะเขียนอยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} n & \sum x & \sum x^2 & \dots & \sum x^m \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 & \dots & \sum x^{m+1} \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 & \dots & \sum x^{m+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x^m & \sum x^{m+1} & \sum x^{m+2} & \dots & \sum x^{2m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \\ \sum x^2y \\ \vdots \\ \sum x^my \end{bmatrix} \quad (5)$$

เมื่อคำนวณค่าคงที่  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  ได้จากสมการที่ (5) แล้ว ก็นำค่าคงที่นี้ไปแทนลงในสมการที่ (1) ก็จะได้สมการถดถอยแบบพหุนามอันดับ  $m$  ตามที่ต้องการ

ตัวอย่างที่ 3 หาสมการพหุนามอันดับสองของความสัมพันธ์นี้

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รุ่น Sharp	26	35	27	46	71	32	53	62	60	75
รุ่น PMS	30	33	35	40	60	33	42	60	57	88

ตารางที่ 13 ข้อมูลของเซ็นเซอร์รุ่นละของ

วิธีทำ

จำนวนชุดข้อมูล  $n = 10$

สมการพหุนามอันดับสองคือ  $y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$

หาค่า  $a_0, a_1$  และ  $a_2$  จากอันดับสมการ  $m = 2$

จะได้รูปแบบเมตริกซ์ ดังสมการที่ 5

$$\begin{bmatrix} 10 & \sum x & \sum x^2 \\ \sum x & \sum x^2 & \sum x^3 \\ \sum x^2 & \sum x^3 & \sum x^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \\ \sum x^2y \end{bmatrix}$$

x	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>	y	xy	x <sup>2</sup> y	
26	676	17576	456976	30	780	20280	
35	1225	42875	1500625	33	1155	40425	
27	729	19683	531441	35	945	25515	
46	2116	97336	4477456	40	1840	84640	
71	5041	357911	25411681	60	4260	302460	
32	1024	32768	1048576	33	1056	33792	
53	2809	148877	7890481	42	2226	117978	
62	3844	238328	14776336	60	3720	230640	
60	3600	216000	12960000	57	3420	205200	
75	5625	421875	31640625	88	6600	495000	
487	26689	1593229	100694197	478	26002	1555930	sum

ตารางที่ 14 การคำนวณหาค่าผลรวมในสมการต่างๆ

แทนค่าลงในสมการ

$$\begin{bmatrix} 10 & 487 & 26689 \\ 487 & 26689 & 1593229 \\ 26689 & 1593229 & 100694197 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 478 \\ 26002 \\ 1555930 \end{bmatrix}$$

เมื่อหาค่าในเมตริกซ์โดยอินเวอร์สของเมตริกซ์จะได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & -0.45179 & 0.0044 \\ -0.45179 & 0.02042 & -0.0002 \\ 0.0044 & -0.0002 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 478 \\ 26002 \\ 1555930 \end{bmatrix}$$

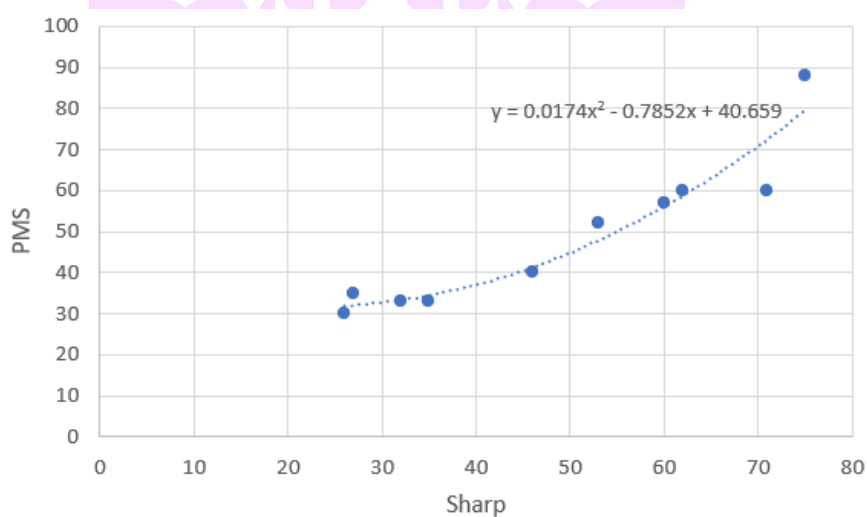
$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -121.35158 \\ 3.81922 \\ -3.0972 \end{bmatrix} ,$$

ดังนั้นจะได้สมการการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนามว่า

$$Y = -121.35158 + 3.81922x - 3.0972x^2$$

แต่หากใช้ Microsoft Excel ในการช่วยคำนวณ จะได้สมการการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนามว่า

$$Y = 40.659 - 0.7852X + 0.0174X^2$$



ภาพที่ 6 แสดงค่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนามจากโปรแกรม Microsoft Excel

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของปัญหาหมอกควันพบว่ามีการประยุกต์ใช้วิธีการหรือเทคโนโลยีรวมไปถึงการศึกษาแหล่งการเกิดมลพิษเพื่อหาแนวทางจัดการปัญหาหมอกควัน เช่น

<sup>[2]</sup> ฐิฎฎาพร สุฎฎาษัฎฎ ได้ศึคกษาวึคระาะห้ปรึคณณพ้ลละอองเช้งมवल PM2.5 และ PM10 ในบรรยาคาศด้วยครึองตรวจวัดพ้ลละอองรึสสายในพ้ลน้ที่ภาคเหนือของประเทศไทย งานวึคจยนี้จึ้งมึว้ดตุประสงค้เพ็คศึคกษาถึงปัญหามลพ้ลน้ค้วน้ที่เกดขึ้นในเขตภาคเหนือตอนบน โดยมึการตรวจวัดปรึคณณพ้ลละอองเช้งมवल PM2.5 และ PM10 และทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเปลี่นเปล่งสภาพภูมิอากาศ รวมไปถึงการนำเสนอมูลผ่านระบบรายงานผลออนไลน์จากสถานึตรวจวัดในแต่ละแห่งซึ่งมึการดึคดตั้งสถานึตรวจวัดปรึคณณพ้ลละอองเช้งมवलเรยลทมึเด็อนภยวึคกตุพ้ลน้ค้วน้ (PM2.5, PM10) ในพ้ลน้ที่ภาคเหนือ จันวนน้ทั้งหมด 4 สถานึ ได้เก้ 1) สถานึโรงเรยนยุพราช 2) สถานึ อ.คอยสะเก็ด 3) สถานึ ต.แม่เทยยะ อ.เม็องมหาวึคทยาลัยเช้งใหม่ 4) สถานึ อ.น่านอย จ.น่าน เพ็คให้ผู้รับข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร้ว ทันสถานการณ้ และเข้าจึองายนออกจกน้งานวึคจยมึความมุงหวังสร้งองค้ความรู้ใหม่ เพ็คศึคกษาสมบ้คิและลัคษณะของมลพ้ลน้ที่มาจากการเผาขั้วมवलในพ้ลน้และมีแนวโนม้ที่เพ็คสูงขึ้นในทุกๆ ปี รวมไปถึงการสนับสนุนให้เกดความร่วมมือจากนักวึคจยท้งถึนเพ็คสร้งครึองข่ายและศึคกษาวึคจยรวมกันน้ประเด็นดั่งกล้าว เพ็คให้ทราบถึงผลกระทบต้อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และการวางแผนแก้ปัญหान้ขนาดต้ออย่างทันทวงทึ

<sup>[3]</sup> สมพร จันฑาราก การศึคกษานี้มึว้ดตุประสงค้เพ็คตรวจสอบความเข้มข้นของ PM10 และองค้ประกอบทางเคมีของ PM10 ในอากาศแวดล้อมของเม็องที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเช้งใหม่-ลำพูน เพ็คประเมินคุณภาพอากาศและทำนายผลกระทบต้อสุขภาพที่อาจเกดขึ้น พ้ลน้ที่ศึคกษา 3 แห่งตั้งอยู่ในจ้งหวัดเช้งใหม่ ได้เก้ โรงเรยนยุพราชวึคทยาลัย โรงพยายาลเทศบาล อำเภอสารภึ และอึค 1 แห่งตั้งอยู่ในอำเภอเม็อง จ้งหวัดลำพูน โดยที่โรงเรยนยุพราชวึคทยาลัยตั้งอยู่จึกลางเม็องเช้งใหม่เป็นย่านที่อยู่อาศัยรายล้อมไปด้วยสถานึที่ราชการ โรงเรยน และวัด มึความหนาแน่นของการจรรยาจรค้อนข้างสูง โรงพยายาลเทศบาลเป็นพ้ลน้ที่เช้งพาณึชย้ที่มีประชากรหนาแน่น มึรายงานว่ามีความเข้มข้นของพ้ลละอองเกินมาตรฐานตลอดท้งปี พ้ลน้ที่อำเภอสารภึล้อมรอบด้วยสถานึที่ราชการและถึอเป็นพ้ลน้ที่มีการจรรยาจรหนาแน่นน้ชนบท มึรายงานผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจจันวนน้มาก และตั้งอยู่ในเขตที่อยู่อาศัยจึกลางเม็องลำพูนที่มีการจรรยาจรหนาแน่น โดยมึการวึคระาะห้ถึงด้อย่าง PM10 ที่เกดขึ้นน้บรรยาคาศและองค้ประกอบทางเคมีในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่าแหล่งกำเนิดมลพ้ลน้ทางอากาศเกดจาก

การเผาทั้งพื้นที่ป่าหรือพื้นที่โล่งเพื่อทำการเกษตรกรรม ยังต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศที่อาจเกิดขึ้นในเขตเมืองด้วย ปริมาณการจราจร จำนวนและประเภทของยานพาหนะ และเชื้อเพลิงที่ใช้ ตลอดจนแหล่งที่มาของจุด เช่น โรงงานขนาดเล็ก ควรได้รับการพิจารณาด้วย เพื่อการรณรงค์จัดการมลพิษทางอากาศจะประสบความสำเร็จและยั่งยืนก็ต่อเมื่อมีการหยิบยกประเด็นปัญหาเข้ามาในพื้นที่ที่น่ากังวลเป็นลำดับแรก นอกจากนี้ยังต้องเพิ่มจำนวนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศก็เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนพื้นที่ที่กว้างขึ้น สิ่งนี้จะนำไปสู่ความแม่นยำของข้อมูลสำหรับการจัดการคุณภาพอากาศ

<sup>[4]</sup> กำไลเงิน ตาวิยะ ได้ศึกษาผลของการระบายอากาศวิธีธรรมชาติต่อฝุ่นละอองภายในอาคารในช่วงปัญหาหมอกควันในจังหวัดน่าน และศึกษาผลกระทบของการระบายอากาศวิธีธรรมชาติเป็นการระบายอากาศโดยใช้ลมเดินทางเข้าผ่านพื้นที่ห้องจากการเปิดประตู หน้าต่างหรือช่องรับลมเพื่อช่วยพาความร้อนและความชื้นเดินทางออกไปนอกห้องในทิศทางใดทิศทางหนึ่งของอาคาร โดยศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) และอัตราการระบายบริเวณภายในและภายนอกของอาคารจำนวน 9 หลังที่มีการระบายอากาศวิธีธรรมชาติ ในช่วงก่อนเกิดหมอกควันโดยมีอัตราส่วนฝุ่นละอองภายในอาคารต่อภายนอกอาคารของฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) มีอัตราการระบายอากาศ 11.9% และ 4.18 จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารน้อยจนไม่สามารถลอยตัวไม่นานทำให้ไม่สามารถวัดค่าได้ และช่วงเกิดหมอกควันโดยมีอัตราส่วนฝุ่นละอองภายในอาคารต่อภายนอกอาคารของฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) มีอัตราการระบายอากาศ 10.5% และ 7.37% จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารมากจนการระบายอากาศไม่เพียงพอ

<sup>[5]</sup> นัฐฐา กฤษณะพุกต์ ได้ศึกษาผลของการระบายอากาศวิธีกึ่งต่อฝุ่นละอองภายในอาคารในช่วงปัญหาหมอกควันในจังหวัดน่าน ความสำคัญของระบบระบายอากาศที่เหมาะสมภายในอาคาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศวิธีกึ่งที่จะส่งผลถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร และเป็นข้อมูลในการประยุกต์ใช้ระบบระบายอากาศวิธีกึ่งในพื้นที่ที่มีปัญหาหมอกควันและลดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป โดยที่ได้หาค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของฝุ่นละอองภายในอาคารก่อนช่วงเกิดหมอกควันของฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ 10 ไมครอน (PM10) มีค่ามากกว่า 1 ส่วนในช่วงเกิดหมอกควันค่าเฉลี่ย

I/O ratio ของฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอน (PM10) มีค่าลดต่ำ 4% จากช่วงเกิดหมอกควัน แต่ค่าเฉลี่ย I/O ratio ของฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน (PM2.5) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้น 3.4% แสดงว่าประสิทธิภาพการช่วยลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอน (PM10) ภายในอาคารระบายนอกอากาศด้วยวิธีกลได้ดี

[6] Junmin Li, Luping Wang งานวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษต่างๆ และองค์ประกอบทางอนุกรมวิธานแทบจะไม่มีเลย ในบทความนี้ทำการวิเคราะห์สัมพันธ์ตัวแปรคู่ระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 และองค์ประกอบการตรวจสอบอื่นๆ ที่ละรายการ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของ PM2.5 และ PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO และอนุกรมวิธาน ดังนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองการคำนวณการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 และ PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO และอนุกรมวิธาน และทำการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลการตรวจวัดไว้ 30 วัน เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลเป็นแบบการทดสอบความน่าเชื่อถือสำหรับโมเดลด้วยข้อมูลการตรวจวัด 30 วันตามลำดับจากสี่เมืองที่แตกต่างกันแบบสุ่ม มีผลสรุปดังนี้: (1)ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 และ PM10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> และ CO และองค์ประกอบทั้งหมดเหล่านี้สามารถใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองการคำนวณความเข้มข้นของ PM2.5 เราสามารถดูได้จากค่าสัมบูรณ์ของค่าความสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 จากมากไปน้อย ได้แก่ PM10, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, อนุกรมวิธาน และ O<sub>3</sub> (2)จากนั้นได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือแบบจำลองด้วยข้อมูลการตรวจวัด 30 วัน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของ PM2.5 ระหว่างการคำนวณแบบจำลองและการตรวจสอบจริงมีความสอดคล้องแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้สามารถใช้ในการคาดการณ์ความเข้มข้นของ PM2.5 (3)รวบรวมข้อมูลความหนาแน่นของ PM2.5 เป็นเวลา 30 วันและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากแต่ละเมืองแบบสุ่ม เพื่อประเมินผลลัพธ์ด้วยแบบจำลอง PM2.5

[7] Thanakrit Neamhom, et al., การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อกำหนดลักษณะความเข้มข้นของ อนุภาคแขวนลอยทั้งหมด(TSP), PM10 และ PM2.5 ในอาคารสำนักงาน 2)เพื่อกำหนดดัชนีความเสี่ยงด้านสุขภาพ และ 3)เพื่อตรวจสอบสมการทำนายสำหรับ PM2.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศอนุภาคและพบความเข้มข้นเฉลี่ยของ TSP, PM10 และ PM2.5 โดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเพื่อสร้างสมการทำนายผลการตรวจสอบพบว่า PM2.5 สามารถประมาณความเข้มข้นได้ดีภายใต้ PM10 และ TSP ที่รู้จักโดยมีค่า  $r^2$  เท่ากับ

0.88 นอกจากนี้ผลการตรวจพบว่า PM ในอาคารมีความเข้มข้นสูงกว่า และ TSP มักพบในบริเวณที่มีหน้าต่างเปิด ใกล้กับถนนสายหลักที่มีการจราจรคับคั่ง ดังนั้นการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารจึงยังมีความจำเป็น และจำเป็นต้องมีการดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่ม เพื่อบริการเปิดรับผู้โดยสารที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จากการค้นพบนี้ PM และอนุภาคแขวนลอยทั้งหมดภายในอาคารในระดับที่สูงขึ้นโดยทั่วไปมักพบบริเวณหน้าต่างที่เปิดโล่งและใกล้กับถนนสายหลักที่มีการจราจรคับคั่ง เพื่อกำหนดความเสี่ยงต่อสุขภาพในแง่ของ Hazard Quotient(HQ) ต่อไป ได้ศึกษาดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามที่จัดการด้วยตนเองเพื่อรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมวิถีชีวิตและสถานะสุขภาพ ผลการวิจัยระบุว่าทั้ง PM10 และ PM2.5 อยู่ในระดับอันตรายต่อสุขภาพปานกลาง

<sup>[8]</sup> Chalisa Veessommai Sillberg and et al., ศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM2.5 ในกรุงเทพมหานคร ความสัมพันธ์ได้รับการทดสอบทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 โดยที่การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้น PM2.5 เฉลี่ยรายเดือนพบว่า PM2.5 มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายน (ฤดูร้อนและฤดูฝน) และเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ ในช่วงฤดูหนาว กรุงเทพฯ ได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือและปัจจัยอุตุนิยมวิทยา (ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ และความกดอากาศ) อัตราการแพร่กระจายของฝุ่นละอองที่ลดลงและการสะสมของ PM2.5 ทำให้ระดับ PM2.5 เกินค่ามาตรฐาน ในการศึกษาปัจจุบัน ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM2.5 โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นสัมพัทธ์คิดเป็นประมาณ 64.20% ของการแปรผันประจำปีของ PM2.5 ในระหว่างที่ความเข้มข้น PM2.5 สูงในฤดูหนาวและในช่วงเวลาเร่งด่วน นอกจากนี้ การเกิดอุณหภูมิมักผัน (TI) ได้รับผลกระทบความเข้มข้นของ PM2.5 ในช่วง 4 ปีการศึกษา (2016 และ 2018–2020) มีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของ PM2.5

<sup>[9]</sup> Rui Zhao and et al., พารามิเตอร์หลักสำหรับแบบจำลองที่เสนอรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับความลึกเชิงแสงของละอองลอย (AOD) ที่ได้รับผ่านการสำรวจระยะไกล ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยาจากการเฝ้าติดตามพื้นดิน (ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์) และมลพิษในก๊าซอื่นๆ (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO และ O<sub>3</sub>) เมืองปักกิ่งได้รับเลือกให้เป็นภูมิภาคทั่วไปสำหรับกรณีศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรดังกล่าวสำหรับเมืองตลอดปี 2558 ถูกนำมาใช้เพื่อสร้าง

แบบจำลองการถดถอยสองแบบ ซึ่งแยกตามข้อมูลประจำปีและตามฤดูกาลตามลำดับ ผลปรากฏว่าการถดถอยแบบจำลองตามข้อมูลประจำปีมี ( $R^2 = 0.766$ ) ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองการถดถอยโดยใช้ข้อมูลประจำปีของเมืองปักกิ่งในปี 2558 สามารถอธิบายถึง 76.6% ของความเข้มข้นของ PM2.5 ในเมือง พบความแตกต่างตามฤดูกาลที่ชัดเจนในความเข้มข้นของ PM2.5 โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.852, 0.761, 0.788 และ 0.874 สำหรับแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสำหรับฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาวตามลำดับ ผลลัพธ์ของแบบจำลองการถดถอยที่ใช้ข้อมูลฤดูใบไม้ผลิและฤดูหนาวนั้นเหนือกว่าแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง การศึกษาเพิ่มเติมจะตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่เสนอ สิ่งเหล่านี้จะรวมถึงความไวของแบบจำลองต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลาและภูมิภาค และผลกระทบของความละเอียดที่แตกต่างกันของข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียมต่อความแม่นยำในการทำนาย ส่วนประกอบที่เป็นส่วนประกอบและการก่อตัวของ PM2.5 จะได้รับการวิเคราะห์ด้วย เพื่อให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ได้

<sup>[10]</sup> Sangwon Chae and et al., เสนอแบบจำลองการคาดการณ์ตามเวลาจริงที่สามารถตอบสนองต่อฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศที่ไม่ดี แบบจำลองนี้ใช้การประมาณค่าข้อมูลคุณภาพอากาศและสภาพอากาศ จากนั้นจึงใช้ Convolutional Neural Network (CNN) เพื่อคาดการณ์ความเข้มข้นของ PM แสดงผลการทำนายที่มีประสิทธิภาพด้วยค่า R-squared ที่สูงกว่า 0.97 และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ประมาณ 16% ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ แบบจำลองการคาดการณ์ทั้ง PM10 และ PM2.5 ยังคาดการณ์ความเข้มข้นสูงและมีความน่าเชื่อถือสูง โดยมีโอกาสตรวจพบสูงกว่า 0.90 และดัชนีความสำเร็จที่สำคัญเกิน 0.85 การศึกษานี้พิจารณาปัจจัยจากต่างประเทศที่ส่งผลกระทบต่อคาบสมุทรเกาหลี แม้จะมีข้อจำกัดแต่แบบจำลองการคาดการณ์ของ ICNN ที่เสนอในที่นี้สามารถเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการทำนายมลพิษ เช่น ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศสำหรับระยะเวลาการเก็บรวบรวมที่นานขึ้น และพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีสถานีตรวจวัดที่มีระยะห่างเท่าๆ กัน นอกจากนี้ แม้ว่าแบบจำลองที่เสนอจะแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการคาดการณ์ระยะยาว แต่พื้นที่สำหรับการปรับปรุงในอนาคต แบบจำลองการคาดการณ์ของ ICNN ที่นำเสนอสามารถเป็นเครื่องมือคาดการณ์ที่มีประสิทธิภาพในพื้นที่สิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมถึงคุณภาพอากาศ และยังนำเสนอมุมมองใหม่ในด้านการคาดการณ์

[11] ชญานนท์ เทพแสงพราว, ธงทิศ ฉายากุล, ศิริมา ปัญญาเมธิกุล งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นไปที่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 ด้วยการวิเคราะห์เชิงพหุคูณโดยใช้ค่าความลึกเชิงแสงของอนุภาคแขวนลอยในอากาศที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม เซ็นเซอร์ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) อัลกอริทึม Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction (MAIAC) ความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตรร่วมกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมจากกรมควบคุมมลพิษในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมาณพล โดยข้อมูลในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม ในปี 2560-2563 ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมาในแต่ละสถานีนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R2) อยู่ที่ 0.377-0.671 และค่า RMSE อยู่ที่ 9.216-16.116 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจะเป็นประโยชน์ในการหาปริมาณ PM2.5 ในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน ช่วยลดความผิดพลาดในการแจ้งเตือนปริมาณ PM2.5 และสามารถใช้ในการบริหารจัดการมลพิษทางอากาศในระยะยาวได้

[12] เสาวนารถ เล็กเลอสินธุ์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 (2) เพื่อศึกษาแรงขับเคลื่อนในการแก้ปัญหา ลักษณะทักษะแก้ปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 และการปฏิบัติงานขององค์กรบริหารส่วนตำบล (3) สร้างสมการทำนายประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 ขององค์กรบริหารส่วนตำบล กลุ่มตัวอย่างคือผู้จัดการและปฏิบัติงาน ภายในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งเลือกการสุ่มตัวอย่างสุดสถิตินำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล และการวิเคราะห์การถดถอยพหุนามโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ งานวิจัยนี้พบว่า (1) ประสิทธิภาพของการแก้โดยรวมระดับมากสำหรับปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 (2) การแก้ปัญหามีลักษณะแรงขับเคลื่อนในการแก้ปัญหาค่อนข้างสูง และทักษะการปฏิบัติดียิ่งขึ้น (3) การวิเคราะห์การถดถอยพหุนามเชิงพยากรณ์โดยใช้ปัจจัยด้านสถานะส่วนบุคคล แรงขับเคลื่อนในลักษณะการแก้ไขปัญหา และการปฏิบัติเป็นตัวแปรพยากรณ์ พบว่า การศึกษา ประสบการณ์ การงาน ตำแหน่ง รายรับ และอื่นๆ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 จากสมการพยากรณ์ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาหมอกควันฝุ่นละออง PM2.5 อยู่ที่ 87 %

[13] ปรัชญา สิงหวรรณค์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสรรหาและเลือกใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ล่วงหน้า 24 ชั่วโมง ในอันที่จะสามารถนำไปกำหนดมาตรการที่จะรับมือกับปัญหาฝุ่นละอองที่

จะเกิดขึ้นได้ งานวิจัยได้ใช้แบบจำลองหน่วยความจำ ระยะสั้นแบบยาว Long Short-Term Memory (LSTM) ที่ เป็นส่วนหนึ่งในเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยชุดข้อมูลที่ใช้ได้จากการเก็บ รวบรวมข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษในจังหวัดเชียงใหม่แบบรายชั่วโมง ในงานวิจัยได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง ในการพยากรณ์ให้แม่นยำมากขึ้นด้วยการเลือกใช้ Optimizer ได้แก่ Adam, RMSprop และ AdaGrad พบว่าชุดข้อมูลที่มีค่าข้อมูลสูญหาย ไม่มากควรเลือกใช้ Optimizer เป็น Adam และ AdaGrad แต่หากชุดข้อมูลที่มีค่าข้อมูลสูญหาย มาก ควรเลือกใช้ Optimizer เป็น RMSprop จะ ทำให้สามารถพยากรณ์ฝุ่นละออง PM2.5 ล่วงหน้า 24 ชั่วโมงได้ดีที่สุดควรจะเลือกพยากรณ์ล่วงหน้าใน ระยะสั้น และระยะยาว หรือ 24 ชั่วโมงล่วงหน้าจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากในเวลา 24 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นฝุ่นละออง PM2.5 ที่มีรูปแบบของรอบการขึ้นลงค่อนข้างชัดเจนทำให้แบบจำลอง สามารถพยากรณ์ได้ดีในระยะ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า ช่วงระยะเวลาในชั่วโมงที่ 24 หรือระยะยาวจึง ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในระยะกลาง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้แบบจำลองในชั่วโมงระยะต้น และระยะ ยาวสำหรับในช่วงระยะกลางจะสามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ แต่มีประสิทธิภาพที่ลดลง เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าระยะอื่น

<sup>[14]</sup> อาทิตย์ ยาวุฑฒิ, สมศักดิ์ วรรณชัย, พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์, จักรินทร์ ถิ่นนคร และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, บทความนี้เป็นการพัฒนาเครื่องวัดฝุ่น PM2.5 และ PM10 โดยใช้เซ็นเซอร์ หลักการทางแสงที่มีขายทั่วไป มีการออกแบบและสร้างชุดตัดแยกขนาดอนุภาคแบบเสมือนสาหรับป้องกันไม่ให้ฝุ่นใหญ่กว่า 10 ไมครอน เข้าไปสะสมที่เซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทา หน้าทีอ่านค่าจากเซ็นเซอร์และบันทึกข้อมูลฝุ่น PM2.5 PM10 อุณหภูมิและความชื้นลงในการ์ดบันทึกข้อมูล ไฟล์ข้อมูลถูกส่งไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์และนำไปแสดงผลที่เว็บเพจ ผ่านระบบไร้สายไวไฟทำการติดตั้งทดสอบวัดฝุ่นในอากาศกับสถานีวัดฝุ่นของกรมควบคุมมลพิษ จังหวัดลำพูน ข้อมูลฝุ่น PM2.5 และ PM10 ถูกทำเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงและราย 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเครื่องวัดฝุ่นแบบรังสีเบต้าของกรมควบคุมมลพิษ ผลการเปรียบเทียบวัดฝุ่น ต่อเนื่องระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ ถึง วันที่ 3 กรกฎาคม 2562 พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของทั้ง PM2.5 และ PM10 อยู่ในระดับสูงมากกว่า 0.8

<sup>[15]</sup> ณภัทร เลหาไพฑูรย์, ธนกร สุวรรณโสภณ, ทศภูมิ รันระนา, นิตินัย ไพศาลพยัคฆ์, ฝุ่นละออง PM2.5 เป็นฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยตรง ในช่วงปีที่ผ่านมาค่าฝุ่น PM2.5 ได้สูงเกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษและสิ่งแวดล้อมกำหนด ผู้วิจัยจึงได้ทำการ วิจัยเพื่อพยากรณ์ปริมาณของฝุ่น PM2.5 โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล และใช้ขั้นตอนการทำงาน ของ CRISP-DM ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและเลือกใช้อัลกอริทึม 3 ตัว ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน สำหรับการถดถอยมาใช้งาน โดยหลังจากเตรียมข้อมูลได้ใช้โปรแกรม WEKA ในการคำนวณหา ผลการพยากรณ์ โดยอัลกอริทึมซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอยให้ค่าความ แม่นยำสูงสุดที่ 64.76% จึงสามารถนำแบบจำลองไปพยากรณ์ค่าฝุ่นละออง PM2.5 ในเขต อื่นๆเพื่อเฝ้าระวังพร้อมแก้ไขปัญหาต่อไป จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ซัพพอร์ตเวกเตอร์แม ชชีนสำหรับถดถอยเหมาะที่สุดในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดย มีค่า MMRE เท่ากับ 0.500792335 ค่าความแม่นยำที่ 64.76% การจำลองด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น มีค่า MMRE เท่ากับ 0.691964158 ค่าความแม่นยำที่ 63.67% และแบบจำลองโครงข่ายประสาท เทียมให้ค่า MMRE เท่ากับ 0.776058231 และความแม่นยำที่ 32.75%

<sup>[16]</sup> ตรีวรรณ หาญกิจรุ่ง และนพภาพร พานิช งานวิจัยนี้พยายามแสดงความสัมพันธ์ ของความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยคำนวณจากค่า สัมประสิทธิ์ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และสหสัมพันธ์ เพียร์สัน โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดมลพิษ (พ.ศ. 2545-2555) ที่สถานี 3 แห่งใน กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของ PM10 มีแนวโน้มผกผันกับอุณหภูมิและ ความเร็วลม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันที่ผลลัพธ์แต่ละสถานีเท่ากับ  $r = -0.261$ ,  $-0.168$  และ  $-0.213$  และสำหรับความเร็วลมเท่ากับ  $r = 0.188$ ,  $-0.284$  และ  $0.124$  ตามลำดับ การคำนวณโดยการถดถอยเชิงเส้นให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน โดย  $R^2$  มีอุณหภูมิเท่ากับ 0.068, 0.028 และ 0.053 ตามลำดับ

<sup>[17]</sup> Konstantinos Dimitriou and Pavlos Kassomenos ระยะเวลาที่อากาศใช้ในภูมิภาค นั้นสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการมีส่วนร่วมของภูมิภาคใน PM เวลาที่อยู่อาศัยของมวลอากาศ เหนือแหล่งกำเนิดที่ปล่อยออกมาเป็นเกณฑ์หลักสำหรับการแบ่งใน 15 ภูมิภาคต้นกำเนิด ความเข้มข้นของ PM รายวันในปารีส (ฝรั่งเศส) ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยการคูณเวลาที่อยู่อาศัยของ มวลอากาศสำหรับแต่ละภูมิภาคจาก 15 ภูมิภาคด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Bk) ที่แสดง ความสามารถของแต่ละภูมิภาคเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PM รายวัน การเปรียบเทียบระหว่าง ค่าที่สังเกตได้และค่าที่ทำนายไว้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ภูมิภาคท้องถิ่นมีส่วนสะสมมากกว่า 50% ของ PM2.5 และ PM10 โดยเฉลี่ยต่อวัน ในขณะที่พื้นที่ที่อยู่อาศัยของพัสดุดังกล่าวที่ตั้งอยู่ รอบ ๆ เมืองโดยเฉพาะ เนื่องจากความขาดแคลนของการไหลเวียนของอากาศทางทิศ

ตะวันออก การไหลเวียนของอากาศในทวีปมีความสัมพันธ์กับปริมาณละอองลอยที่รุนแรงเพียงไม่กี่ตอน ในขณะที่ค่าเวลาการอยู่อาศัยของมวลอากาศสูงสุดถูกแยกออกจากกันเหนือประเทศเยอรมนี มีการใช้ MLRM เพื่อสร้างความเข้มข้นของ PM2.5 และ PM10 รายวันในกรุงปารีส โดยอ้างอิงจากการวิเคราะห์วิถีการเคลื่อนที่ของมวลอากาศย้อนหลัง 3 วัน การวิเคราะห์เวลาที่อยู่อาศัยของมวลอากาศส่งผลให้เกิดการนิยามของภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน 15 แห่ง ซึ่งตัวแปรอิสระ 15 ตัวถูกกำหนดเป็นอินพุตให้กับ MLRM สิ่งนี้ไม่เพียงทำให้การสร้าง ความเข้มข้นของ PM รายวันในปารีสประสบความสำเร็จ แต่ยังรวมถึงปริมาณของการมีส่วนร่วมของแต่ละภูมิภาคในละอองลอยทั้งหมดของเมือง

<sup>[18]</sup> Zhenyu Zhang and et al., ได้การศึกษาทางระบาดวิทยาของมลพิษทางอากาศ อาศัยแบบจำลองการคาดการณ์การสัมผัสที่มีความละเอียดสูงมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ทำการสร้างแบบจำลองการถดถอยการใช้ที่ดินระดับประเทศ (LUR) เพื่อประเมินค่า PM2.5, PM10 และ NO2 เฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี 2014 ถึง 2016 ในประเทศจีน จึงได้พัฒนาแบบจำลอง กึ่งพารามิเตอร์เชิงพื้นที่โดยใช้แบบจำลองผสมสารเติมแต่งทั่วไป ตัวแปรทำนายที่หลากหลายรวมอยู่ในแบบจำลอง: ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่แปรผันตามเวลา ข้อมูลพื้นที่ปกคลุมความละเอียดสูงจากการวัดความลึกเชิงแสงของละอองลอยจากดาวเทียม และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อทำประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธีการตรวจสอบข้าม (CV) สองวิธี ได้แก่ Hold-out CV และ 10-fold CV จากการสังเกตการณ์มากกว่า 22,000 ครั้งต่อเดือนในสถานที่ตรวจสอบ 1,382 แห่งเพื่อประเมินการสัมผัสมลพิษทางอากาศ โดยที่มีเงื่อนไขเชิงพื้นที่ที่แปรผันตามเวลาอธิบายความแปรปรวน 87%, 71% และ 69% โดยมีค่า R2 ที่ตรวจสอบข้ามที่ 0.85, 0.62 และ 0.62 สำหรับโมเดล PM2.5, PM10 และ NO2 ตามลำดับ แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา ความหนาแน่นของประชากร ระดับความสูง ระยะทางถึงถนน และประเภทสิ่งปกคลุมดินเป็นตัวทำนายที่สำคัญสำหรับการสัมผัสมลพิษทางอากาศ และได้พัฒนาแบบจำลองใหม่ทั่วประเทศเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อมลพิษทางอากาศในระดับของที่อยู่อาศัย ซึ่งสามารถใช้ในการศึกษาผลกระทบเรื้อรังของมลพิษทางอากาศได้

<sup>[19]</sup> João Gregório and et al., ได้จัดทำอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องขึ้นอยู่กับโมเดล การถดถอยเชิงเส้นแบบหลายอินพุตหลายเอาต์พุตได้รับการพัฒนาเพื่ออธิบายความเข้มข้นของ PM2.5 และ PM10 เมื่อเวลาผ่านไป อัลกอริทึมนี้แสดงข้อเท็จจริงและช่วยให้สามารถ

คาดการณ์ได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใช้พลังในการคำนวณ นอกจากนี้ยังง่ายพอที่จะอัปเดตตัวเองได้ด้วยการแนะนำขั้นตอนการเรียกซ้ำซึ่งใช้ค่าที่วัดได้ใหม่และการคาดการณ์เพื่อปรับปรุงตัวเองต่อไป เริ่มจากข้อมูลดิบ วิธีการประมวลผลล่วงหน้าได้ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่อยู่กับที่โดยใช้การทดสอบ Dickey-Fuller สำหรับการเปรียบเทียบ การสลายตัวรายสัปดาห์และรายเดือนทำได้โดยใช้ Savitzky-Golay ซึ่งเป็นตัวกรองพหุนาม อัลกอริทึมที่นำเสนอมีความแม่นยำ 30% สำหรับ PM<sub>2.5</sub> และ 26% สำหรับ PM<sub>10</sub> สำหรับขอบเขตการพยากรณ์ 24 ชั่วโมงด้วยความละเอียดการรับข้อมูลรายไตรมาสต่อชั่วโมง จับคู่ผลลัพธ์อื่น ๆ ที่ได้รับโดยใช้แนวทางการคำนวณที่เรียกร้องมากขึ้น เช่น โครงข่ายประสาทเทียม ได้แสดงความเป็นไปได้ของการใช้การถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (ร่วมกับต้นทุนการคำนวณตามเวลาจริงเล็กน้อยสำหรับขั้นตอนการฝึกอบรมและการทดสอบ) เพื่อคาดการณ์มลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาคและหลีกเลี่ยงภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมในสภาพจริง

<sup>[20]</sup> Yanwen Wang and et al., ได้ทำการศึกษาอนุภาคมลพิษทางอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพ และการตรวจสอบต้นทุนต่ำในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาอนามัยสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ความกังวลเกี่ยวกับความแม่นยำของมอนิเตอร์ราคาถูกได้ส่งผลกระทบต่อความนิยมในโครงการมอนิเตอร์ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสอบเทียบเครื่องตรวจวัดอนุภาคราคาประหยัด (HK-B3, Hike, China) ผ่านการทดลองควบคุมการสัมผัส โดยการศึกษาการใช้จอภาพ MicroPEM (RTI, อเมริกา) เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มข้นของอนุภาคมาตรฐานในการสอบเทียบจอภาพ Hike แบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงถูกสร้างขึ้นเพื่อสอบเทียบความเข้มข้นของอนุภาคที่ได้รับจากจอภาพ PM<sub>2.5</sub> ราคาประหยัด และใช้การตรวจสอบความถูกต้องลิบเทาเพื่อทดสอบแบบจำลอง นอกจากนี้ เราใช้โมเดลการถดถอยเชิงเส้นเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของโมเดลแมชชีนเลิร์นนิง มีการกำหนดวิธีการสอบเทียบสำหรับเครื่องมอนิเตอร์ราคาประหยัด และสามารถนำไปใช้กับมอนิเตอร์ในโครงการมอนิเตอร์มลพิษทางอากาศในอนาคต และได้ค่าของผลการสอบเทียบโมเดลฟอเรสต์แบบสุ่มและการสังเกตมีการควบแน่นมากขึ้นรอบๆ โดยที่เส้นการถดถอย  $y=0.99x+0.05$  และค่า R กำลังสอง ( $R^2=0.98$ ) สูงกว่าค่าสำหรับการถดถอยเชิงเส้น ( $R^2=0.87$ ) แบบจำลองฟอเรสต์แบบสุ่มแสดงประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบเดิม จึงได้ว่าการศึกษาการนำเสนอวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพื่อสนับสนุนความแม่นยำของจอภาพราคาประหยัด วิธีการแมชชีน

เลิร์นนิ่งตามแบบจำลองที่กำหนดขึ้นในการศึกษาของเราสามารถเพิ่มประสิทธิผลของ  
การศึกษามลพิษทางอากาศและสุขภาพในอนาคตได้

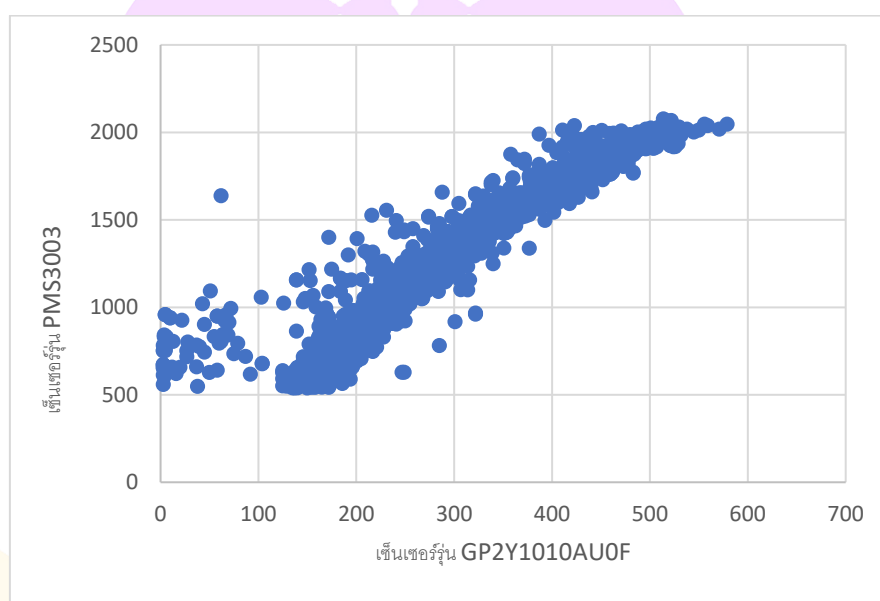


## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

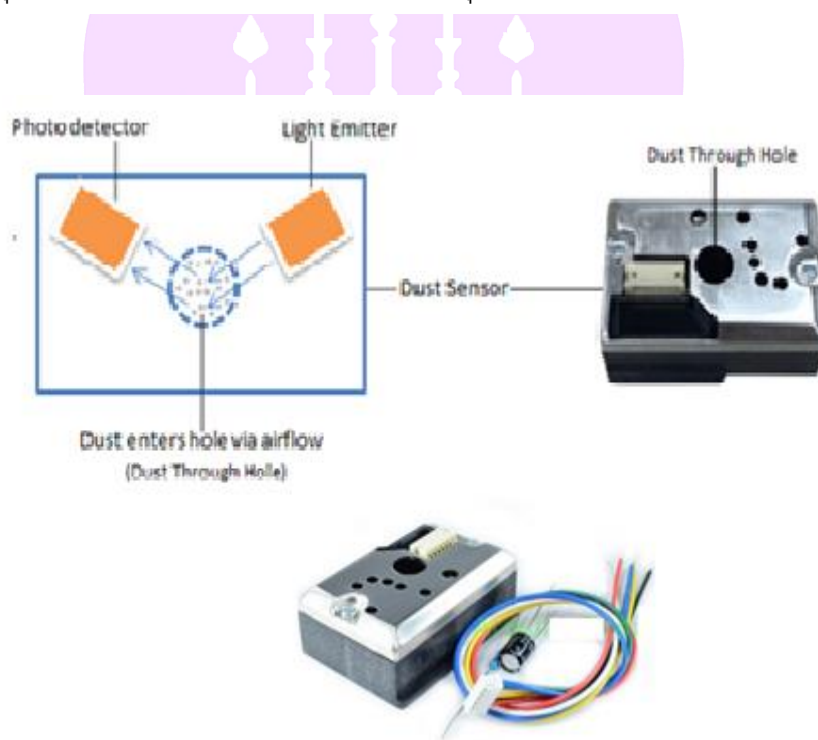
งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการจัดเตรียมข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลจากการวัดค่าฝุ่นละอองของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 แล้วนำมาสร้างกราฟ X,Y แสดงความสัมพันธ์ของค่าเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003



ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ของค่าเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลค่าฝุ่นละอองที่วัดจัดเก็บในตารางข้อมูล Microsoft Excel โดยทำการจัดเก็บเป็น 3 คอลัมน์ประกอบด้วย ค่าฝุ่นละอองที่จัดเก็บในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่าฝุ่นละอองที่จัดเก็บในรูปแบบค่าสมการแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้สมการจากโรงงานของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่าฝุ่นละอองที่จัดเก็บในรูปแบบค่าฝุ่นละออง PM 2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 และได้มีจัดทำอุปกรณ์ที่มีความคล้ายกับสภาวะแวดล้อมพื้นที่ปิดแต่มีช่องระบายเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ได้ค่าฝุ่นละอองที่วัดได้ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีความเสถียรของค่าฝุ่นละอองมากยิ่งขึ้น โดยที่เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีคุณสมบัติดังนี้

1) เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F เป็นเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองให้ออกมาแบบอนาล็อก สามารถใช้กับ Arduino ได้ เซ็นเซอร์ทำงานบนหลักการของการกระเจิงของแสง (light scattering) ภาพเครื่องตรวจจับ มี LED (Light Emitter) ส่งแสงมาที่รูซึ่งมีฝุ่นไหลผ่านเข้ามา (Dust Through Hole) ที่มุมภายในแพ็คเกจสี่เหลี่ยม เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองไหลเข้าไปในห้อง เซ็นเซอร์จะกระทบกับแสง LED (Light Emitter) ที่จะตรวจจับโดยเครื่องตรวจจับแสง (Photo detector) ฝุ่นมีอยู่ในอากาศมาก ความเข้มของแสงวัดได้จะมากตาม เซ็นเซอร์ฝุ่นจะแสดงค่าที่ได้ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปตามความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายซึ่งจะสอดคล้องกับระดับของฝุ่นละอองในอากาศ ความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจริง



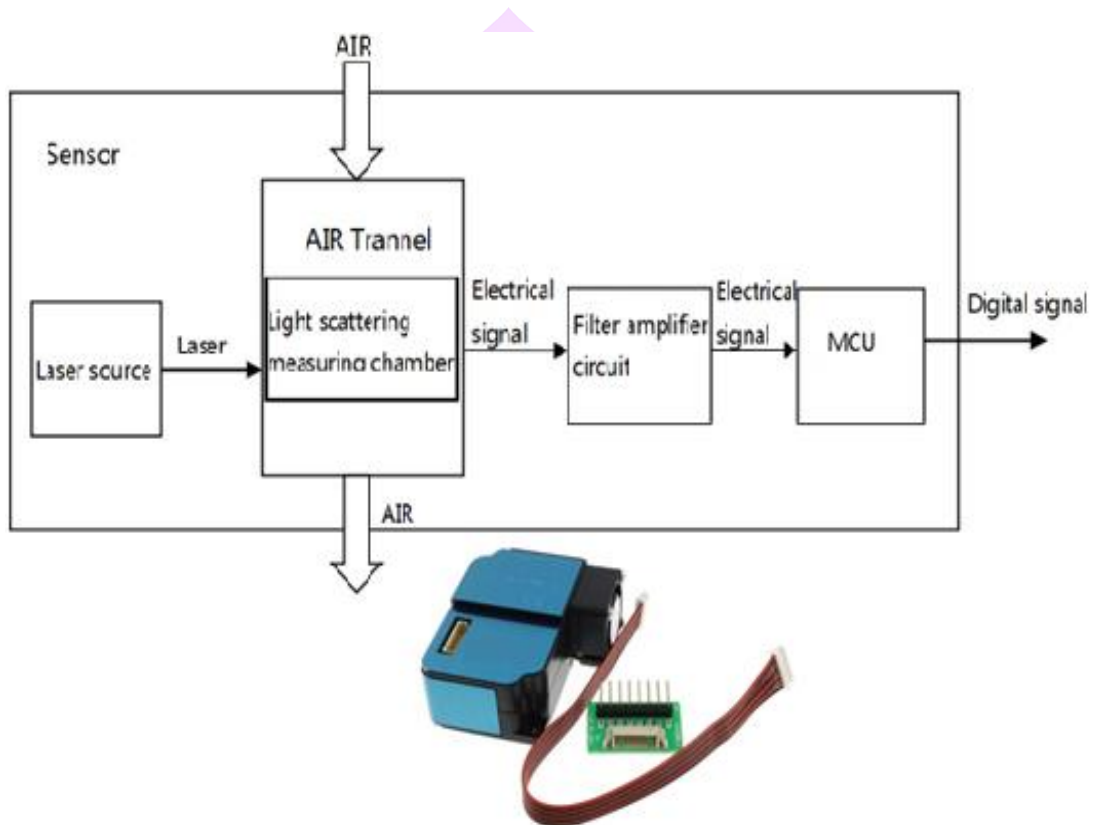
ภาพที่ 8 เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

## คุณสมบัติเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

คุณสมบัติ	รายละเอียด
เทคนิคการวัด	จำแนกอนุภาคด้วยวิธีการตกกระทบ จากแรงเฉื่อยของอนุภาคและวัด ปริมาณฝุ่นด้วยการกระเจิงของแสง
ขนาดฝุ่นละออง	PM2.5
จำนวนช่องวัด	1 ช่องวัด
ช่วงของความเข้มข้นเชิงมวล	0 ถึง 580 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์ เมตร
ความละเอียด	0.5 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
ความเร็วในการประมวลผล	น้อยกว่า 1 วินาที
อินเทอร์เฟซเอาต์พุต	อนาล็อก
รายงานในสภาวะที่ไม่มีฝุ่น	0 to 1.5V
ความไวการเปลี่ยนแปลง	$0.5 \pm 0.15V$ ต่อ 100 ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร
ความแม่นยำ	$\pm 30 \%$

ตารางที่ 15 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

2) เซ็นเซอร์ PMS3003 โดยใช้ทฤษฎีการกระเจิงด้วยฉายรังสีเลเซอร์และพัลลมในตัว เพื่อวัดฝุ่นละอองเข้ามาในเพื่อนำมาทำการตรวจจับตำแหน่งความเข้มข้นของอนุภาค 0.3 ถึง 10 ไมครอนจะทำให้เกิดแสงจาง ๆ และเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ ค่าที่ได้ออกมาเป็นแบบดิจิตอลจึงมีความแม่นยำสูง



ภาพที่ 9 เซ็นเซอร์ PMS3003

โดยมีการทำงานเซ็นเซอร์ PMS3003 ดังนี้

1. เลเซอร์ทำการรอตตรวจวัดฝุ่นละอองที่เข้า
2. พัลลมของเซ็นเซอร์ละอองทำการดูดฝุ่นละอองเข้ามาภายในเครื่องเซ็นเซอร์ฝุ่นละออง
3. ใช้วิธีการกระเจิงของแสงเพื่อตรวจวัดฝุ่นละอองที่ผ่านเข้าภายในเครื่องเซ็นเซอร์ฝุ่นละออง
4. ส่งค่าฝุ่นละอองที่วัดได้ออกมาในรูปแบบสัญญาณไฟฟ้า
5. ทำการประมวลผลค่าฝุ่นละอองที่ได้รับในรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าออกมาเป็นตัวเลข

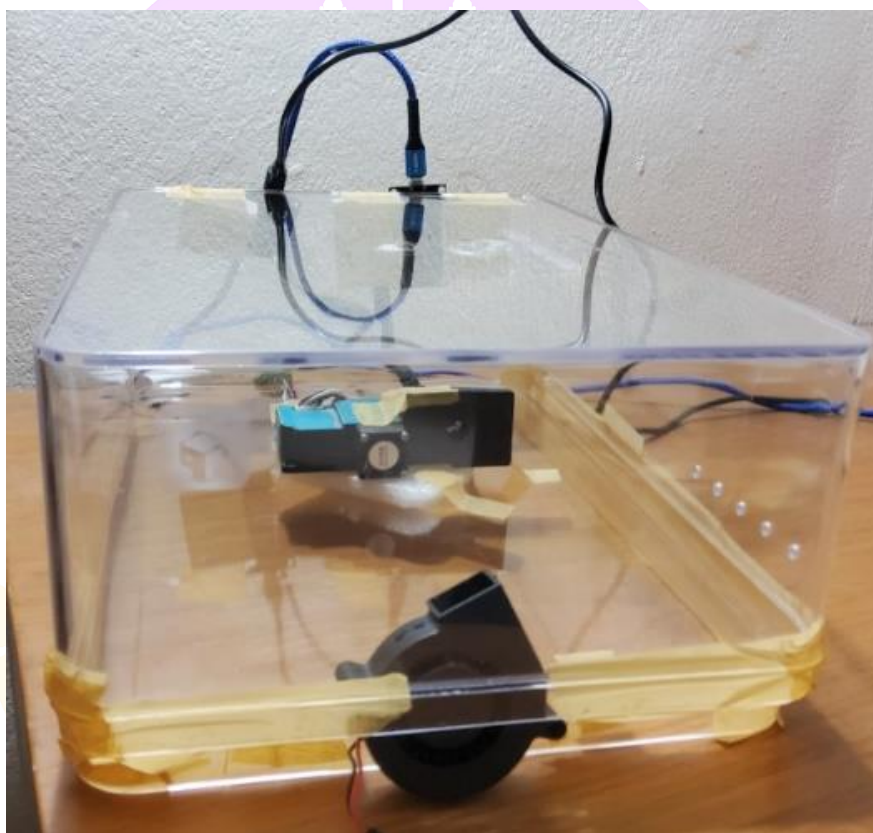
## คุณสมบัติเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PMS3003

คุณสมบัติ	รายละเอียด
เทคนิคการวัด	จำแนกอนุภาคด้วยวิธีการตกกระทบของอนุภาค และวัดปริมาณฝุ่นด้วยการกระเจิงของแสง
ขนาดฝุ่นละออง	PM1, PM2.5, PM10
จำนวนช่องวัด	1 ช่องวัด
ช่วงของความเข้มข้นเชิงมวล	0 ถึง 999 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
ความละเอียด	0.3 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
ความเร็วในการประมวลผล	น้อยกว่า 10 วินาที
อินเทอร์เฟซเอาต์พุต	ดิจิทัล
อุณหภูมิฝุ่นขาเข้า	-20 ~ 50 องศาเซลเซียส
ความชื้นฝุ่นขาเข้า	น้อยกว่า 99 %RH
ความแม่นยำ	น้อยกว่า 10 %
ขนาดสูงสุด	65 × 42 × 23 (ม.ม.)
เวลาที่เซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ตามปกติ	มากกว่า 5ปี
ขนาดและคุณลักษณะ	ตอบสนองต่อฝุ่นละอองอย่างรวดเร็ว แสดงข้อมูลแบบงานต่อการทำงานเข้าใจ

ตารางที่ 16 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ PMS3003

### 3.2 ขั้นตอนวิธีงานวิจัย ดังต่อไปนี้

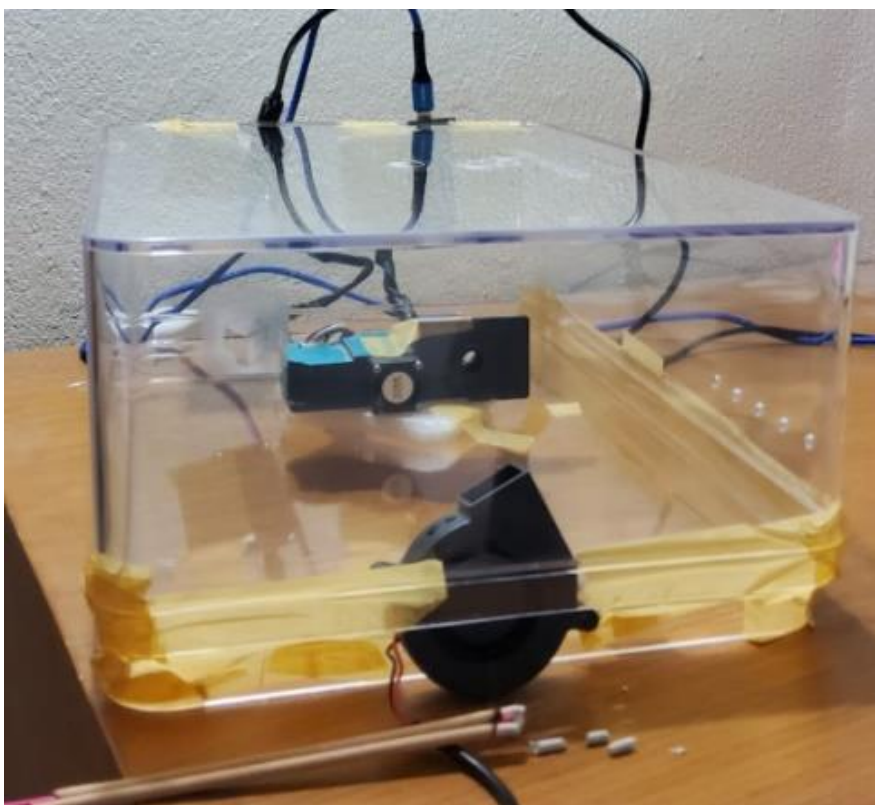
ขั้นตอนที่ 1 ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่มีสภาวะแวดล้อมคล้ายกับพื้นที่ปิดแต่มีช่องระบายอากาศเพียงเล็กน้อยและทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เพื่อเป็นตัวตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยที่ให้มีช่องที่จะสามารถนำฝุ่นละอองเข้าไปภายในกล่องและได้นำพัดลมดูดอากาศขนาดเล็กมาติดไว้



ภาพที่ 10 อุปกรณ์พื้นที่ปิด

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมในพื้นที่ปิด และได้มีการนำฝุ่นละอองเข้าไปภายในอุปกรณ์พื้นที่ปิด โดยใช้วิธีปล่อยให้ฝุ่นละอองเข้าไปในอุปกรณ์พื้นที่ปิดจนทำให้ฝุ่นละอองเกินค่าที่วัดได้แล้วปล่อยให้ฝุ่นละอองนิ่งและตกลงมาสู่เซ็นเซอร์เพื่อทำการวัด เนื่องจากฝุ่นละอองมีมวลน้ำหนักจึงมีการตกจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ แต่ถ้าหากวัดค่าฝุ่นละอองในตอนที่นำฝุ่นละอองเข้าไปนั้นจะได้ค่าที่วัดได้มีความไม่แม่นยำเพราะว่าค่าที่วัดได้มีความเกี่ยว

มากจนเกินไป และการทดลองนี้ได้มีการใช้ตัวธูปมาแทนฝุ่นละอองเพื่อให้ได้ค่าฝุ่นละอองที่  
เข้มข้นจากการวัดค่าฝุ่นละออง



ภาพที่ 11 การนำฝุ่นละอองเข้า

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวัดค่าของฝุ่นละอองของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และ เซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่ค่าวัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ที่วัดได้จะมีการเก็บข้อมูลในรูปแบบเป็น PM1 PM2.5 และ PM10 ส่วนเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ที่วัดได้จะมีการเก็บข้อมูลในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ทำการแสดงค่าในรูปแบบเป็น Signal Value และรูปแบบของค่าสมการจากคำนวณแล้วทำการแสดงค่าในรูปแบบการเก็บข้อมูลเป็น DustDensity ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 และค่าแรงดันไฟ ค่า DustDensity จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ต่อไป



ขั้นตอนที่ 4 นำค่าฝุ่นละอองที่วัดของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มาจัดเก็บข้อมูลไว้ในตาราง Microsoft Excel ดังตารางที่ 17 โดยที่ค่าวัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จัดเก็บในตารางว่า PMS ส่วนเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F จัดเก็บในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือจัดเก็บในตารางว่า Sharp:volt และเก็บในรูปแบบค่าสมการคำนวณหรือจัดเก็บในตารางว่า Sharp:code เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบข้อมูล

1	PMS	Sharp:volt	sharp:code
3065	2046	579	3009
3066	2046	556	2964
3067	2038	423	2981
3068	2038	559	2944
3069	2029	530	3111
3070	2030	524	2888
3071	2006	526	2976
3072	2021	522	2820
3073	2021	511	2927
3074	2021	517	2944
3075	2012	411	2617
3076	2012	506	2747
3077	2001	545	2830
3078	2001	510	2774
3079	2006	495	2690
3080	2012	530	2814
3081	2012	550	2867
3082	2006	531	2987
3083	2001	519	2920
3084	1993	507	2822
3085	1989	387	2834
3086	1989	517	2916
3087	1989	487	2753
3088	1993	487	2648
3089	1993	459	2452
3090	1995	463	2410

ตารางที่ 17 ค่าที่วัดออกมาได้

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้มาจากวัดฝุ่นละอองและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) แล้วทำการสร้างสมการขึ้นมาใหม่เพื่อเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นละอองที่วัดได้ระหว่างค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าที่ได้จากสมการการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็น PM2.5 จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F นำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผลลัพธ์ให้ได้สมการที่ดีที่สุด เพื่อแสดงให้เห็นว่าค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F มีความแม่นยำหรือใกล้เคียงกับเซ็นเซอร์ PMS

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

1	Sharp:volt(x)	PMS(y)	xy	x^2	Y	Y-y	Accuracy
3073	511	2021	1032731	261121	2072.499	51.49939	97.45179
3074	517	2021	1044857	267289	2095.259	74.25877	96.32564
3075	411	2012	826932	168921	1693.177	318.8235	84.1539
3076	506	2012	1018072	256036	2053.533	41.53325	97.93572
3077	545	2001	1090545	297025	2201.469	200.4692	89.98155
3078	510	2001	1020510	260100	2068.706	67.70616	96.61638
3079	495	2006	992970	245025	2011.808	5.807732	99.71048
3080	530	2012	1066360	280900	2144.571	132.5707	93.411
3081	550	2012	1106600	302500	2220.435	208.4353	89.64039
3082	531	2006	1065186	281961	2148.364	142.364	92.90309
3083	519	2001	1038519	269361	2102.845	101.8452	94.91028
3084	507	1993	1010451	257049	2057.326	64.32648	96.77238
3085	387	1989	769743	149769	1602.139	386.861	80.54998
3086	517	1989	1028313	267289	2095.259	106.2588	94.65768
3087	487	1989	968643	237169	1981.462	7.538099	99.62101
3088	487	1993	970591	237169	1981.462	11.5381	99.42107
3089	459	1993	914787	210681	1875.251	117.7485	94.0919
3090	463	1995	923685	214369	1890.424	104.5756	94.75812
3091	816769	3512610	1051807161	248397867			ผลรวม
3092	264.4121075	1137.134995					90.4063 ค่าเฉลี่ย
3093							
3094							
3095	B1	3.793228809					
3096	Bo	134.1593715					
3097	Y=	134.1593715+3.793228809(x)					
3098		ACC 90.41%					

ตารางที่ 18 ตารางแสดงการหาสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของค่าแรงดันไฟฟ้าเทียบกับค่าฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เทียบกับค่าที่ได้จากสมการการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าเป็น PM2.5 จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

1	Sharp:code(x)	PMS(y)	xy	x <sup>2</sup>	Y	Y-y
3071	2976	2006	5969856	8856576	2198.145	192.1449
3072	2820	2021	5699220	7952400	2111.984	90.98398
3073	2927	2021	5915467	8567329	2171.082	150.0815
3074	2944	2021	5949824	8667136	2180.471	159.4708
3075	2617	2012	5265404	6848689	1999.864	12.13561
3076	2747	2012	5526964	7546009	2071.665	59.66512
3077	2830	2001	5662830	8008900	2117.507	116.5071
3078	2774	2001	5550774	7695076	2086.578	85.57757
3079	2690	2006	5396140	7236100	2040.183	34.18326
3080	2814	2012	5661768	7918596	2108.67	96.6701
3081	2867	2012	5768404	8219689	2137.943	125.9427
3082	2987	2006	5991922	8922169	2204.22	198.2203
3083	2920	2001	5842920	8526400	2167.215	166.2153
3084	2822	1993	5624246	7963684	2113.089	120.0886
3085	2834	1989	5636826	8031556	2119.716	130.7164
3086	2916	1989	5799924	8503056	2165.006	176.0061
3087	2753	1989	5475717	7579009	2074.979	85.979
3088	2648	1993	5277464	7011904	2016.986	23.9861
3089	2452	1993	4886836	6012304	1908.733	84.26729
3090	2410	1995	4807950	5808100	1885.536	109.4645
3091	3258805	3512610	4619595034	5092610073		ผลรวม
3092	1054.970864	1137.134995				ค่าเฉลี่ย
3093						
3094						
3095	B <sub>1</sub>	0.552313256				
3096	B <sub>0</sub>	554.4606016				
3097	Y=554.4606016+0.552313256(x)					

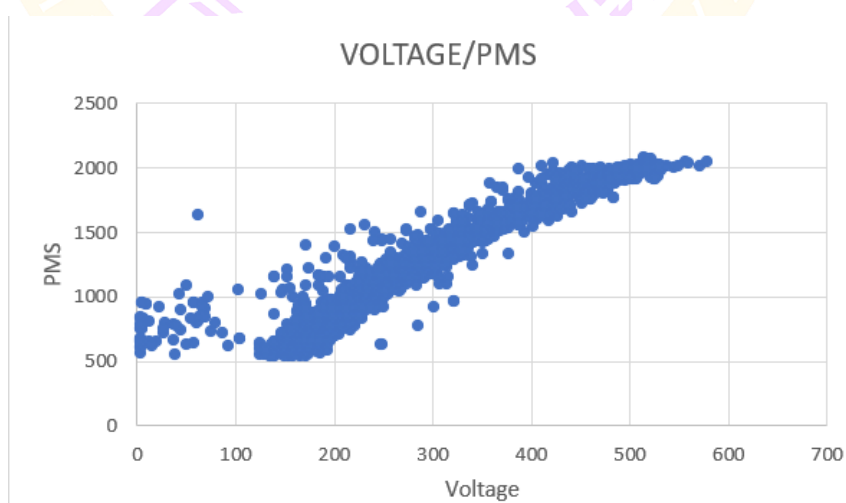
ตารางที่ 19 ตารางแสดงการหาสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของค่าสมการคำนวณเทียบกับค่าฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

## บทที่ 4

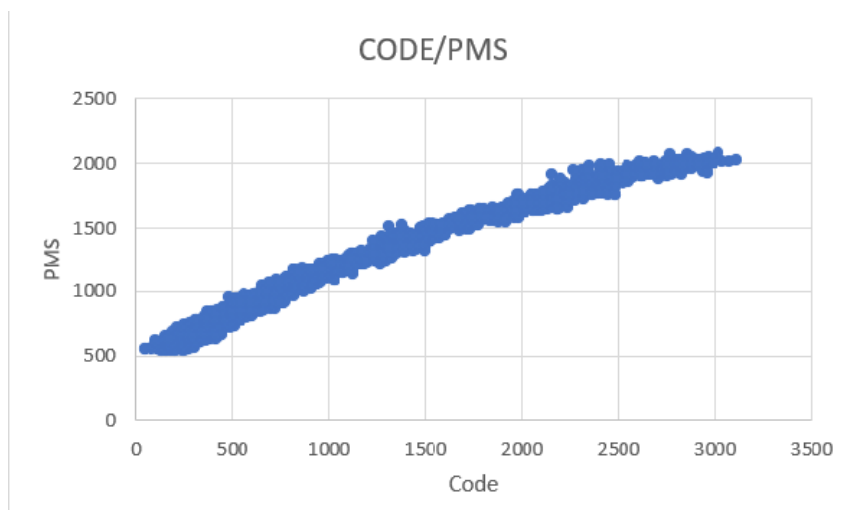
### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษากการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่แวดล้อมปิดมีรูระบายอากาศเล็กน้อย PM2.5 และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในพื้นที่แวดล้อมปิดมีรูระบายอากาศเล็กน้อย โดยทำการเก็บค่าของข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ที่กระจัดกระจายตกค้างภายในพื้นที่แวดล้อมปิด และค่าที่เก็บมาของข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 มีลักษณะการกระจายของชุดข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 แล้วนำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) จากข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $x$  และค่า  $y$  โดยที่ค่า  $x$  คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า  $y$  คือค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีลักษณะการกระจายของข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ดังภาพที่ 14 และภาพที่ 15



ภาพที่ 14 กราฟแสดงข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่า PMS



ภาพที่ 15 กราฟแสดงข้อมูลระหว่างค่าจากสมการคำนวณกับค่า PMS

4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คือการวัดปริมาณระดับการกระจายของชุดการสังเกต ยิ่งจุดข้อมูลห่างจากค่าเฉลี่ยมาก ค่าความเบี่ยงเบนภายในชุดข้อมูลก็ยิ่งมากขึ้นด้วย ซึ่งแสดงว่าจุดข้อมูลกระจัดกระจายไปตามช่วงค่าที่กว้างขึ้น และในทางกลับกัน ข้อผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error) ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในค่าต่างๆของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างเพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างและจำนวนของประชากรของข้อมูล โดยที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงการสุ่มตัวอย่างมีบทบาทการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและการประมาณช่วงเวลา ทำให้ทราบถึงความแน่นอนและความน่าเชื่อถือของการประมาณการ ยิ่งข้อผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error) น้อยลงค่าความสม่ำเสมอของการแจกแจงทางทฤษฎีก็ยิ่งมากขึ้นไปด้วย ต่อจากนั้นหากหาค่าผู้ดูแลของที่ได้จากการทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อที่จะหาข้อผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error)

4.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลผู้ดูแลของขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จึงได้ทำการตัด

ข้อมูลบางส่วนเพื่อให้มีการแจกแจงที่ดีจึงทำให้ชุดข้อมูลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น จากนั้นทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์  $x, y$  จากสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของแผ่นละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าแผ่นละของที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$x$  = ค่าแผ่นละของที่วัดจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

$\beta_0$  = ค่าคงที่

$\beta_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์

และสามารถหาค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์จากสมการ

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (3)$$

เมื่อนำค่าที่คำนวณได้มาแทนในสมการ (2) และ (3) จะได้

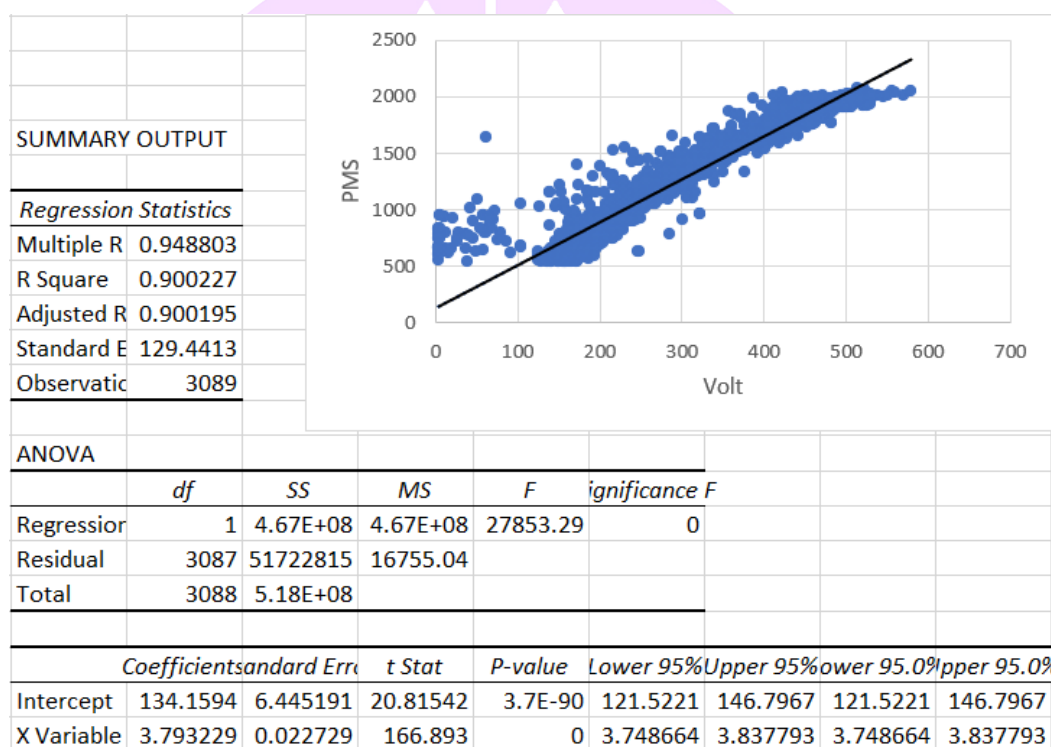
$$\beta_0 = 134.1593715$$

$$\beta_1 = 3.793228809$$

แล้วนำไปแทนในสมการ (1) จะได้สมการการถดถอยเชิงเส้นตรงว่า

$$Y = 134.1593715 + 3.793228809x$$

หากทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 รวมถึงค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 16 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า Voltage ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จากภาพที่ 16 สามารถอธิบายความหมายของภาพได้ดังต่อไปนี้

1. Multiple R แสดงค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่นำเข้ามาสมการกับตัวแปรตาม ในตารางมีค่าเป็น 0.95 นั้นหมายถึงความสัมพันธ์ในทางทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์กันสูงมาก
2. R Square แสดงค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย ซึ่งจะแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ในตารางมีค่า 90 % ของค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์ PMS3003 สามารถอธิบาย

ด้วยได้ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ได้ หรือสามารถหาค่า Y มีความแม่นยำถึง 90 %

3. Standard Error แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ มีค่าเป็น 129.4413

4. จากตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวกำหนดการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้ 4.1) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 27853.29$  และมีค่า  $\text{Sig.} = 0$  ซึ่งน้อยกว่า  $\alpha = .05$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  4.2) สรุปได้ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ชนิดให้ค่าเฉลี่ยค่าฝุ่นละอองที่วัดได้แตกต่างกัน

5. P-Value คือค่าความน่าจะเป็นที่ได้ค่าสถิติภายใต้สมมติฐานหลักในการตัดสินใจสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า P-Value กับ ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) โดยเกณฑ์ที่นิยมตั้งไว้ก็คือ 0.05 และ ค่า P-Value ในตารางมีค่าเป็น 3.7 ดังนั้น  $P > 0.05$  หมายถึงสมการที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ยอมรับสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น) และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

6. Lower 95% กับ Upper 95% หรือได้ว่าความเชื่อมั่น 95% ของค่า  $\beta_0$  จะอยู่ระหว่าง 121.5221 – 146.7967 และ  $\beta_1$  จะอยู่ระหว่าง 3.748664 – 3.837793

ต่อจากนั้นทำการคำนวณต่อเพื่อหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในตารางที่ 20 จากสมการ

$$\text{Accuracy} = 100 - \left( \left( \frac{|Y - y|}{y} \right) \times 100 \right) \quad (4)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

1	Sharp:volt(x)	PMS(y)	xy	x <sup>2</sup>	Y	Y-y	Accuracy
3073	511	2021	1032731	261121	2072.499	51.49939	97.45179
3074	517	2021	1044857	267289	2095.259	74.25877	96.32564
3075	411	2012	826932	168921	1693.177	318.8235	84.1539
3076	506	2012	1018072	256036	2053.533	41.53325	97.93572
3077	545	2001	1090545	297025	2201.469	200.4692	89.98155
3078	510	2001	1020510	260100	2068.706	67.70616	96.61638
3079	495	2006	992970	245025	2011.808	5.807732	99.71048
3080	530	2012	1066360	280900	2144.571	132.5707	93.411
3081	550	2012	1106600	302500	2220.435	208.4353	89.64039
3082	531	2006	1065186	281961	2148.364	142.364	92.90309
3083	519	2001	1038519	269361	2102.845	101.8452	94.91028
3084	507	1993	1010451	257049	2057.326	64.32648	96.77238
3085	387	1989	769743	149769	1602.139	386.861	80.54998
3086	517	1989	1028313	267289	2095.259	106.2588	94.65768
3087	487	1989	968643	237169	1981.462	7.538099	99.62101
3088	487	1993	970591	237169	1981.462	11.5381	99.42107
3089	459	1993	914787	210681	1875.251	117.7485	94.0919
3090	463	1995	923685	214369	1890.424	104.5756	94.75812
3091	816769	3512610	1051807161	248397867			ผลรวม
3092	264.4121075	1137.134995					90.4063 ค่าเฉลี่ย
3093							
3094							
3095	B <sub>1</sub>	3.793228809					
3096	B <sub>0</sub>	134.1593715					
3097	Y=134.1593715+3.793228809(x)						
3098		ACC 90.41%					

ตารางที่ 20 แสดงค่า Accuracy ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า Voltage ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จึงทำให้ได้รู้ค่าความแม่นยำที่ได้จากความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีค่าความแม่นยำถึง ร้อยละ 90.41

ในการทดลองการสร้างสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม มีความสัมพันธ์ในทางทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยสามารถหาค่า  $\gamma$  แม่นยำถึง 90 % ค่า P-Value > 0.05 หมายถึงสมการที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ยอมรับสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น) และไม่มีความสำคัญทางสถิติ แต่มีความแม่นยำของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 90.41 %

4.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้วและค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จึงได้ทำการตัดข้อมูลบางส่วนเพื่อให้มีการแจกแจงที่ดีจึงทำให้ชุดข้อมูลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น จากนั้นทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์  $x, y$  จากสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$x$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

$\beta_0$  = ค่าคงที่

$\beta_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์

และสามารถหาค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ได้จากสมการ

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (3)$$

เมื่อนำค่าที่คำนวณได้มาแทนในสมการ (2) และ (3) จะได้

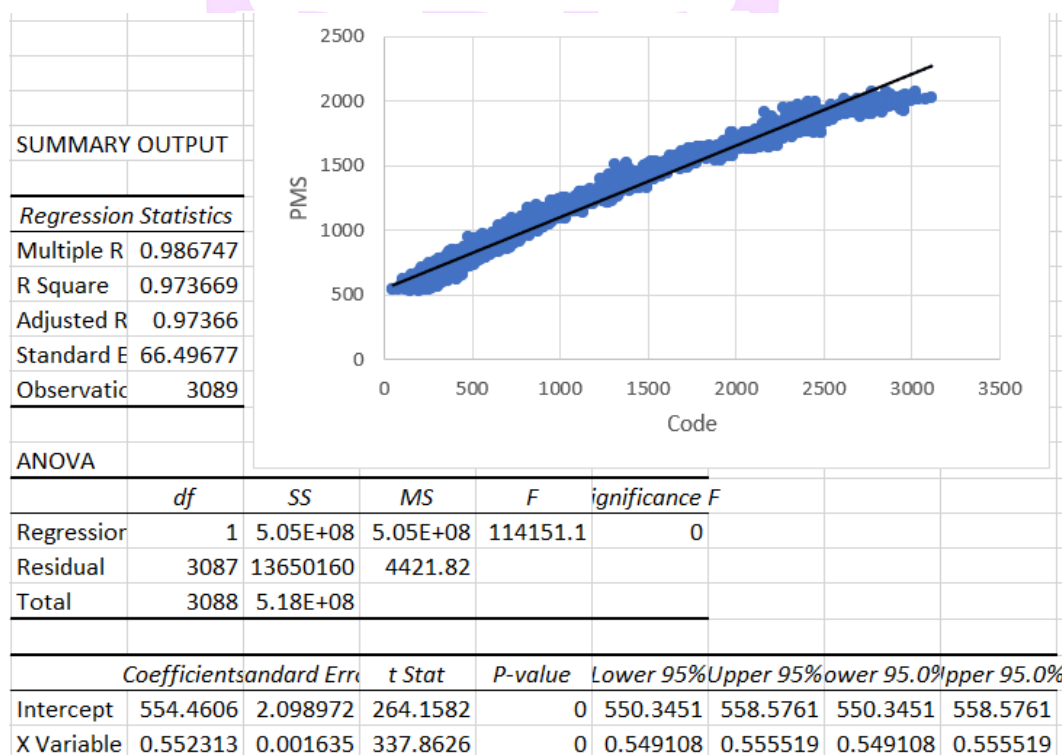
$$\beta_0 = 554.4606016$$

$$\beta_1 = 0.552313256$$

แล้วนำไปแทนในสมการ (1) จะได้สมการการถดถอยเชิงเส้นว่า

$$Y = 554.4606016 + 0.552313256x$$

หากทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 รวมถึงค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 17 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จากภาพที่ 17 สามารถอธิบายความหมายของภาพได้ดังต่อไปนี้

1. Multiple R แสดงค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่นำเข้าสมการกับตัวแปรตาม ในตารางมีค่าเป็น 0.99 นั้นหมายถึงความสัมพันธ์ในทางทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์กันสูงมาก

2. R Square แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่วงน้ำหนัก ซึ่งจะแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ในตารางมีค่า 97 % ของค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์ PMS3003 สามารถอธิบายด้วยได้ค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ได้ หรือสามารถหาค่า Y แม่นยำถึง 97 %

3. Standard Error แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ มีค่าเป็น 66.49677

4. จากตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวกำหนดการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้ 4.1) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 114151.1$  และมีค่า  $\text{Sig.} = 0$  ซึ่งน้อยกว่า  $\alpha = .05$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  4.2) สรุปได้ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ชนิดให้ค่าเฉลี่ยค่าฝุ่นละอองที่วัดได้แตกต่างกัน

5. P-Value คือค่าความน่าจะเป็นที่ได้ค่าสถิติภายใต้สมมติฐานหลักในการตัดสินใจสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า P-Value กับระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) โดยเกณฑ์ที่นิยมตั้งไว้ก็คือ 0.05 และ ค่า P-Value ในตารางมีค่าเป็น 0 ดังนั้น  $P < 0.05$  หมายถึงสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น) และมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. Lower 95% กับ Upper 95% หรือได้ว่าความเชื่อมั่น 95% ของค่า  $\beta_0$  จะอยู่ระหว่าง 550.3451 – 558.5761 และ  $\beta_1$  จะอยู่ระหว่าง 0.549108 – 0.555519

ต่อจากนั้นทำการคำนวณต่อเพื่อหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่า

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในตารางที่ 21 จากสมการ

$$\text{Accuracy} = 100 - \left( \left( \frac{|Y - y|}{y} \right) \times 100 \right) \quad (4)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

1	Sharp:code(x)	PMS(y)	xy	x <sup>2</sup>	Y	Y-y	Accuracy
3072	2820	2021	5699220	7952400	2111.984	90.98398	95.49807
3073	2927	2021	5915467	8567329	2171.082	150.0815	92.5739
3074	2944	2021	5949824	8667136	2180.471	159.4708	92.10931
3075	2617	2012	5265404	6848689	1999.864	12.13561	99.39684
3076	2747	2012	5526964	7546009	2071.665	59.66512	97.03454
3077	2830	2001	5662830	8008900	2117.507	116.5071	94.17756
3078	2774	2001	5550774	7695076	2086.578	85.57757	95.72326
3079	2690	2006	5396140	7236100	2040.183	34.18326	98.29595
3080	2814	2012	5661768	7918596	2108.67	96.6701	95.19532
3081	2867	2012	5768404	8219689	2137.943	125.9427	93.74042
3082	2987	2006	5991922	8922169	2204.22	198.2203	90.11863
3083	2920	2001	5842920	8526400	2167.215	166.2153	91.69339
3084	2822	1993	5624246	7963684	2113.089	120.0886	93.97448
3085	2834	1989	5636826	8031556	2119.716	130.7164	93.42804
3086	2916	1989	5799924	8503056	2165.006	176.0061	91.15103
3087	2753	1989	5475717	7579009	2074.979	85.979	95.67728
3088	2648	1993	5277464	7011904	2016.986	23.9861	98.79648
3089	2452	1993	4886836	6012304	1908.733	84.26729	95.77184
3090	2410	1995	4807950	5808100	1885.536	109.4645	94.51306
3091	3258805	3512610	4619595034	5092610073			ผลรวม
3092	1054.970864	1137.134995					94.62701 ค่าเฉลี่ย
3093							
3094							
3095	B <sub>1</sub>	0.552313256					
3096	B <sub>0</sub>	554.4606016					
3097	Y=554.4606016+0.552313256(x)						
3098		Acc 94.63%					

ตารางที่ 21 แสดงค่า Accuracy ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จึงทำให้ได้รู้ว่าค่าความแม่นยำที่ได้จากความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่ใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีค่าความแม่นยำถึง ร้อยละ 94.63

ในการทดลองการสร้างสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม มีความสัมพันธ์ในทางทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยสามารถหาค่า Y แม่นยำถึง 97 % ค่า P-Value < 0.05 หมายถึงสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น) มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความแม่นยำของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 94.63 % ทำให้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 นี้ พบว่าชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีความเหมาะสมที่จะนำไปเป็นชุดข้อมูลทดลองมากกว่า ทั้งสามารถคำนวณหาค่า Y ได้แม่นยำมากกว่าถึง 7 % และค่า P-Value ยังเป็นสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเพราะข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีค่าของชุดข้อมูลที่แตกต่างกันมาก แม้จะมีค่าความแม่นยำของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นต่างกันแค่ 4.22 % ก็ตาม

4.4 หากไม่ทำการหาการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) จะทำให้ได้ค่าที่คำนวณจะได้ความแม่นยำที่น้อยลง ในตัวอย่างได้ใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จึงได้สมการค่าความ

ต่างของความสัมพันธ์ของ  $x, y$  เปรียบเทียบกับค่า  $y$  เพื่อนำมาหาค่าแม่นยำ (Accuracy) ของชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้วและค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยตรง จะได้สมการว่า

$$\text{Accuracy} = 100 - \left( \left( \frac{|x - y|}{y} \right) \times 100 \right) \quad (5)$$

โดยที่  $y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$x$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

1	Sharp:code(x)	PMS(y)	x-y	Accuracy
3069	3111	2029	1082	46.67324
3070	2888	2030	858	57.73399
3071	2976	2006	970	51.64506
3072	2820	2021	799	60.46512
3073	2927	2021	906	55.17071
3074	2944	2021	923	54.32954
3075	2617	2012	605	69.93042
3076	2747	2012	735	63.46918
3077	2830	2001	829	58.57071
3078	2774	2001	773	61.36932
3079	2690	2006	684	65.90229
3080	2814	2012	802	60.13917
3081	2867	2012	855	57.50497
3082	2987	2006	981	51.09671
3083	2920	2001	919	54.07296
3084	2822	1993	829	58.40442
3085	2834	1989	845	57.51634
3086	2916	1989	927	53.39367
3087	2753	1989	764	61.58874
3088	2648	1993	655	67.13497
3089	2452	1993	459	76.96939
3090	2410	1995	415	79.19799
3091				
3092			Acc	70.38876 %

ตารางที่ 22 แสดงตัวอย่างข้อมูลค่า Accuracy หากไม่ทำการหาค่าวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

จึงทำให้ได้รู้ค่าความแม่นยำที่ได้จากความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่ใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ที่ไม่มีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) มีค่าความแม่นยำเพียง ร้อยละ 70.39

4.5 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้วและค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 แล้ว และได้ใช้การแบ่งข้อมูลเป็น ชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) กับ ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) เพื่อทำการทดลองสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์นี้ จึงได้ทำการแบ่งข้อมูลบางส่วนเพื่อให้มีชุดข้อมูลจำนวน 2100 ข้อมูลนำมาทดลองสร้างสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและชุดข้อมูลจำนวน 900 ข้อมูลนำมาทดสอบเพื่อหาค่าความแม่นยำของสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น จากนั้นทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์  $x,y$  จากสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$x$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

$\beta_0$  = ค่าคงที่

$\beta_1$  = ค่าสัมประสิทธิ์

และสามารถหาค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์จากสมการ

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (3)$$

เมื่อนำค่าที่คำนวณได้มาแทนในสมการ (2) และ (3) จะได้

$$\beta_0 = 558.674607$$

$$\beta_1 = 0.54965363$$

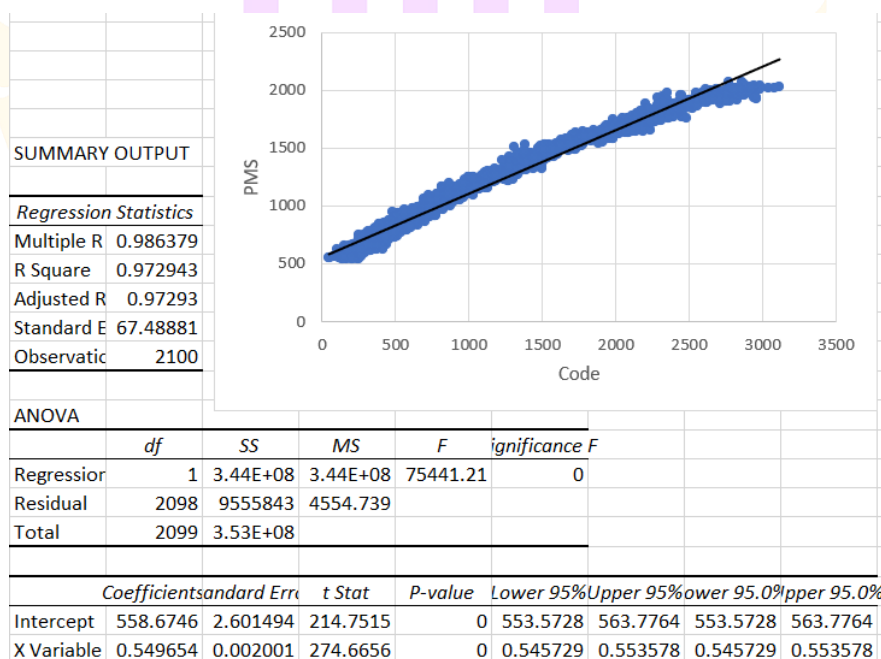
แล้วนำมาแทนในสมการ (1) จะได้สมการการถดถอยเชิง ว่า

$$Y = 558.674607 + 0.54965363x$$

หากทำการหาสมการการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จากตารางที่ 23 รวมถึงค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม Microsoft Excel จากภาพที่

1	sharp:code(x)	PMS(y)	xy	x^2	
2083	485	773	374905	235225	
2084	1510	1492	2252920	2280100	
2085	2662	1916	5100392	7086244	
2086	295	660	194700	87025	
2087	260	627	163020	67600	
2088	857	1099	941843	734449	
2089	1914	1560	2985840	3663396	
2090	2237	1735	3881195	5004169	
2091	429	735	315315	184041	
2092	625	943	589375	390625	
2093	2310	1739	4017090	5336100	
2094	2139	1746	3734694	4575321	
2095	968	1164	1126752	937024	
2096	830	1023	849090	688900	
2097	1449	1412	2045988	2099601	
2098	968	1202	1163536	937024	
2099	375	791	296625	140625	
2100	602	811	488222	362404	
2101	1449	1330	1927170	2099601	
2102	2250396	2410155	3207911749	3548912532	ผลรวม
2103	1071.617143	1147.693			ค่าเฉลี่ย
2104					
2105					
2106		B0	558.674607		
2107		B1	0.54965363		
2108		Y=	558.674607+0.54965363(x)		

ตารางที่ 23 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ของชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) ในการหาสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น



ภาพที่ 18 แสดงข้อมูลค่าที่คำนวณจาก Excel ในชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จากภาพที่ 18 สามารถอธิบายความหมายของภาพได้ดังต่อไปนี้

1. Multiple R แสดงค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่นำเข้าสมการกับตัวแปรตาม ในตารางมีค่าเป็น 0.99 นั้นหมายถึงความสัมพันธ์ในทางทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์กันสูงมาก

2. R Square แสดงค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย ซึ่งจะแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ในตารางมีค่า 97 % ของค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์ PMS3003 สามารถอธิบายด้วยได้ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) เซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F ได้ หรือสามารถหาค่า Y แม่นยำถึง 97 %

3. Standard Error แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ มีค่าเป็น 67.48881

4. จากตาราง ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวกำหนดการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้ 4.1) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ  $F = 75441.21$  และมีค่า  $\text{Sig.} = 0$  ซึ่งน้อยกว่า  $\alpha = .05$  จึงปฏิเสธ  $H_0$  4.2) สรุปได้ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ชนิดให้ค่าเฉลี่ยค่าฝุ่นละอองที่วัดได้แตกต่างกัน

5. P-Value คือค่าความน่าจะเป็นที่ได้ค่าสถิติภายใต้สมมติฐานหลักในการตัดสินใจสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า P-Value กับระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) โดยเกณฑ์ที่นิยมตั้งไว้ก็คือ 0.05 และ ค่า P-Value ในตารางมีค่าเป็น 0 ดังนั้น  $P < 0.05$  หมายถึงสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น (ปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า สมการไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น) และมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. Lower 95% กับ Upper 95% หรือได้ว่าความเชื่อมั่น 95% ของค่า  $\beta_0$  จะอยู่ระหว่าง 553.5728 – 563.7764 และ  $\beta_1$  จะอยู่ระหว่าง 0.545729 – 0.553578

ต่อจากนั้นทำการคำนวณต่อเพื่อหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่า

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในตารางที่ 24 จากสมการ

$$\text{Accuracy} = 100 - \left( \left( \frac{|Y - y|}{y} \right) \times 100 \right) \quad (4)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าโดยประมาณของฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

$y$  = ค่าฝุ่นละอองที่วัดจากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

1	sharp:code(x)	PMS(y)	Y	Y-y	Accuracy
879	626	889	902.7578	13.75778	98.45244
880	514	754	841.1966	87.19657	88.43547
881	229	635	684.5453	49.54529	92.19759
882	1016	1161	1117.123	43.8773	96.22073
883	2462	1944	1911.922	32.07816	98.34989
884	1104	1210	1165.492	44.50779	96.32167
885	1652	1537	1466.702	70.2976	95.42631
886	2138	1671	1733.834	62.83407	96.23973
887	332	605	741.1596	136.1596	77.49428
888	419	766	788.9795	22.97948	97.00007
889	722	984	955.5245	28.47547	97.10615
890	979	1152	1096.786	55.21449	95.20708
891	634	923	907.155	15.84499	98.28332
892	447	714	804.3698	90.36978	87.34317
893	203	586	670.2543	84.25429	85.62213
894	550	839	860.9841	21.9841	97.37973
895	314	632	731.2658	99.26585	84.29338
896	1106	1235	1166.592	68.40848	94.46085
897	247	646	694.4391	48.43905	92.50169
898	1291	1315	1268.277	46.72256	96.44695
899	564	848	868.6793	20.67925	97.56141
900	1188	1237	1211.663	25.33688	97.95175
901	1049	1151	1135.261	15.73874	98.6326
902					94.56635 ค่าเฉลี่ย
903					
904			Y=558.674607+0.54965363(x)		
905			Acc 94.57 %		

ตารางที่ 24 แสดงค่า Accuracy ของข้อมูลทดสอบ (Test Set)

จึงทำให้ได้รู้ว่าคุณค่าความแม่นยำที่ได้จากความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่ใช้เป็นชุดข้อมูล ระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยมีความแม่นยำถึง ร้อยละ 94.57



## บทที่ 5

### สรุปผล

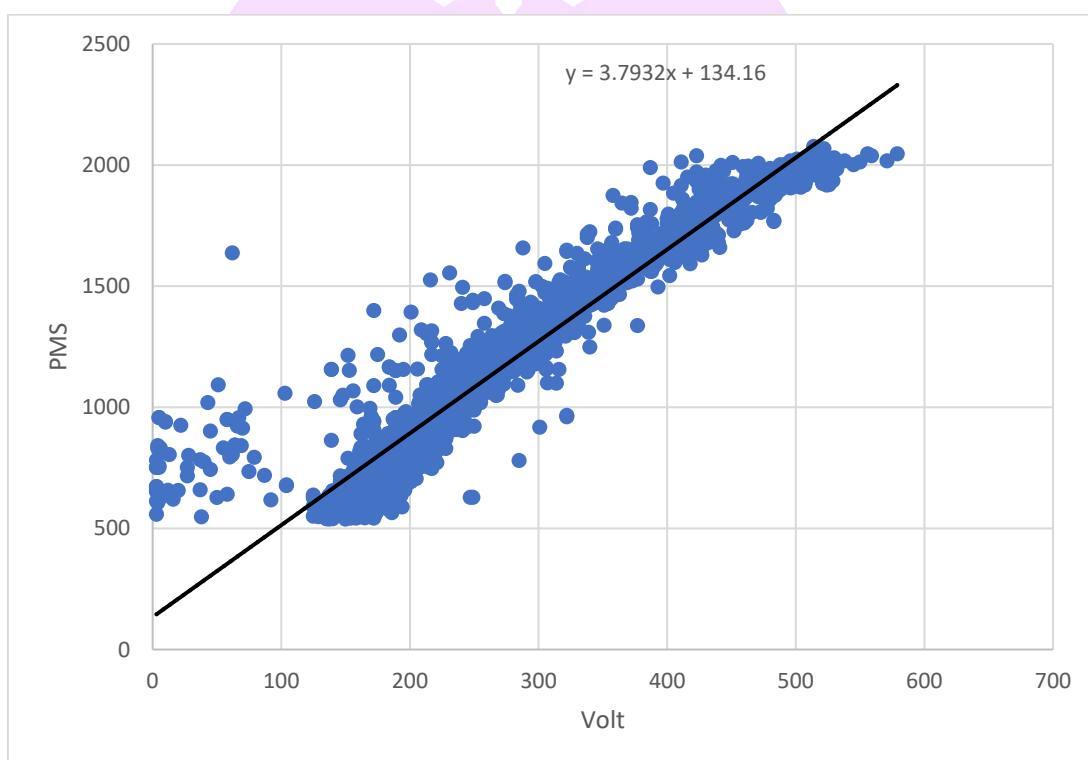
ทำการศึกษาเรื่องการตรวจวัดหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในบริเวณพื้นที่แวดล้อมปิด โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อหาสมการของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยที่นำชุดข้อมูลมาใช้เป็นชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว โดยพิจารณาเกี่ยวกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ให้ได้ค่าที่มีค่าความแม่นยำที่เทียบเท่าหรือใกล้เคียงเซ็นเซอร์มาตรฐาน รุ่น PMS3003

ระเบียบวิธีวิจัยพบว่างานวิจัยนี้ได้สามารถทำการคำนวณค่าความแม่นยำของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ซึ่งเปรียบเทียบข้อมูลของฝุ่นละออง PM2.5 จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) สามารถแสดงค่าออกมาซึ่งประกอบด้วย จากการทำการเก็บข้อมูลการวัดค่าฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 จากเซ็นเซอร์ PMS3003 มาคำนวณโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ทำให้ได้สมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) จากนั้นทำการหาค่าความแม่นยำจากการทดลองของค่าที่วัดฝุ่นละอองของเซ็นเซอร์รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

โดยเกณฑ์การการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 สามารถสรุปผลวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จากชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F โดยพิจารณาเทียบกับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จะได้สมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) คือ

$$Y = 134.1593715 + 3.793228809x$$



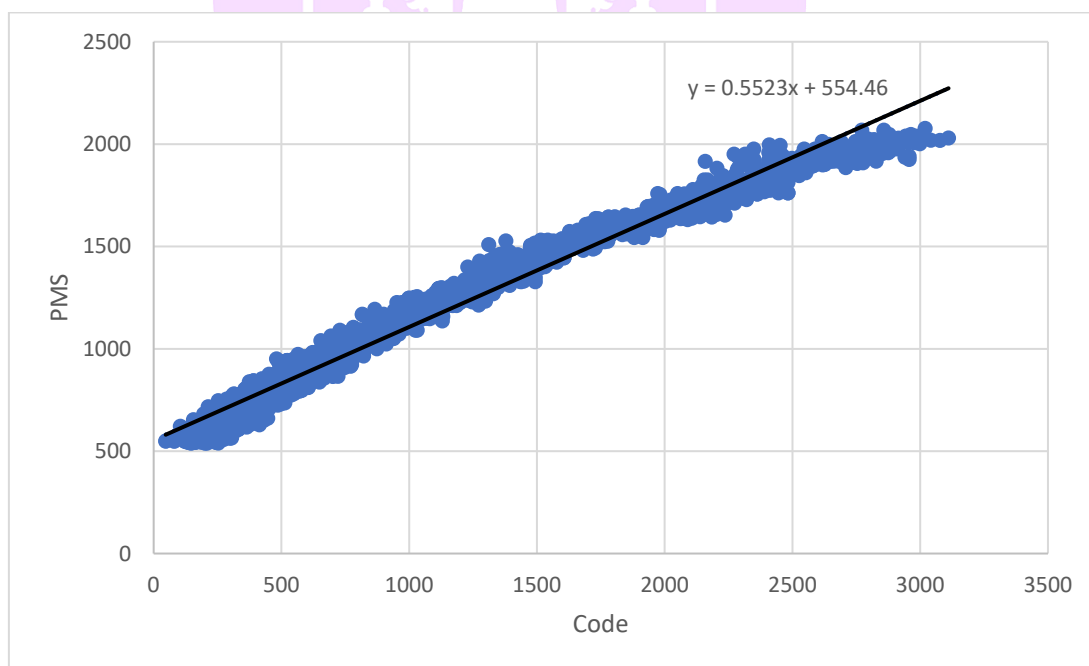
ภาพที่ 19 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

จากนั้นทำการหาค่าความแม่นยำจากการสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของค่าความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 จากเซ็นเซอร์รุ่น Sharp GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ของชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่

วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยมีค่าความแม่นยำร้อยละ 90.41

2. ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จากชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว โดยพิจารณาคู่กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จะได้สมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) คือ

$$Y = 554.4606016 + 0.552313256x$$



ภาพที่ 20 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM 2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003

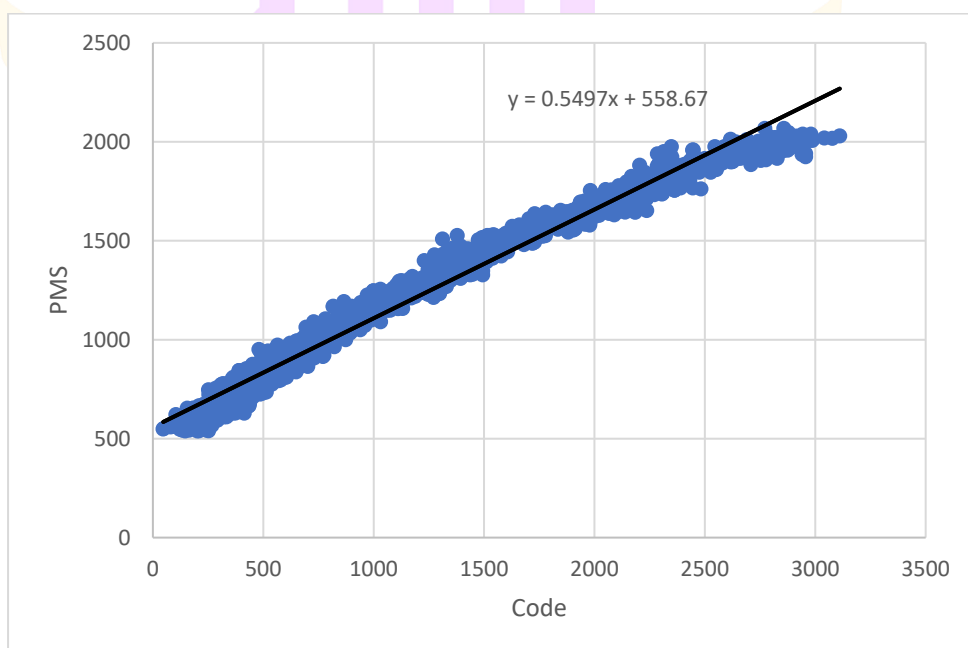
จากนั้นทำการหาค่าความแม่นยำจากการสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของค่าความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ของชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากระบบคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F

แล้ว กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยมีค่าความแม่นยำร้อยละ 94.63

3. หากใช้ผลจากการทดลองของค่าที่วัดฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ของชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากรโปรแกรมคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 โดยตรงจะมีค่าความแม่นยำเพียง 70.39%

4. ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) และได้ใช้การแบ่งข้อมูลเป็น ชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) กับ ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จากชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว โดยพิจารณาคู่กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 จะได้สมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จากชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) คือ

$$Y = 558.674607 + 0.54965363x$$

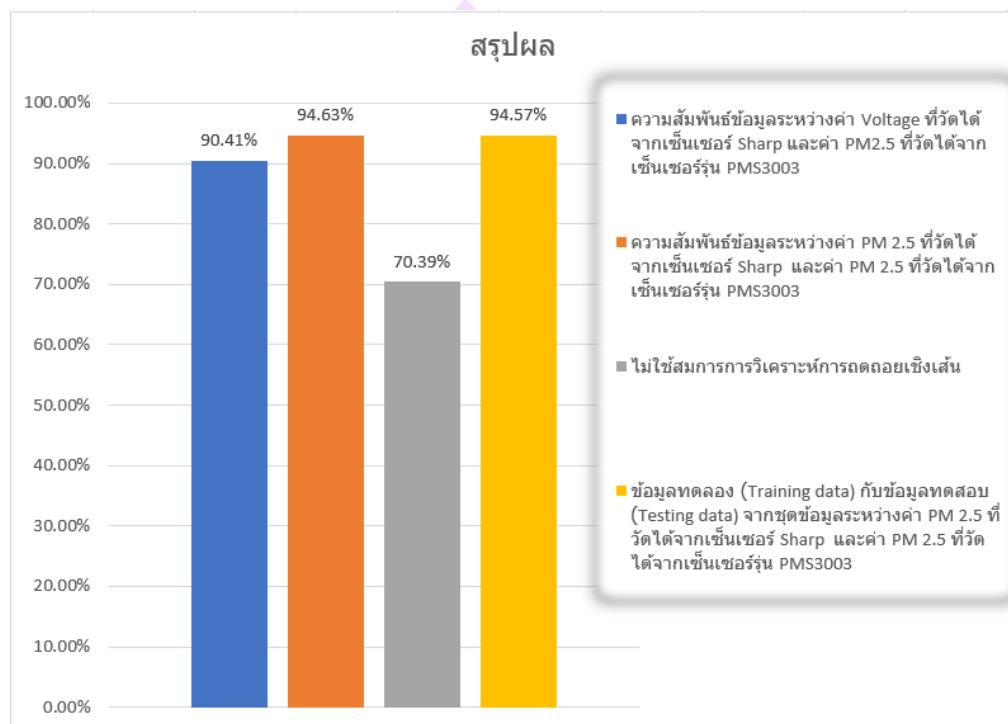


ภาพที่ 21 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นที่คำนวณจาก Excel ของชุดข้อมูลทดลอง (Training Set)

จากนั้นทำการหาค่าความแม่นยำจากการสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) โดยมีค่าความแม่นยำร้อยละ 94.57

ดังนั้นจะสรุปของงานวิจัยนี้ได้ว่าการหาค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในพื้นที่แวดล้อมปิด โดยการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 และทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) พบว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ในพื้นที่แวดล้อมปิด มาปรับปรุงข้อมูลสามารถแสดงสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ของข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F โดยพิจารณาคู่กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีผลลัพธ์ของสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เป็น  $Y = 134.1593715 + 3.793228809x$  และมีค่าความแม่นยำของสมการเท่ากับร้อยละ 90.41 ส่วนข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว กับค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ของเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีผลลัพธ์ของสมการการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เป็น  $Y = 554.4606016 + 0.552313256x$  และมีค่าความแม่นยำของสมการเท่ากับร้อยละ 94.63 พบว่าชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 มีความเหมาะสมมากกว่าชุดข้อมูลระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F และค่า PM2.5 ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 ทั้งสามารถคำนวณหาค่า Y ได้แม่นยำมากกว่าถึง 7 % และค่า P-Value ยังเป็นสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น มีนัยสำคัญทางสถิติ แม้จะมีค่าความแม่นยำของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นต่างกันแค่ 4.22 % ก็ตาม ถ้าไม่ใช้สมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) จะมีค่าความแม่นยำเพียงร้อยละ 70.39 และถ้าใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) แบ่งข้อมูลเป็น ชุดข้อมูลทดลอง (Training Set) กับ ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) จากชุดข้อมูลระหว่างค่า PM2.5 ที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ Sharp รุ่น GP2Y1010AU0F แล้ว และค่า PM2.5 ที่

วัดได้จากเซ็นเซอร์รุ่น PMS3003 เป็น  $Y = 558.674607 + 0.54965363x$  และมีค่าความแม่นยำของสมการด้วยเท่ากับร้อยละ 94.57 ดังภาพที่ 22 เพราะฉะนั้นแล้วหากใช้สมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) จะเพิ่มผลลัพธ์ของความแม่นยำเพิ่มขึ้นมากที่สุดร้อยละ 24.24



ภาพที่ 22 แสดงค่าความแม่นยำ



บรรณานุกรม





## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	สรศักดิ์ เครือทอง
วัน เดือน ปี เกิด	12/08/2531
สถานที่เกิด	จ. สกลนคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่ปัจจุบัน	699-799 หมู่ที่ 16 ตำบลแม็กกา อำเภอเมืองพะเยา พะเยา 56000

- [1] M.D. Dr. Chantana Phadungtos, *A guide to monitoring the health effects of smog for health personnel*. 2015.
- [2] Titaporn Supasri, Panich Intra, Sermkiat Jomjunyong and Sate Sampattagul, *Evaluation of Particulate Matter Concentration by Using a Wireless Sensor System for Continuous Monitoring of Particulate Air Pollution in Northern of Thailand*. Journal of Innovation Technology Research, 2018. **Vol.2**: p. 69–83.
- [3] Somporn Chantara, *PM10 and Its Chemical Composition: A Case Study in Chiang Mai, Thailand*. 2012.
- [4] Kamlaingean Tawiya, *The effect of natural ventilation on indoor dust during the haze problem in Nan Province*. 2016.
- [5] Nuttha Krishnaphut, *The relationship of mechanical ventilation on indoor dust during the haze problem in Nan Province*. 2016.
- [6] Junmin Li and Luping Wang, *The Research of PM2.5 Concentrations Model Based on Regression Calculation Model*. 2017.
- [7] Thanakrit Neamhom, Withida Patthanaissaranukool, Yada Pinatha and Budsakorn Chommueang, *Health risk and predictive equation for PM2.5 using TSP and PM10 variables in office buildings*. Songklanakarin J. Sci. Technol, 2021. **43**: p. 834–839.
- [8] Chalisa Veessommai Sillberg, et al., *An Approach of Statistical Analysis and Interpretation of PM2.5 Concentration based on Meteorological Factors and Temperature Effects in Bangkok Thailand*. International Journal of Science and Innovative Technology, 2021.

- [9] Rui Zhao, et al., *Short period PM2.5 prediction based on multivariate linear regression model*. 2018.
- [10] Sangwon Chae, et al., *PM10 and PM2.5 real-time prediction models using an interpolated convolutional neural network*. 2021.
- [11] Chayanonth Thepsaengprao, Thongthit Chayakun and Sirima Panyameteekul, *PREDICTION OF PM2.5 CONCENTRATION USING AEROSOL OPTICAL DEPTH AND METEOROLOGICAL DATA IN BANGKOK*. The 26th National Convention on Civil Engineering, 2021.
- [12] Saovanard Leklersindhu, *The Potential of Problem Solving Particulate Matter (PM2.5) of Subistrict Administrative Organization Amphoe Bang Kruai, Nonthaburi Province*. Journal of Administrative and Management Innovation, 2021.
- [13] PRADYA SINGHAWORAWONG, *FORECASTING PM2.5 IN CHIANGMAI USING LONG SHORT-TERM MEMORY MODELS*. 2020.
- [14] Arthit Yawut, et al., *Development of a dust meter, optical principles and comparison of measurement results with standard measuring instruments*. The 42nd Electrical Engineering Academic Conference, 2019.
- [15] Napat Laohapaitoon, Thanakorn Suwansophon, Tasphoom Runrana and Nitinai Phaisalpayak, *Forecasting PM2.5 dust content using time series analysis using data mining techniques. Case study: Bangkok, Pathumwan District*. 2019.
- [16] Trawan Harnkijroong and Noppaporn Panich, *INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON PM10 AT ROADSIDE OF BANGKOK* National Academic Conference Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, 2013.
- [17] Konstantinos Dimitriou and Pavlos Kassomenos, *A study on the reconstitution of daily PM10 and PM2.5 levels in Paris with a multivariate linear regression model*. 2014.
- [18] Zhenyu Zhang, et al., *National scale spatiotemporal land-use regression model for PM2.5 PM10 and NO2 concentration in China*. 2018.
- [19] João Gregório, Carla Gouveia-Caridade and Pedro J. S. B. Caridade, *Modeling PM2.5 and PM10 Using a Robust Simplified Linear Regression Machine Learning Algorithm*. 2022.

- [20] Yanwen Wang, Yanjun Du, Jiaonan Wang and Tiantian Li, *Calibration of a low-cost PM2.5 monitor using a random forest model*. 2019.

