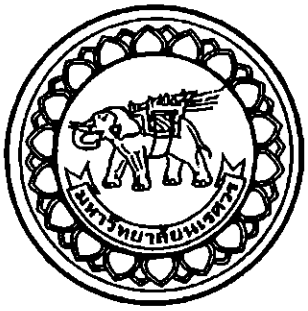


มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

(Emissions from diesel engines with direct and indirect injection system)

นางสาววิจิตรา สุวรรณโกเมน รหัส 49361843

นางสาวอาภากมล อำพลพรรณ รหัส 49362536

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150704/7 0.2
เลขเรียกหนังสือ ว52ม
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาววิจิตรา สุวรรณโกเมน รหัส 49361843
	นางสาวอาภากมล อำพลพรรณ รหัส 49362536
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ

(อาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาววิจิตรา สุวรรณโกเมน รหัส 49361843**
	นางสาวอาภากมล อำพลพรรณ รหัส 49362536
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท**
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษามลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection และจัดทำสมการสารมลพิษจากข้อมูลผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ โดยศึกษาเปรียบเทียบสารมลพิษจากระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection จะเห็นได้ว่า ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ indirect injection มีสารมลพิษน้อยกว่าระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และเมื่อเปรียบเทียบสารมลพิษกับขนาดความจุของกระบอกสูบ THC, NO_x, CO, CO_2 , PM ลดลง เมื่อขนาดความจุของกระบอกสูบเพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของรถยนต์ THC, NO_x, CO, CO_2 และ PM เพิ่มขึ้น

การจัดทำสมการสารมลพิษแบบแยกระบบจ่ายเชื้อเพลิง โดยนำตัวแปรอิสระซึ่งได้แก่ CC, Year, Km, HP, empty weight มาจัดทำเป็นสมการสารมลพิษนั้น สรุปได้ว่า สารมลพิษกับตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือหากตัวแปรอิสระมีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีผลต่อสารมลพิษ ยกเว้นCO_2 ในระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection เมื่อจัดทำเป็นสมการความสัมพันธ์แล้วพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

Project title	Emissions from diesel engines with direct and indirect injection system
Name	Miss.Wijidtra Suwankomen ID. 49361843
	Miss. Apakamol Umpolphan ID. 49362536
Project advisor	Asst.Prof.Dr. Pajaree Thongsanit
Major	Environmental Engineering
Department	Civil Engineering
Academic year	2009

.....

Abstract

This project was studies the pollution from diesel fuel with direct injection and indirect injection and created mathematic equation of emission data. These data were emission values of direct and indirect injection engines from Automotive Emission Laboratory, Pollution Control Department. The results found that the emission levels of indirect injection were lower than the levels of direct injection. The lowest emissions of THC, NO_X, CO, CO_2 and PM were diesel engine with 3000 CC. of cylinder. The age engines were older, the emissions of THC, NO_X, CO, CO_2 and PM were higher.

The mathematic equations created from independent variables including CC, Year, Km, HP, Empty weight. The study found that the independent variables of the direct injection engine were correlated with emissions except CO_2 emission.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้ดำเนินงานต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงาน การแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงานตลอดจนติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด และทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ ศิริพรไพบูลย์ อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะในการจัดทำสมการ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ประจำแผนกวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก ที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่องเครื่องยนต์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อมูลการตรวจวัดมลพิษจากรถยนต์ดีเซล และคำปรึกษาในด้านเทคนิคและการทดสอบรถยนต์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณ ทุกๆท่าน ที่ได้มีส่วนร่วมช่วยให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาววิจิตรา สุวรรณโกเมน
นางสาวอาภากมล อำพลพรรณ

มีนาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 คำจำกัดความในโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 เครื่องยนต์ดีเซล	4
2.2 ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง	7
2.3 สมการการเผาไหม้	9
2.4 สารมลพิษที่เกิดขึ้นจากรถยนต์ดีเซล	9
2.5 การตรวจวัดมลพิษจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก	10
2.6 การควบคุมมลพิษที่ปล่อยจากรถยนต์	15
2.7 การจัดทำสมการ	17
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	53
4.1 แนวโน้มสารมลพิษ	53
4.2 สมการสารมลพิษ	58
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	70
5.1 บทสรุป	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลสมการ	74
ภาคผนวก ข ตัวอย่างรูปแบบจำลองการขับขี่	125
ภาคผนวก ค มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะ	130
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	135

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
2.1 แสดงการตัดสินใจการทดสอบสมมติฐาน	18
2.2 แสดงเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0	32
2.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	38
4.1 แสดงค่า R^2 ของ THC ของ direct injection	58
4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ THC ของ direct injection	59
4.3 แสดงค่า R^2 ของ NO_X ของ direct injection	59
4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ NO_X ของ direct injection	60
4.5 แสดงค่า R^2 ของ CO ของ direct injection	60
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO ของ direct injection	61
4.7 แสดงค่า R^2 ของ CO_2 ของ direct injection	61
4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO_2 ของ direct injection	62
4.9 แสดงค่า R^2 ของ PM ของ direct injection	62
4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ PM ของ direct injection	63
4.11 แสดงค่า R^2 ของ THC ของ indirect injection	63
4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ THC ของ indirect injection	64
4.13 แสดงค่า R^2 ของ NO_X ของ indirect injection	64
4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ NO_X ของ indirect injection	65
4.15 แสดงค่า R^2 ของ CO ของ indirect injection	65
4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO ของ indirect injection	66
4.17 แสดงค่า R^2 ของ CO_2 ของ indirect injection	66
4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO_2 ของ indirect injection	67
4.19 แสดงค่า R^2 ของ PM ของ indirect injection	67
4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ PM ของ indirect injection	68
4.21 แสดงค่า R^2 ของระบบ direct injection	68
4.22 แสดงค่า R^2 ของระบบ indirect injection	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะการทำงานของจังหวะดูด	5
2.2 ลักษณะการทำงานของจังหวะอัด	5
2.3 ลักษณะการทำงานของจังหวะระเบิด	6
2.4 ลักษณะการทำงานของจังหวะคาย	6
2.5 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ direct injection	7
2.6 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ indirect injection	8
2.7 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์สารมลพิษ	11
2.8 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น	11
2.9 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรคงที่	12
2.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก	13
2.11 การชั่งน้ำหนักรถยนต์	13
2.12 การตรวจวัดลมยาง	14
2.13 การตรวจสภาพเครื่องยนต์	14
2.14 การติดตั้งรถยนต์	15
2.15 ตัวอย่างลักษณะที่ a เป็น + เป็น 0 และเป็น -	23
2.16 ลักษณะเส้นกราฟมีความชันมีค่ามากกว่า1	23
2.17 ลักษณะเส้นกราฟมีความชันมีค่าเท่ากับ 1	23
2.18 ลักษณะเส้นกราฟมีความชันมีค่าต่ำๆ (b<1)	23
2.19 แผนภาพการกระจายของข้อมูลแบบเชิงเส้น	28
2.20 แผนภาพการกระจายของข้อมูลแบบเชิงเส้น	28
2.21 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์กันแต่มีทิศทางตรงข้ามกัน	28
2.22 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์กันแต่มีทิศทางตรงข้ามกัน	28
2.23 แผนภาพการกระจายของข้อมูลแบบเส้นโค้ง	29
2.24 แผนภาพการกระจายของข้อมูลแสดงข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน	29
2.25 แสดงค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์	34
2.26 แสดงกราฟตัวอย่าง	41
4.1 กราฟแสดงTHC กับขนาดความจุของกระบอกสูบ	53
4.2 กราฟแสดงTHC กับอายุการใช้งานของรถยนต์	54
4.3 กราฟแสดงNO_x กับขนาดความจุของกระบอกสูบ	54

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.4 กราฟแสดงNO_X กับอายุการใช้งานของรถยนต์	55
4.5 กราฟแสดงCO กับขนาดความจุของกระบอกสูบ	55
4.6 กราฟแสดงCO กับอายุการใช้งานของรถยนต์	56
4.7 กราฟแสดงCO_2กับขนาดความจุของกระบอกสูบ	56
4.8 กราฟแสดงCO_2กับอายุการใช้งานของรถยนต์	57
4.9 กราฟแสดงPM กับขนาดความจุของกระบอกสูบ	57
4.10 กราฟแสดงPM กับอายุการใช้งานของรถยนต์	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งของประเทศไทย สาเหตุ มาจากแหล่งกำเนิดหลักสองแหล่ง คือ จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น อุตสาหกรรม การก่อสร้าง การคมนาคมขนส่ง และจากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ปัญหาผลกระทบของมลพิษ ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงปัญหาโลกร้อน และสุขภาพร่างกายของมนุษย์

การคมนาคมในปัจจุบัน รถยนต์ต่างๆ ได้ถูกนำมาใช้ เพื่อการขนส่ง และความสะดวกสบาย ทำให้จำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นแหล่งมลพิษทางอากาศ ซึ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ ทำให้เกิดสารมลพิษในอากาศจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบรูณ์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากสารเจือปนในน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และไนโตรเจนออกไซด์ เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนและไนโตรเจนที่อุณหภูมิของห้องเผาไหม้ ซึ่งก่อให้เกิดปริมาณสารมลพิษขึ้นอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษอันเนื่องมาจาก ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection ขนาดความจุของกระบอกสูบ อายุการใช้งานของรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และทำเป็นสมการสารมลพิษของระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของสารมลพิษที่ออกมาจากรถยนต์ดีเซลซึ่งใช้ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

1.2.2 เพื่อจัดทำเป็นสมการสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 นำข้อมูลปริมาณสารมลพิษมาเปรียบเทียบกันระหว่างระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Direct injection และ indirect injection ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดความจุของกระบอกสูบ และอายุการใช้งาน เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการศึกษาหาวิธีลดปริมาณสารมลพิษ

1.3.2 สามารถคำนวณสารมลพิษจากรถยนต์ดีเซลทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1. ข้อมูลของรถยนต์ดีเซลที่ถูกทดสอบจากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ

1.4.2. ศึกษาสารมลพิษจากรถยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injectionและ indirect injection

1.4.3. ศึกษาประเภทไอเสียของรถยนต์ดีเซล ได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และฝุ่น (PM)

1.4.4. ศึกษาปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อสารมลพิษ ดังนี้

- ขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 2500, 2800 และ 3000 cc.
- อายุการใช้งานของรถยนต์ดีเซล แบ่งเป็น 1-5ปี, 5-10ปี, 10-15ปี, 15ปีขึ้นไป

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
กำหนดขั้นตอนการทำงาน	———							
รวบรวมข้อมูลหาความสัมพันธ์		———	———	———	———	———	———	
วิเคราะห์ข้อมูล		———	———	———	———	———	———	
ทำรายงานฉบับโครงร่าง			———	———	———	———	———	
ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์								———

1.6 คำจำกัดความในโครงงาน

1. เครื่องยนต์ดีเซล (diesel engine) คือ เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
2. หัวจ่ายเชื้อเพลิง (injector) คือ มีหน้าที่ฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียด เข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์
3. ระบบจ่ายเชื้อเพลิงมี 2 แบบ ได้แก่ direct injection (DI) คือ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และ indirect injection (IDI)
4. ไฮโดรคาร์บอน (HC) คือ สารประกอบพวก hydrocarbon ที่เกิดขึ้นในขบวนการสันดาปเพราะการเผาไหม้ไม่หมด
5. ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) คือ เกิดจากสันดาปของก๊าซไนโตรเจนในอากาศกับออกซิเจนที่มีอุณหภูมิสูง
6. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คือ เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ
7. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คือ ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สมบรูณ์
8. ฝุ่นละออง (Particulate Matter: PM) คือ อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ
9. CC คือ ขนาดความจุของกระบอกสูบ
10. HP คือ แรงม้า ขนาดของกระบอกสูบ แรงม้า อายุการใช้งาน และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง
11. YEAR คือ อายุการใช้งาน
12. KM คือ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง
13. Empty weight คือ น้ำหนักบรรทุกเปล่า

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 เครื่องยนต์ดีเซล

คือ เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะให้กำลังงานสูงที่ความเร็วรอบต่ำและมีโครงสร้างที่แข็งแรง

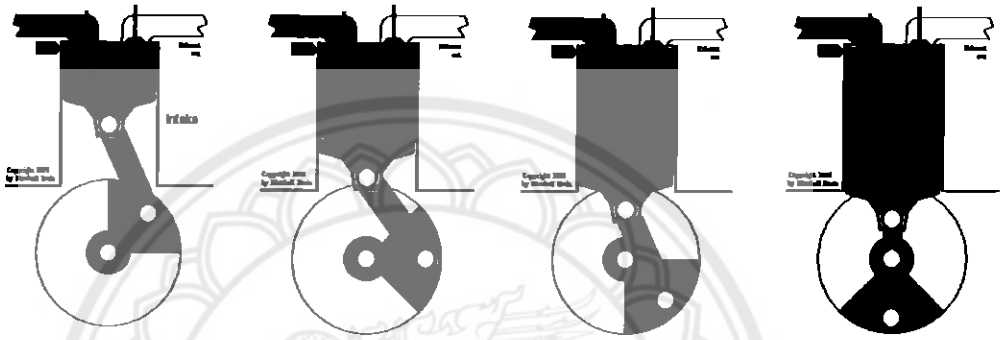
2.1.1 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ดีเซล ประกอบด้วย

1. ลิ้นไอดี (Intake Valve) ทำหน้าที่ปิดและเปิดให้น้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบ
2. ลิ้นไอเสีย (Exhaust Valve) ทำหน้าที่ปิดและเปิดให้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ออกจากกระบอกสูบ
3. หัวฉีดเชื้อเพลิง (Injector) คืออุปกรณ์ที่ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นฝอยละเอียด พ่นเข้าไปยังส่วนบนของกระบอกสูบ
4. ห้องเผาไหม้ (Chamber) คือห้องที่มีการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง
5. กระบอกสูบ (Cylinder) คือส่วนที่ได้รับน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศเพื่อการจุดระเบิดและให้กำลังงานออกมา
6. ลูกสูบ (Piston) คือชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขึ้นลงภายในกระบอกสูบ เพื่ออัดน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิเหมาะกับการเผาไหม้และให้กำลังออกมา
7. ก้านสูบ (Connecting Rod) คือส่วนที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจุดระเบิดเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบไปยังชิ้นส่วนต่างๆ ก้านสูบจะติดกับลูกสูบ
8. เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft) คือส่วนที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังจากก้านสูบและเปลี่ยนการเคลื่อนที่จากการเคลื่อนขึ้นลงเป็นการหมุนแบบวงกลม

2.1.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

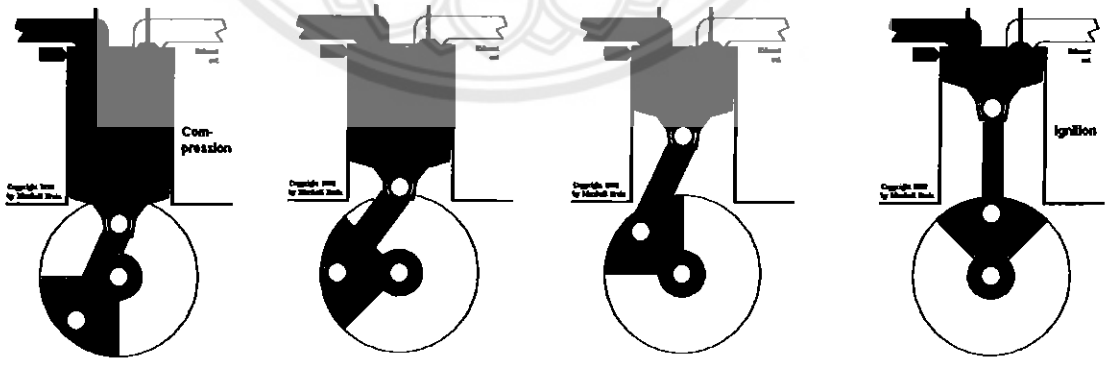
เครื่องยนต์ดีเซลมีหลักการทำงาน 4 จังหวะ คือ

2.1.2.1 จังหวะดูดจังหวะดูด (Intake Stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลง ลิ้นไอดีจะเปิด และลิ้นไอเสียจะปิด ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจะเกิดสุญญากาศ ภายในกระบอกสูบทำให้เกิดการดูดเอาอากาศเพียงอย่างเดียวเข้ามาในกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนถึงจุดศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีจะปิดเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศหนีออกไป



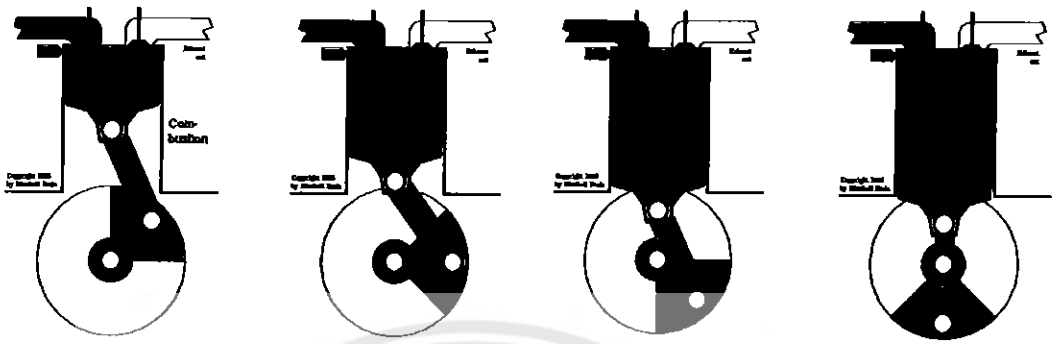
รูป 2.1 ลักษณะการทำงานของจังหวะดูด

2.1.2.2 จังหวะอัด (Compression Stroke) ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นขณะที่ลิ้นไอดีและไอเสียปิด ทำให้เกิดการอัดอากาศภายในกระบอกสูบจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบน ปริมาตรของอากาศจะเหลือประมาณ 1/16 ของปริมาตรเดิมและอุณหภูมิจะสูงประมาณ 500 - 800 °C



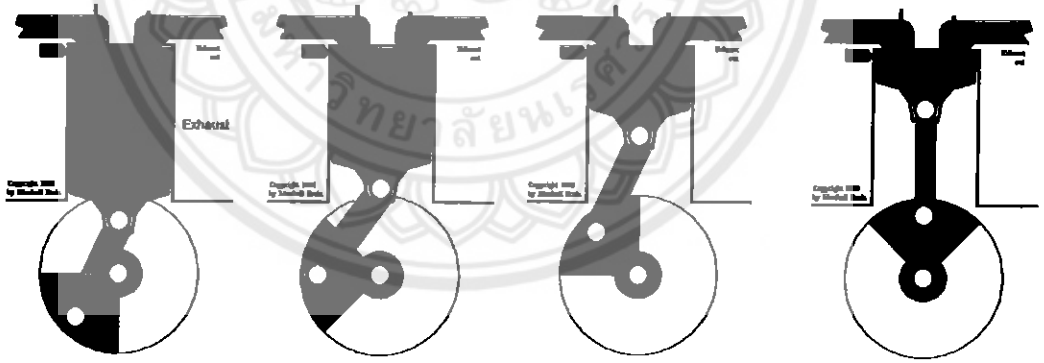
รูป 2.2 ลักษณะการทำงานของจังหวะอัด

2.1.2.3 จังหวะระเบิด (Power Stroke) เมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน อากาศจะถูกอัดเต็มที่และมีความร้อนสูง หัวฉีดก็จะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบทำให้เกิดการระเบิดและผลักลูกสูบให้เคลื่อนที่ลง



รูป 2.3 ลักษณะการทำงานของจังหวะระเบิด

2.1.2.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น ลิ้นไอดีจะปิด แต่ลิ้นไอเสียจะเปิด ทำให้อากาศเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ถูกขับออก เมื่อสิ้นสุดจังหวะคายแล้วลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ลงทำให้เกิดจังหวะดูดต่อไป



รูป 2.4 ลักษณะการทำงานของจังหวะคาย

2.2 ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง

ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลแบ่งตามการออกแบบห้องเผาไหม้เป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง(Direct injection: DI system)

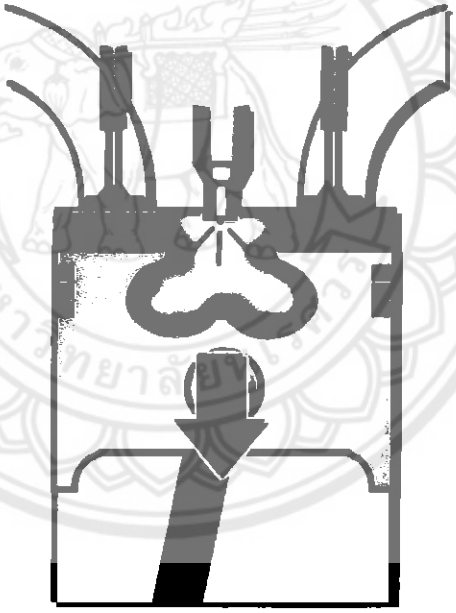
ซึ่งมีห้องเผาไหม้ห้องเดียว และเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปโดยตรงในห้องเผาไหม้นั้น

ข้อดีของ Direct injection

- ประหยัดน้ำมัน
- สตาร์ทง่ายเพราะไม่ต้องเผาหัว (ไม่มีหัวเผา)
- ให้แรงบิดสูง

ข้อเสียของ direct injection

- เสียงดัง (อัตราการอัดสูง + จุดระเบิดรุนแรง)
- ควันดำ (กรณีเร่งแรงๆ) จึงต้องมี catalytic converter



รูป 2.5 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ Direct injection

2.2.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (Indirect injection: IDI system)

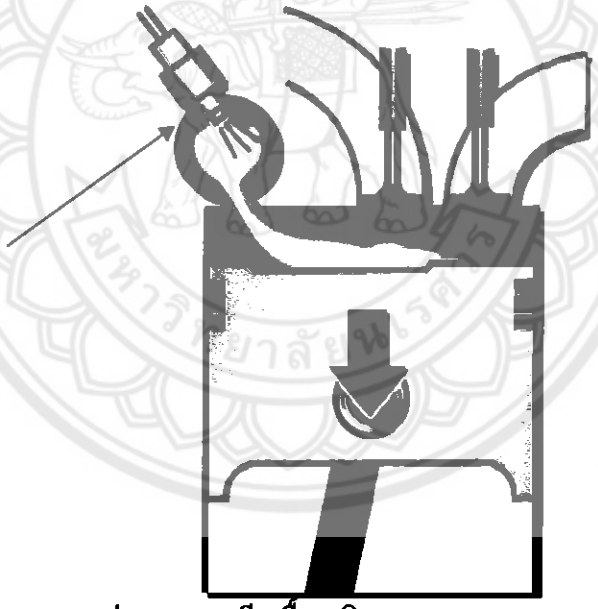
มีห้องเผาไหม้ช่วย (Pre-chamber) ซึ่งต่อกับห้องเผาไหม้หลัก (Main chamber) และเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ช่วย (pre-chamber) ก่อนแล้วค่อยไหลเข้าห้องเผาไหม้หลัก (Main Chamber)

ข้อดีของ Indirect injection

- เครื่องเดินเงียบ
- การเผาไหม้สมบรูณ์
- ควันไม่ดำ

ข้อเสียของ Indirect injection

- เครื่องร้อนช้าต้องเผาหัว (มีหัวเผา)
- เปลืองน้ำมัน
- การออกแบบยุ่งยาก ต้องมีห้องเผาไหม้ช่วย



รูป 2.6 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบ Indirect injection

2.3 สมการการเผาไหม้

สมการการเผาไหม้สมบูรณ์ $HC + O_2 \xrightarrow{Heat} CO_2 + H_2O$

สมการการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ $HC + O_2 + 3.7N \xrightarrow{Heat} CO + CO_2 + H_2O$

2.4 สารมลพิษที่เกิดขึ้นจากรถยนต์ดีเซล

2.4.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกได้จากเชื้อเพลิงคือไฮโดรคาร์บอนในสภาพก๊าซจากการเผาไหม้ที่เหลือเชื้อเพลิงนี้ไม่เผาไหม้และผลผลิตจากการเผาไหม้ที่ยังไม่สิ้นสุด ไฮโดรคาร์บอนนี้แตกต่างจากคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนคือถ้าเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงและมีออกซิเจน (จากอากาศ) เพียงพอ จะเกิดไฮโดรคาร์บอนค่อนข้างต่ำ

2.4.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X)

ออกไซด์ของไนโตรเจนที่ประกอบด้วยก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการสันดาปในเครื่องยนต์ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่ออยู่ในอุณหภูมิสูงเท่านั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว อัตราการเกิดไนตริกออกไซด์ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนในขณะเกิดการสันดาปด้วย นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซลเปรียบเทียบระหว่างระบบ Direct injection ที่มีการจุดระเบิดรุนแรงและอุณหภูมิสูงกว่าระบบ indirect injection ซึ่งจะมีการเผาไหม้ที่ห้องเผาไหม้ pre-chamber ก่อนจึงจะลามมาถึงเสื้อสูบที่ห้องเผาไหม้หลัก การเผาไหม้จึงไม่รุ่นแรงและอุณหภูมิต่ำกว่าระบบ direct injection

2.4.3 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เป็นก๊าซที่ไม่มีสี รสและกลิ่นเบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจาก CO ไปเป็น CO_2 ไม่สมบูรณ์ คือภาวะขาดออกซิเจน ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดคือการเพิ่มอัตราส่วน A/F (อัตราของอากาศกับน้ำมัน) คือให้มีอากาศมากขึ้นนั่นเอง เมื่อหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจนถึง 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin : CoHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกายได้น้อยลง ร่างกายจะอ่อนเพลีย มึน งง ตาพร่ามัว คลื่นไส้อาเจียน และเสียชีวิตได้ เมื่อเกิดภาวะขาดออกซิเจนเฉียบพลัน

2.4.4 Black Smoke หรือ Soot

ควันที่มีกลิ่น เป็นการรวมตัวของอะตอมของคาร์บอนและส่วนหนึ่งของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งถูกเผาไหม้บางส่วน ทำให้ในโมเลกุลมีอัตราส่วนระหว่าง C/H เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเกิดควันดำเป็นขบวนการที่มีโมเลกุลของไฮโดรเจน (dehydrogenation) เกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น (polymerization) แล้วในท้ายที่สุดก็จะเกาะกันเป็นเม็ด (agglomeration) ลักษณะมวลสารของเขม่าสามารถดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน เมื่อสูดเข้าสู่ร่างกายจะมีผลต่อการเกิดมะเร็งในระบบทางเดินหายใจและปอดได้ง่าย ซึ่งสาเหตุของการเกิดควันดำมีอยู่ 2 สาเหตุ คือ

1.ขบวนการที่เมื่อหยดน้ำมันเล็กๆ ถูกฉีดเป็นฝอยเข้าไปในห้องสันดาปซึ่งขณะนั้นอากาศถูกอัดจนอุณหภูมิสูง เมื่อหยดน้ำมันสัมผัสกับอากาศร้อนด้านนอกก็จะเกิดการสันดาปอย่างปกติส่วนด้านในหยดไม่มีผิวสัมผัสกับอากาศเมื่อถูกอัดโดยความร้อนก็จะเกิดปฏิกิริยา(Dehydrogenation) ขึ้นคายไฮโดรเจนอิออนออกไปกลายเป็นคาร์บอนอิสระ และรวมตัวกันเป็นเม็ดคาร์บอนเป็นสีดำถ้าไม่มีปฏิกิริยาต่อไป

2. เกิดที่ Quench zone โดยที่เมื่อหยดน้ำมันถูกฉีดไปปะทะกับผนังเสื้อสูบซึ่งค่อนข้างเย็นและไม่มีผิวสัมผัสถึงอากาศ และถูกอัดโดยความร้อนเนื่องจากอากาศที่ถูกอัดอยู่แล้วเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกับในข้อที่ 1

2.5 การตรวจวัดมลพิษจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

2.5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ประกอบไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.5.1.1 แชสซิสไดนาโม (Chassis dynamometer) ที่มีคุณลักษณะและสามารถสร้างสภาวะการการทดสอบตามที่กำหนด

2.5.2.2 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์สารมลพิษในไอเสีย ได้แก่

ก. เครื่องวิเคราะห์แบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared Analyzer: NDIR) สำหรับวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ข. เครื่องวิเคราะห์แบบเฟลมไอออไนเซชัน (Flame ionization Detector: FID) สำหรับวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน (HC) และBurner air

ค. เครื่องวิเคราะห์แบบเคมิลูมิเนสเซนต์ (Chemiluminescence Detector: CLD) สำหรับวิเคราะห์ออกไซด์ของไนโตรเจน

รูป 2.7 เครื่องมือ ตรวจวิเคราะห์สารมลพิษ

รูป 2.8 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น

ง. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรคงที่(Constant volume sampler: CVS) สามารถวัดปริมาตรก๊าซที่เก็บได้โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 2%

รูป 2.9 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรคงที่

จ. หัวเก็บตัวอย่างไอเสีย

ฉ. เครื่องวัดอุณหภูมิของตัวอย่างก๊าซและเครื่องวัดอุณหภูมิในห้องทดสอบ

ช. เครื่องวัดความดันของตัวอย่างก๊าซและเครื่องวัดความดันอากาศ

ซ. ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล

ฌ. อุปกรณ์และก๊าซต่างๆสำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ

2.5.2 การตรวจวัดมลพิษจากรถยนต์ดีเซล

การทดสอบรถยนต์เป็นการทดสอบที่จำลองสภาพการขับขี่เหมือนการขับขี่จริงบนท้องถนน เพื่อที่จะได้ผลการทดสอบไอเสียใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.5.2.1 การเตรียมตัวอย่างรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

- น้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องเต็มถัง

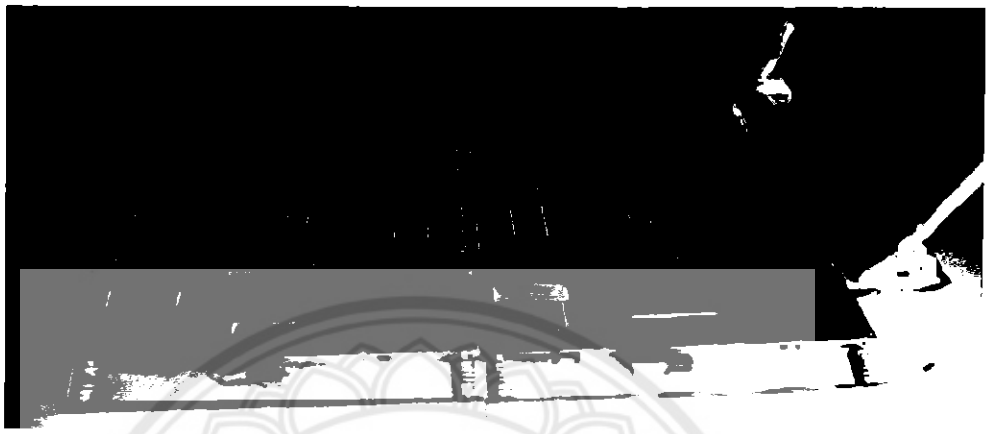
- น้ำหนักของรถยนต์รวมกับน้ำหนักของผู้ที่ทำการทดสอบเพื่อจะใช้ในการป้อนข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ โดยการชั่งน้ำหนักจะชั่งทีละครึ่งแบ่งเป็น สองล้อหน้า และสองล้อหลังแล้วนำน้ำหนักทั้งสองมารวมกัน

- ลมยางให้ยางมีความดันตามที่ผู้ทำกำหนด

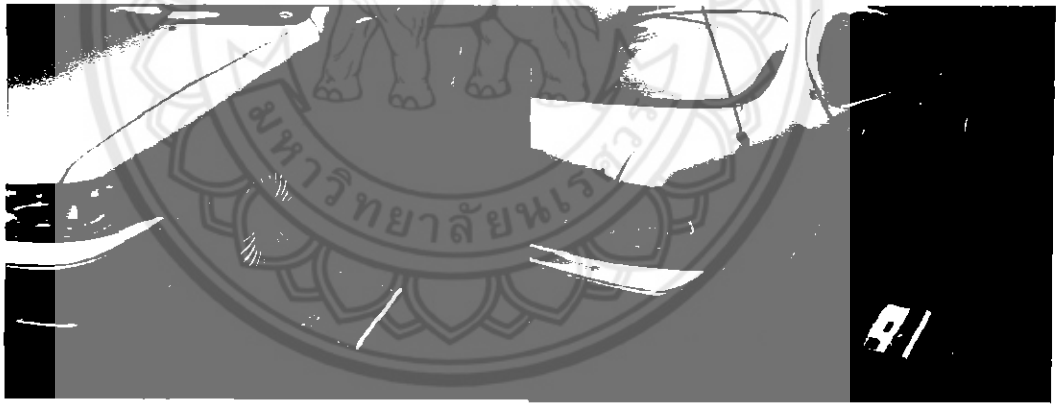
- ระบบไอเสียต้องไม่รั่ว เพื่อให้เก็บตัวอย่างได้ถูกต้อง

- ระบบไอดีต้องไม่รั่ว เพื่อป้องกันผลกระทบต่อส่วนผสมที่อาจเกิดจากอากาศรั่วเข้าระบบ

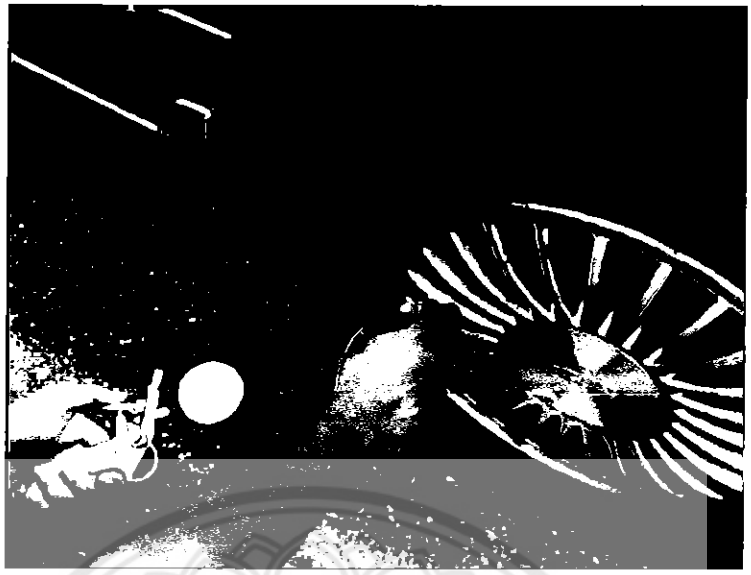
- ปรับตั้งส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ตามที่บริษัทผู้ผลิตระบุไว้



รูป 2.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูป 2.11 การชั่งน้ำหนักรถยนต์



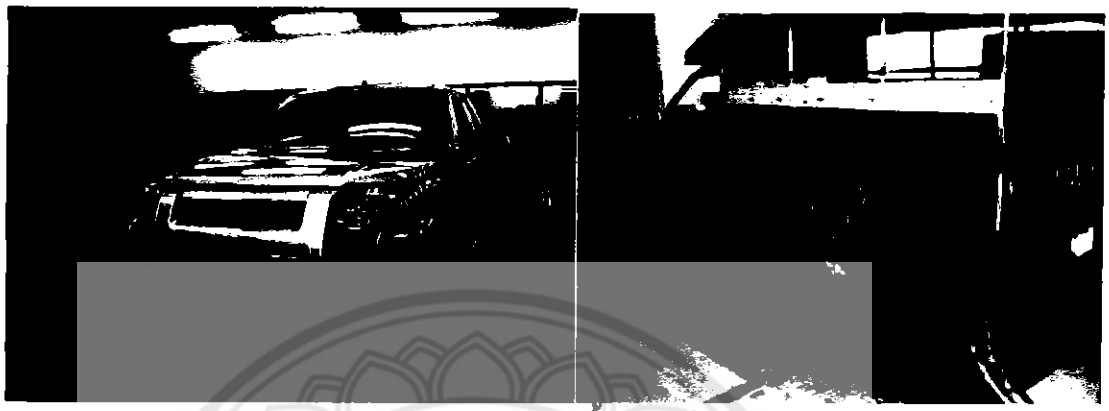
รูป 2.12 การตรวจวัดลมยาง

รูป 2.13 การตรวจสภาพเครื่องยนต์

2.5.2.2 การเตรียมการ

- ให้รถยนต์ตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิทดสอบ
- นำรถยนต์ขึ้นแท่นทดสอบแล้วทำการยึดรั้งตัวรถและต่อท่อไอเสีย

- การนำรถยนต์ขึ้นแท่นทดสอบจะเป็นไปตามลักษณะการขับเคลื่อนของรถยนต์ คือ ถ้ารถยนต์ขับสองล้อหน้า ล้อหน้าจะวางอยู่บนแท่นทดสอบ และถ้าเป็นการขับเคลื่อนแบบสองล้อหลัง ล้อหลังจะวางอยู่บนแท่นทดสอบ



รูป 2.14 การติดตั้งรถยนต์

2.5.2.3 วิธีการทดสอบ

- บันทึกรายละเอียดของรถยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ
- ในการทดสอบจะปฏิบัติตามรูปแบบการขับขี่ตามความต้องการของผู้ทำการทดสอบส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบการขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok driving cycle)
- ขณะทำการทดสอบตัวอย่างไอเสียจะถูกเก็บโดยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริตรคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดสอบ แล้วส่งเข้าเครื่องวิเคราะห์ หาปริมาณสารมลพิษต่างๆ

2.6 การควบคุมมลพิษที่ปล่อยจากรถยนต์

2.6.1 การปรับปรุงการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้

การตั้งเวลาให้ฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องสันดาปให้ช้าลง (Injection Timing Retardation) ซึ่งจะทำให้ลด NO_x แต่ก็จะทำให้รถกินน้ำมันมากขึ้น กำลังจะตก เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ และมีCO และ HC เพิ่มขึ้น

2.6.2 การปรับปรุงห้องสันดาป

การเผาไหม้ไม่สมบรูณ์จะทำให้เกิดสารมลพิษ ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้ไม่สมบรูณ์ในระบบห้องสันดาปชนิด Pre-chamber จะให้ผลดีที่สุดแต่ก็จะทำให้กำลังลดลง

2.6.3 การปรับปรุงระบบไอดี

2.6.3.1 การจัดให้อากาศไหลได้เหมาะสมและสะดวก

การดูแลระบบกรองและทิศทางตำแหน่งการป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้จะทำให้อัตราส่วนน้ำมันต่ออากาศเป็นไปตามการออกแบบของเครื่องยนต์ทำให้การสันดาปเหมาะสม นอกจากนี้เครื่องยนต์ที่ออกแบบให้ทางเข้าของอากาศหมุนวนเพื่อให้การกระจายเชื้อเพลิงเป็นไปได้ดีก็จะทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น เช่นในเครื่องยนต์ที่มีระบบ Swirl chamber ซึ่งก็มีการปรากฏในตลาดเมืองไทยก็จะลดมลพิษเกือบทุกชนิด

2.6.3.2 การใช้ Turbo Charging

การติดตั้งพัดลมอัดอากาศเข้าไปในห้องไอดี แทนที่จะใช้ระบบสุญญากาศในจังหวะดูดไอดีทำให้อากาศมีโอกาสเข้าไปในห้องสันดาปได้ดีขึ้นจะทำให้การเผาไหม้ดีขึ้นซึ่งสามารถลด CO, HC และควันดำ แต่จะไปเพิ่ม NO_x

2.6.4 การติดตั้งเทคโนโลยีควบคุมสารมลพิษ

2.6.4.1 Particulate trap and regenerative system

ช่วยลดปริมาณของอนุภาคที่ปล่อยสู่บรรยากาศ การดักคล้ายการกรองด้วยเซรามิกส์ ดักได้ Particulate ถึง 60 – 90% ในกระแสไอเสีย เมื่อมีการจับ soot ไว้จะเต็มขึ้นเรื่อยๆ และไปจำกัดการไหลของไอเสีย ความดันลดจะทำให้เครื่องยนต์มีปัญหา, การลดการจำกัดการไหลอาศัยการเผาไหม้ particulate ที่ถูกจับไว้กับออกซิเจนส่วนเกิน (Excess O2) ในไอเสีย

2.6.4.2 Catalytic Converter

เป็นโครงสร้างเซรามิกส์ลักษณะคล้ายรังผึ้ง (Ceramic honeycomb structure) โดยมีการเคลือบทับสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ไว้ภายใน ซึ่งสารเคลือบนี้จะช่วยเร่งปฏิกิริยาทำให้ก๊าซมลพิษกลายเป็นก๊าซที่ไม่ก่อปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมหรือก่อปัญหาน้อยลง โดยโครงสร้างเซรามิกส์นี้จะถูกบรรจุในภาชนะโลหะที่ทำจาก Stainless steel อีกครั้งหนึ่งเพื่อป้องกันการผุกร่อน หรือบางครั้งอาจใช้ spherical ceramic pellets ที่มีรูพรุนแทน Honeycomb structure และเคลือบ Catalyst และสารอื่นๆ ลงไปโดยปรกติปฏิกิริยาที่จะเปลี่ยนก๊าซมลพิษ (Emission Gas) ให้เป็นก๊าซชนิดอื่นจะทำที่อุณหภูมิสูงแต่เมื่ออาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาลดลงเหลือ 250 °C – 300 °C แต่ถ้ากำจัด NO_x ด้วยต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิน 400 °C เช่น Oxidation Catalysts (OXI-CAT) ที่อาศัยการออกซิไดซ์ CO และ HC ให้เป็น CO_2 และ H_2O โดยต้องมีออกซิเจนเป็นปริมาณเพียงพอ ซึ่งถ้าเครื่องทำงานแบบเชื้อเพลิงบางอยู่แล้วก็ไม่มีปัญหา และถ้าไม่พอก็ต้องใช้ปั๊มช่วย Catalyst ที่ใช้ คือ Palladium (Pd) เพื่อ oxidation CO, olefin, methane, aromatic compound; Platinum (Pt) เพื่อ oxidation aromatic compound, paraffin (ที่มีมวลโมเลกุลมากกว่า C3) ในการทำงาน Catalyst จะดูด

ซับสารที่ต้องการเปลี่ยน (reactant) ไว้บนผิวและทำปฏิกิริยาให้เป็นสารตัวใหม่ และปล่อยสารใหม่ออกมา ซึ่งจะทำงานได้ต้องมีอุณหภูมิสูงในระดับหนึ่ง ซึ่งในตอนเริ่มสตาร์ทเครื่องอุณหภูมิยังต่ำ Catalytic converter ยังไม่ทำงาน และไอเสียยังคงเป็นไอเสียอยู่ ช่วยกำจัด CO และ HC ให้เป็น CO_2 และ H_2O ได้ และลด Particulate matter ได้ แต่เปลี่ยน NO_x ไม่ได้

2.7 การจัดทำสมการ

2.7.1 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)

2.7.1.1 สมมติฐาน (Hypothesis)

สมมติฐาน หมายถึง เกณฑ์หรือข้อตกลงที่ตั้งขึ้นเพื่อการพิสูจน์ ให้เกิดการยอมรับหรือปฏิเสธ ซึ่งการยอมรับหรือปฏิเสธจะเกิดจากผลของการสุ่มตัวอย่างและการทดสอบสมมติฐานตามเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นนั้น

การตั้งสมมติฐาน จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1.สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่ทราบค่าแน่นอน มักเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการปฏิเสธเช่น

$$H_0 : \beta = 0$$

2.สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis: H_1) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อขัดแย้งกับสมมติฐานหลัก มักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการยอมรับ สมมติฐานรอง มี2ลักษณะ

2.1สมมติฐานรองแบบทางเดียว เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นตั้งขึ้นโดยกำหนดทิศทาง เช่น

$$H_0 : \beta < 0 \qquad \text{หรือ} \qquad H_0 : \beta > 0$$

2.2สมมติฐานรองแบบสองทาง เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นตั้งขึ้นโดยไม่กำหนดทิศทาง เช่น

$$H_0 : \beta \neq 0$$

2.7.1.2 ข้อผิดพลาดจากการสรุปผล (Type of Error)

จะเห็นได้ว่าการตัดสินใจยอบรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ขึ้นอยู่กับข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ทำให้การตัดสินใจไม่จำเป็นต้องถูกต้องทุกครั้งไปและหลายๆครั้งก็เกิดการตัดสินใจผิดพลาดเสมอๆดังตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงการตัดสินใจการทดสอบสมมติฐาน

การตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน	ข้อเท็จจริง	
	H_0 เป็นจริง	H_0 เป็นเท็จ
ยอมรับ H_0 (ปฏิเสธ H_1)	ตัดสินใจถูกต้อง (1 - α)	Type II error β
ปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1)	Type II error α	ตัดสินใจถูกต้อง (1 - β)

จากตาราง จะเห็นได้ว่าโอกาสที่จะตัดสินใจผิดพลาดมีอยู่ 2 ทาง คือ

1. ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I error) เกิดขึ้นเมื่อปฏิเสธสมมติฐานหลักที่เป็นจริงมีความน่าจะเป็นเท่ากับ α ซึ่งเราเรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (level of significance) และที่เรียกว่า นัยสำคัญ ก็เพราะว่าค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่างกับค่าตามสมมติฐานมีมากเกินกว่าที่จะเกิดขึ้น โดยบังเอิญ หรือ มากจนถือว่ามีนัยสำคัญ
2. ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (Type II error) เกิดขึ้นเมื่อยอมรับสมมติฐานหลักที่เป็นเท็จ มีความน่าจะเป็นเท่ากับ β

ในการทดสอบสมมติฐาน จะพยายามป้องกันความคาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นทั้ง 2 ชนิด แต่วิธีการที่ยอมรับกันว่าดีในหมู่นักสถิติ คือ การกำหนดขนาดความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (กำหนดα)

การกำหนดขนาดความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (กำหนดα) นั้นขึ้นอยู่กับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่เป็นจริง ถ้าความคลาดเคลื่อนก่อให้เกิดความเสียหายมากก็จะจะกำหนดระดับนัยสำคัญให้น้อยๆ เช่น กำหนดไว้ที่ 0.01, 0.001, 0.005 เป็นต้น และถ้าความคลาดเคลื่อนก่อให้เกิดความเสียหายไม่มาก ก็จะกำหนดระดับนัยสำคัญให้มากขึ้น เช่น กำหนดไว้ที่ 0.1, 0.5 เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้ว่าการกำหนดระดับนัยสำคัญก็คือการกำหนดขนาดของความคลาดเคลื่อนว่าจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากน้อยแค่ไหนนั่นเอง

2.7.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

2.7.2.1 ความหมาย

การถดถอย (Regression) หมายถึงกระบวนการของการพยากรณ์ (Prediction) ตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งจากอย่างอื่นอย่างน้อยหนึ่งตัว ตัวแปรที่ถูกพยากรณ์เรียกว่า "ตัวแปรตาม" (Dependent

variable) หรือ "ตัวเกณฑ์" (criterion) ส่วนตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ตามตัวเกณฑ์ เรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent variable) หรือ "ตัวพยากรณ์" (Predictor)

การพยากรณ์ตัวแปรตามโดยใช้ตัวพยากรณ์ จะต้องสร้างสมการถดถอย (Regression equation) สมการถดถอยนี้จะต้องสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ การสร้างสมการถดถอยจะต้องสร้างให้ได้สมการถดถอยที่เหมาะสมที่สุดของข้อมูล การที่ให้ได้สมการถดถอยที่เหมาะสมจะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเรียกว่า "การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis)" ตัวแปรที่จะนำมาวิเคราะห์การถดถอยจะต้องมีลักษณะการแจกแจงปกติและเป็นอิสระต่อกัน

2.7.2.2 ชนิดของการถดถอย

การถดถอยมี 2 ชนิด คือ

1.การถดถอยเชิงเดี่ยว เป็นการถดถอยที่มีสมการการถดถอยประกอบด้วยตัวแปรตาม 1ตัว และตัวแปรอิสระ 1ตัว เช่น ถ้าให้ Y เป็นตัวแปรตาม ให้ X แทนตัวแปรอิสระ และให้ b_0 , b_1 และ b_2 แทนค่าคงที่จะได้ว่า

1.1 สมการถดถอยที่มีกราฟเป็นเส้นตรง (straight line) แทนด้วย

$$Y=b_0 + b_1X$$

1.2 สมการถดถอยที่มีกราฟเป็นเส้นโค้งพาราโบรา (parabola curve) แทนด้วย

$$Y=b_0+b_1X+b_2X_2$$

1.3 สมการถดถอยที่มีกราฟเป็นเส้นตรงโค้งไฮเพอร์โบรา (hyperbola curve) แทนด้วย

$$Y = \frac{1}{b_1+b_2X}$$

1.4 สมการถดถอยที่มีกราฟเป็นเส้นโค้งชี้กำลัง (exponential curve) แทนด้วย

$$Y = b_0 b_i^{x}$$

1.5 สมการถดถอยที่มีกราฟเป็นเส้นโค้งเรขาคณิต (geometric curve) แทนด้วย

$$Y = b_0 X^{bl}$$

ข้อที่1.1 เรียกว่า การถดถอยเชิงเดียวแบบเส้น (simple linear regression) ส่วนข้อที่ 1.2 ถึง 1.5 เรียกว่า การถดถอยเชิงเดียวแบบไม่ใช่เชิงเส้น (simple non-linear regression)

2.การถดถอยพหุคูณ เป็นการถดถอยที่มีสมการการถดถอยประกอบด้วยตัวแปรตาม 1ตัว และตัวแปรอิสระมากกว่า1ตัว เช่น ให้ Y เป็นตัวแปรตาม ให้ X_1, X_2,... และ X_k แทนตัวแปรอิสระ k ตัว และให้ b_0, b_1,... และ b_k แทนค่าคงที่จะได้ว่า

2.1 $Y = b_0 + b_1X_1+b_2 X_2 +...+ b_kX_k$ เรียกว่า การถดถอยพหุคูณแบบเชิงเส้น (multiple linear regression)

2.2 $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + b_4X_1^2 + b_5X_2^2$ เรียกว่า การถดถอยพหุคูณแบบไม่ใช่เชิงเส้น (multiple non-linear regression)

2.7.2.3 ตัวแบบและสมการพยากรณ์ของการถดถอย

ให้ Y_i แทนค่า i ของตัวแปรตาม Y , $\hat{Y}$ แทนค่าพยากรณ์ (predicted value)ของตัวแปร Y , X_i ของตัวแปรอิสระX , $X_{i,1}$,$X_{i,2}$, ... และ $X_{i,k}$ แทนค่าที่ i ของตัวแปรอิสระที่ 1 , 2 , ... และ k ตามลำดับ e_i แทนค่าที่ i ของการผิดพลาดแบบสุ่ม (random error) หรือเศษตกค้าง (residual) n แทนจำนวนค่าสังเกตของ Y หรือ X , β_0 , β_1 , ... และ β_k แทนพารามิเตอร์ (parameter) k+1 ตัว และให้ b_0 , b_1 ,... และb_k แทนค่าประมาณของ β_0 , β_1, ...และ β_k ตามลำดับจะได้ตัวแบบ (model) ของการถดถอย สมการพยากรณ์ (predicted equation) ของการถดถอยและชนิดของการถดถอยซึ่งสอดคล้องกันดังนี้คือ

1.ตัวแบบของ $Y = b_0 + b_1X$

คือ $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$, i = 1,2,...,n

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0 + b_1X$

2. ตัวแบบของ $Y = b_0 + b_1X + b_2X_2$

คือ $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + e_i$, i=1,2,...,n

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X$

3. ตัวแบบของ $Y = \frac{1}{b_0+b_1X}$

คือ $Yi = \frac{1}{\beta_0+\beta_1X_i} + e_i$, i = 1,2,...,n

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = \frac{1}{b_0+b_1X}$

4.ตัวแบบของ $Y = b_0 b_1^X$

คือ $Yi = \beta_0\beta_1^{X_i} + e_i$, i = 1 , 2 , ... , n

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0 b_1^X$

5. ตัวแบบของ $Y = b_0 X_{b1}$

คือ $Yi = \beta_0X_1^{\beta_1} + e_i$, i = 1 , 2 , ..., n

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0X^{b_1}$

6.ตัวแบบของ $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_kX_k$

คือ $Yi = \beta_0+\beta_1X_{i,1}+\beta_2X_{i,2}+\ldots+\beta_k\beta_{i,k}+e_i$, $i = 1, 2, \ldots, n$

จะมีสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0+b_1X_1+b_2X_2+\ldots+b_kX_k$

7.ตัวแบบของ $Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\ldots+b_3X_1X_2+B_4X_1^2+b_5X_2^2$

คือ $Y_i=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\ldots+\beta_3X_1X_2+\beta_4X_1^2+\beta_5X_2^2+e_i$, $i = 1, 2, \ldots, n$ จะมี

สมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $\hat{Y} =$

$b_0+b_1X_1+b_2X_2+\ldots+b_3X_1X_2+B_4X_1^2+b_5X_2^2$

เราเรียก $\hat{Y}$ ว่าค่าพยากรณ์แบบจุด (point predicted value)ของตัวแปรตามYนอกจากวิธีนี้เราสามารถหาค่าพยากรณ์แบบช่วง (interval predicted value)ของตัวแปรตาม Y ได้โดยการหาวิธีค่าความเชื่อมั่น (confidence interval) ของพารามิเตอร์ และจะเรียกค่าพยากรณ์แบบช่วง ของ Y นี้ว่าช่วงพยากรณ์ (predicted interval)

เราจะเห็นว่าค่าของ $\hat{Y}$ นั้น เราต้องทราบค่าของ $b_0, b_1, \ldots$และ b_k และการหาค่าของ$b_0, b_1, \ldots, b_k$ จะหาได้โดยวิธีระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (method of least interval)

หลักการของระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือต้องหาค่า $b_0, b_1, \ldots$และ b_k ซึ่งทำให้ $\sum_{i=0}^{n}$ (ค่าสังเกต Y_i – ค่าทำนาย $\hat{Y}_i$) ^{2} มีค่าน้อยที่สุด

เช่น ถ้าสมการพยากรณ์ของถดถอย คือ $\hat{Y} = b_0 + b_1X$ $b_0+ b_1X$

จะต้องหาค่า b_0 และ b_1 ที่ทำให้ $\sum_{i=0}^{n}[Y_i - (b + b_1X_i)]^2$มีค่าน้อยที่สุด

โดยวิธีทางคณิตศาสตร์เราสามารถหา b_0และ b_1 ได้ดังนี้

$$b_1 = \frac{\sum_{i=0}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sum_{i=0}^{n}(X_i-\bar{X})^2}$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^{n}X_iY_i-[(X_i)(\sum Y_i)]/n}{\sum_{i=0}^{n}X_i^2-(\sum_{i=0}^{n}X_i)^2/n}$$

และ

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}$$

เมื่อ

$$\bar{Y} = \sum_{i=0}^{n} X_i/n$$

และ

$$\bar{X} = \sum_{i=0}^{n} X_i/n$$

ในทำนองเดียงกัน ถ้าสมการการพยากรณ์ของการถดถอย คือ $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$ จะต้องหา $b_0, b_1, \ldots$ และ b_2 และที่ทำให้สมการด้านล่าง น้อยที่สุด เป็นต้น

$$\sum_{i=0}^{n} [Y_i - (b_0 + b_1X_i + b_2X_i^2)]^2$$

2.7.2.4 ข้อตกลงเบื้องต้นของการถดถอย

1.ค่าเฉลี่ยของแต่ละ e_i เท่ากับ 0 เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, n$

2.ความแปรปรวนของแต่ละ e_i เท่ากัน เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, n$

3.แต่ละ e_i เป็นอิสระต่อกัน เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, n$

4. e_i เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, n$ มีการแจกแจงปกติ (normal distribution)

2.7.2.5 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าและการพยากรณ์ ค่าของตัวแปรตัวหนึ่งโดยใช้ค่าของข้อมูลอีกตัวหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์เรียกว่า ตัวแปรอิสระ (Independent variable) หรือตัวพยากรณ์ (Predictor) ส่วนผลที่ได้เรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent variable) หรือผลที่วัดได้ (Outcome) ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์การถดถอยกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์นั้นต่างกันที่ว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียงแต่แสดงให้เห็นตัวแปรให้เห็น 2 ตัวมีความสัมพันธ์หรือไม่ แต่ไม่ได้ใช้ในการพยากรณ์ ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยนั้นสามารถใช้ในการพยากรณ์ได้

2.7.2.6 ประโยชน์ของการถดถอย

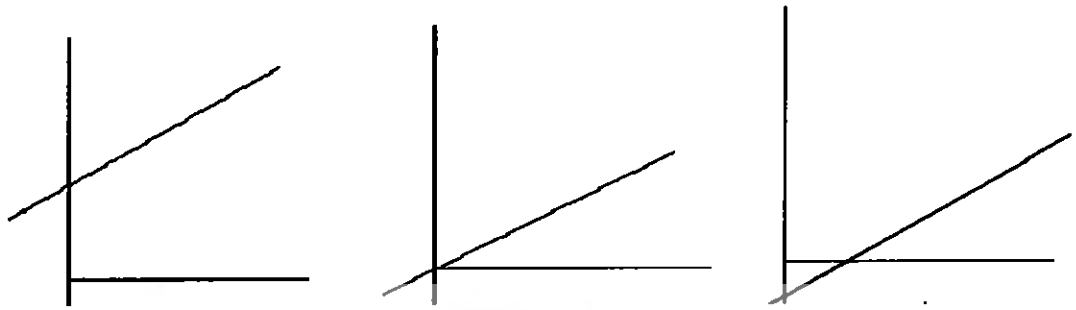
การถดถอยนับว่ามีประโยชน์ในการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตเกี่ยวกับการศึกษา การวิจัย การวัดผล การประเมินผล และธุรกิจต่างๆเป็นอันมาก กล่าวคือใช้สำหรับหาสมการการพยากรณ์ของการถดถอยของตัวแปร เพื่อพยากรณ์ค่าของตัวแปรตัวหนึ่งจากตัวแปรตัวหนึ่ง หรือจากตัวแปรหลายตัว

2.7.2.7 ลักษณะของเส้นถดถอยอย่างง่าย

เส้นถดถอยกรณี X เป็นตัวแปรอิสระ Y เป็นตัวแปรตาม มีลักษณะดังต่อไปนี้

1).ต้องผ่านจุดที่มีค่าเฉลี่ยของ X และ Y ตัดกัน

2).ค่า a ซึ่งเป็นค่าคงที่นั้นคือ ค่าของ Y เมื่อเส้นถดถอยตัดแกน Y ถ้า a เป็นบวก แสดงว่าแกน Y ณ บริเวณเหนือเส้นแกนขึ้นไป ถ้า a เป็นศูนย์ (0) แสดงว่าผ่านจุดที่แกน X และ Y ตัดกันคือผ่านจุด origin (0,0) ถ้าเป็นลบแสดงว่าตัดแกน Y ต่ำกว่าเส้นแกน ดังแสดงลักษณะทั้งสามภาพ



a เป็น +　　a เป็น 0　　a เป็น –

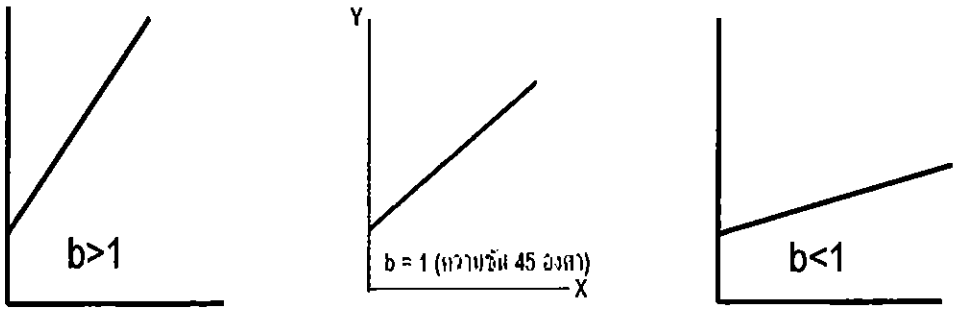
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างลักษณะที่ a เป็น + เป็นศูนย์ และเป็น –

3). b ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์การถดถอย คือความชัน (slope) ของเส้นถดถอยซึ่งเป็นค่าที่ชี้ถึงว่าเมื่อตัวแปรอิสระ (X) เปลี่ยนแปลงไปหน่วยหนึ่ง จะทำให้ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม (Y′)เปลี่ยนแปลงไปด้วย b หน่วย มีลักษณะดังนี้

1. ถ้าเส้นกราฟมีความชันมาก การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร X จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 2.16

2. ถ้าเส้นกราฟมีความชันมีค่าเท่ากับ 1 การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร X จะส่งผลให้ค่าของ Y เปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนที่เป็นสัดส่วนกับค่า ดังรูปที่ 2.17

3. ถ้าเส้นกราฟมีความชันมีค่าต่ำๆ (b < 1) จะทำให้ค่าของ Y เปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนน้อยกว่าค่าของ X ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.16　　รูปที่ 2.17　　รูปที่ 2.18

4).ในกรณีที่ a มีค่าเป็นศูนย์ และ b มีค่าเท่ากับ 1 เส้นกราฟจะผ่านจุดกำเนิดและความชันเป็น 45 องศา ซึ่งทำให้ค่าของ X และ Y มีค่าเท่ากัน

5). กรณีที่ a มีค่าเป็นศูนย์ b เป็นจำนวนเท่าที่ Y´มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า X ถ้า b มีค่ามากกว่า 1เส้นถดถอยจะมีค่าความชันมากกว่า 45 องศา แต่ถ้า b มีค่าน้อยกว่า 1 เส้นถดถอยจะมีความชันน้อยกว่า 45 องศา

2.7.2.8 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายของกลุ่มประชากร

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าและการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตัวหนึ่งโดยใช้ค่าข้อมูลอีกตัวหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์เรียกว่าตัวแปรอิสระ(Independent variable) หรือ "ตัวพยากรณ์" (Predictor) ส่วนผลที่ได้เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent variable) หรือผลที่วัดได้ (Outcome) ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์การถดถอยกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์นั้นต่างกันที่ว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์หรือไม่ แต่ไม่ได้ใช้ในการพยากรณ์ ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยนั้นสามารถใช้ในการพยากรณ์ได้ด้วย

2.7.3 สมการถดถอย (Regression equation)

ในการวิเคราะห์การถดถอยจะต้องสร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ในการพยากรณ์สมการถดถอยของกลุ่มประชากรซึ่งเขียนในรูปของค่าพารามิเตอร์มีลักษณะ ดังนี้

$$\hat{Y} = \alpha + \beta X$$

$\hat{Y}$ คือค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์

α คือค่า Y-intercept (จุดตัดเส้นกราฟแกน Y) ของกลุ่มประชากร

β คือสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ของกลุ่มประชากรหรืออีกนัยหนึ่งก็คือค่าความชัน (slope) ของเส้นกราฟที่ใช้ในการพยากรณ์

X คือ ค่าของตัวแปรอิสระหรือตัวพยากรณ์

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 1367047

ส.
2528 ม
2552
ค.2

สมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเขียนในรูปของค่าสถิติมีลักษณะ ดังนี้

$$\hat{Y} = a + bX$$

$\hat{Y}$ คือ ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์

a คือ ค่า Y-intercept (จุดตัดเส้นกราฟแกน Y) ของกลุ่มตัวอย่าง

b คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย(Regression coefficient)ของกลุ่มตัวอย่าง

2.7.3.1 การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย

งานวิจัยที่รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแล้ว หลังจากที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแล้วต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอยเพื่ออ้างกลับไปหากลุ่มประชากรว่าตัวแปรอิสระนั้นสามารถใช้ได้ในการพยากรณ์ค่าตัวแปรตามได้ การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอยนั้นให้เปลี่ยนค่าของสัมประสิทธิ์การถดถอยมาเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เสียก่อนแล้วดำเนินการทดสอบเหมือนกับความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

$$r = b\frac{S_x}{S_y}$$

สมมติฐาน

$H_o : \beta = 0$ หรือ $H_o : \beta = 0$ หรือ $H_o : \beta = 0$

$H_1 : \beta \neq 0$ $H_1 : \beta > 0$ $H_1 : \beta < 0$

ค่าสถิติ $t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} > t_{n-2}$

r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n คือ จำนวนคู่หรือจำนวนสมาชิกซึ่งค่าของตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามนั้นจะต้องเป็นของสมาชิกคนเดียวกัน

2.7.3.2 กฎการตัดสินใจ

สำหรับ $H_o : \beta = 0$

$H_1 : \beta \neq 0$

จะปฏิเสธ H_oถ้า ถ้า $t > t_{n-2}(1 - \alpha/2)$ หรือถ้า $t < t_{n-2}(1 - \alpha)$ ซึ่งถ้าปฏิเสธ H_o แสดงว่าตัวแปรอิสระสมารถใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามได้

สำหรับ $H_o: \beta = 0$

$H_1: \beta > 0$

จะปฏิเสธ H_o ถ้า $t > t_{n-2}(1 - \alpha)$ ซึ่งถ้าปฏิเสธ H_o แสดงว่า ตัวแปรอิสระสามารถใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามได้และตัวแปรทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกหรือแปรตามกัน

สำหรับ $H_o: \beta = 0$

$H_1: \beta < 0$

จะปฏิเสธ H_o ถ้า $t < t_{n-2}(\alpha)$ ซึ่งถ้าปฏิเสธ H_o แสดงว่า ตัวแปรอิสระสามารถใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามได้และตัวแปรทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์ในทางลบหรือแปรกลับกัน

2.7.3.3 ความหมายของสัมประสิทธิ์การถดถอย

สัมประสิทธิ์การถดถอยคือ ค่าที่บอกให้ทราบว่าเมื่อค่าของตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงไป1 หน่วย ค่าของตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปกี่หน่วย

2.7.3.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยและค่า Y-intercept

<u>ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย</u>

คำนวณจากกลุ่มประชากร $\beta = \dfrac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}$

คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง $b = \dfrac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$

$$b = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sum(X-\bar{X})^2} = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

<u>ค่า Y-intercept</u>

คำนวณจากกลุ่มประชากร $\alpha = \bar{Y} - \beta\bar{X}$

คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง $a = \bar{Y} - b\bar{X}$

เมื่อ

N = จำนวนสมาชิกในกลุ่มประชากร

n = จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

X = ค่าของตัวแปรอิสระ

Y = ค่าของตัวแปรตาม

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ

$\bar{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

2.7.3.5 สัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standardized regression coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่กล่าวมาคำนวณจากข้อมูลดิบ (Raw data) ซึ่งข้อมูลแต่ละชุดนั้นอาจจะมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกัน ในกรณีที่ต้องการจะเปรียบเทียบว่าตัวแปรอิสระตัวใดสามารถใช้พยากรณ์ได้ดีกว่า ถ้าพิจารณาจากสัมประสิทธิ์การถดถอยที่คำนวณจากคะแนนดิบจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน การเปรียบเทียบในกรณีนี้ควรจะพิจารณาจากสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานนั้น คำนวณจากคะแนนมาตรฐาน (Standard score) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นหนึ่งและเท่ากันหมดสำหรับข้อมูลทุกๆ ชุด

$$BETA = \frac{\sum z_x z_y}{\sum z_x^2} = b\frac{s_x}{s_y}$$

$$Z_x = \frac{X-\bar{X}}{S_x}$$

$$Z_y = \frac{Y-\bar{Y}}{S_y}$$

BETA คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน

SX คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ X

Sy คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม Y

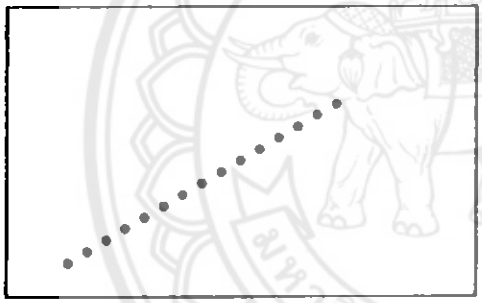
Z_x คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ X

Z_y คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรตาม Y

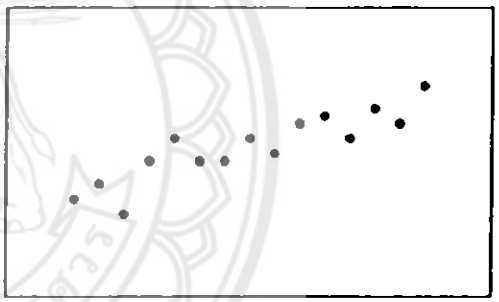
2.7.4 สหสัมพันธ์อย่างง่าย

สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple correlation) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สหสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ตัวแปร 2 ตัว ในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation) จากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ในกรณีที่ตัวแปรทั้งสองมีระดับการวัดเป็นมาตราอันตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน แล้วจึงอนุมานเป็นความสัมพันธ์ของประชากร

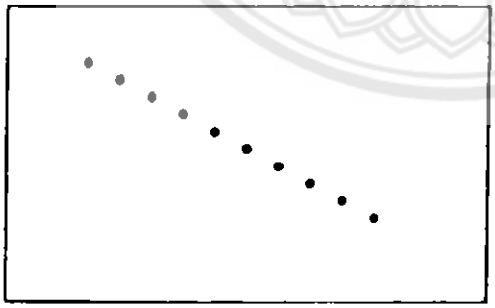
การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร 2 ตัว มีหลักง่าย ๆ ในการพิจารณาโดยการนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่าง 2 ชุด ที่เกี่ยวข้องกัน มาจัดทำแผนภาพการกระจาย (scatter diagram) โดยในเบื้องต้น แผนภาพการกระจายที่ได้ จะทำให้เห็นได้ง่ายว่าข้อมูล 2 ชุดมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ หรือมีลักษณะของความสัมพันธ์เป็นอย่างไร ดังรูป



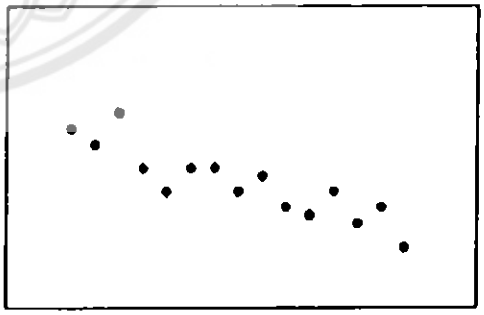
รูป 2.19



รูป 2.20

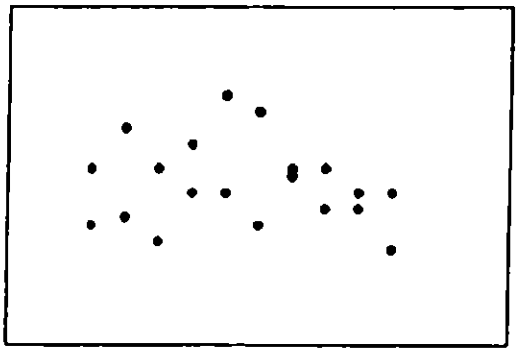


รูป 2.21



รูป 2.22

รูป 2.23



รูป 2.24

จากการพิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลระหว่างตัวแปรคู่ที่ต้องการศึกษา ถ้าข้อมูลมีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งทำให้อีกตัวแปรหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีทิศทางเดียวกันหรือตรงข้ามกัน แสดงว่าตัวแปรทั้งสองน่าจะมีความสัมพันธ์กัน จากแผนภาพการกระจายของข้อมูล ในรูป 2.19 และ รูป 2.20 จะมีลักษณะของการกระจายของข้อมูลในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้น และเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ ถ้าตัวแปรหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เพิ่มขึ้น อีกตัวแปรหนึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน หรือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะมีค่าลดลงด้วย ส่วนในรูป 2.21 และรูป 2.22 ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน แต่ทิศทางของความสัมพันธ์มีทิศทางตรงข้ามกัน คือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น อีกตัวแปรหนึ่งจะมีค่าลดลง หรือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าลดลง อีกตัวแปรหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับรูป 2.23 จะเห็นว่าลักษณะการกระจายตัวในลักษณะของเส้นโค้ง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นโค้ง แต่ถ้าแผนภาพการกระจายของข้อมูลเป็นไปตามรูป 2.24 อาจกล่าวได้ว่าข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน เพราะลักษณะของข้อมูลจะกระจัดกระจายโดยทั่วไป มองไม่เห็นกรอบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน หรือถ้าข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน ขนาดของความสัมพันธ์อาจจะมีค่าน้อยมากซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อกันระหว่างข้อมูลทั้งสองชุดแต่อย่างใด

การวัดความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำได้โดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของ ตัวแปร 2 ตัว ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย ρ_{xy} (อ่านว่า rho) หรือ r_{xy}

เมื่อ ρ_{xy} คือสหสัมพันธ์ของประชากรสองชุด

r_{xy} คือสหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างสองชุด

คาร์ล เพียร์สัน (Karl Pearson) ได้พัฒนาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ρ_{xy} นี้ขึ้น จึงเรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (pearson correlation coefficient) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นในการคำนวณ คือ

1. ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

2. ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรต่อเนื่อง

3. ตัวแปรทั้งสองกระจายแบบโค้งปกติ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อาจคำนวณได้จากสูตร

$$R = \frac{\sum(X-\bar{X})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

หรือ

$$R = \frac{n\sum xy-(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2-(\sum x)^2)(n\sum y^2-(\sum y)^2)}}$$

เมื่อ r คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง –1 และ +1 โดยที่

ถ้า r มีค่าเป็น 1 หรือ เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก หรือค่อนข้างมาก และเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

ถ้า r มีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันน้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

ถ้า r มีค่าเป็น -1 หรือ เข้าใกล้ -1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก หรือค่อนข้างมาก แต่เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน

2.7.4.1 การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างสุ่ม อาจบอกได้เพียงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อย แต่อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปดังกล่าวสามารถนำไปอนุมานถึงความสัมพันธ์ของประชากรสองชุดได้ โดยอาศัยกระบวนการของสถิติอนุมาน

ถ้า ρ_{xy} คือสหสัมพันธ์ของข้อมูลประชากร

r_{xy} คือสหสัมพันธ์ของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อต้องการทดสอบว่าประชากรสองชุดมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ กำหนดสมมุติฐานการทดสอบคือ

H_0 : $\rho = 0$ (ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน)

H_1 : $\rho \neq 0$ (ตัวแปรทั้งสองมีความสมพันธ์กัน)

จะได้ว่าตัวสถิติ r_{xy} มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเป็น

$$\mu_r = 0$$

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}$$

ดังนั้นสถิติทดสอบคือ

$$t = \frac{r-\mu_r}{\sigma_r}$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

ที่องศาเสรี $n-2$

ค่าสถิติที่คำนวณได้นำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตที่เปิดได้จากตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง t

2.7.4.2 การใช้สถิติทดสอบ t

สมมติฐานของการทดสอบเมื่อใช้สถิติทดสอบ t จะแบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

1. H_0: $\rho = 0$ หรือ H_0 : Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

   H_1: $\rho \neq 0$ H_1 : Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

2. H_0: $\rho \leq 0$ หรือ H_0 : Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

   H_1: $\rho > 0$ H_1 : Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ในด้านบวก

3. H_0: $\rho \geq 0$ หรือ H_0 : Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

   H_1: $\rho < 0$ H_1 : Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น โดยสัมพันธ์กัน ทางด้านลบ

ตารางที่ 2.2 แสดงเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0

สมมติฐาน	ขอบเขตการปฏิเสธสมมติฐาน H_0
H_0 : $\rho = 0$ H_1 : $\rho \neq 0$	เมื่อ $t > t_{1-\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $t < t_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ที่องศาอิสระ n-1 หรือ Significance ของ t น้อยกว่า ระดับนัยสำคัญที่กำหนด • ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด •ถ้ายอมรับ H_0 : $\rho = 0$ สรุปได้ว่า Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด
H_0 : $\rho \leq 0$ H_1 : $\rho > 0$	เมื่อ $t > t_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ n-1 หรือ เมื่อ $\frac{\text{Significance ของ t}}{2}$ < ระดับนัยสำคัญที่กำหนด และ t มีค่าเป็นบวก •ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น และความสัมพันธ์เป็นบวก ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด •ถ้ายอมรับ H_0 : $\rho \leq 0$ หมายถึง Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด
H_0 : $\rho \geq 0$ H_1 : $\rho < 0$	เมื่อ $t < t_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ n-1 หรือ เมื่อ $\frac{\text{Significance ของ t}}{2}$ > ระดับนัยสำคัญที่กำหนด และ t มีค่าเป็นลบ •ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น และความสัมพันธ์เป็นลบ ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด •ถ้ายอมรับ H_0 : $\rho \geq 0$ หมายถึง Y และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

หรืออธิบายได้ว่า

จะปฏิเสธ H_0 ถ้าค่าสถิติ t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต หมายความว่า ประชากรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าค่าสถิติ t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต หมายความว่า ประชากรทั้งสองชุดไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.7.5 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เมื่อสรุปได้ว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน สิ่งซึ่งเราสนใจในการศึกษาต่อก็คือถ้าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวหนึ่งซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าเป็น ตัวแปรอิสระ (independent variables) จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อ

ตัวแปรอีกตัวหนึ่งซึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม (dependent variables) ได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อหารูปแบบของความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปของสมการเชิงเส้น ที่เรียกว่า สมการการถดถอย (regression equation) เพื่อใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เมื่อทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ เช่น การพยากรณ์อัตรากำไรจากการขาย เมื่อทราบปริมาณการสั่งซื้อ การพยากรณ์รายได้ของบริษัทจากจำนวนพนักงานขายที่มีอยู่ การพยากรณ์จำนวนลูกค้าที่ซื้อประกันของบริษัทเมื่อทราบจำนวนคนที่พนักงานไปแนะนำ เป็นต้น

ในการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์การถดถอย ถ้าเป็นการศึกษาจากข้อมูลเพียงสองชุดที่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่มีตัวแปรตาม (dependent variable) หนึ่งตัวและมีตัวแปรอิสระ (independent variable) เพียงหนึ่งตัว และตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นเรียกว่าเป็นการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (simple regression analysis) โดยมีรูปแบบของสมการการถดถอยเป็น

$$Y = A + BX + e$$

เมื่อ

Y เป็นตัวแปรตาม

X เป็นตัวแปรอิสระ

A , B เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยที่

A คือค่าคงที่ของสมการ หรือระยะตัดแกน Y

B คือค่าความชันของสมการ

e คือค่าคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ และ e มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1

การสร้างสมการการถดถอย จะสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้จากข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากร หรือเรียกว่าเป็นสมการพยากรณ์ โดยอาศัยรูปแบบเป็น

$$\hat{Y} = a+bx+e_i$$

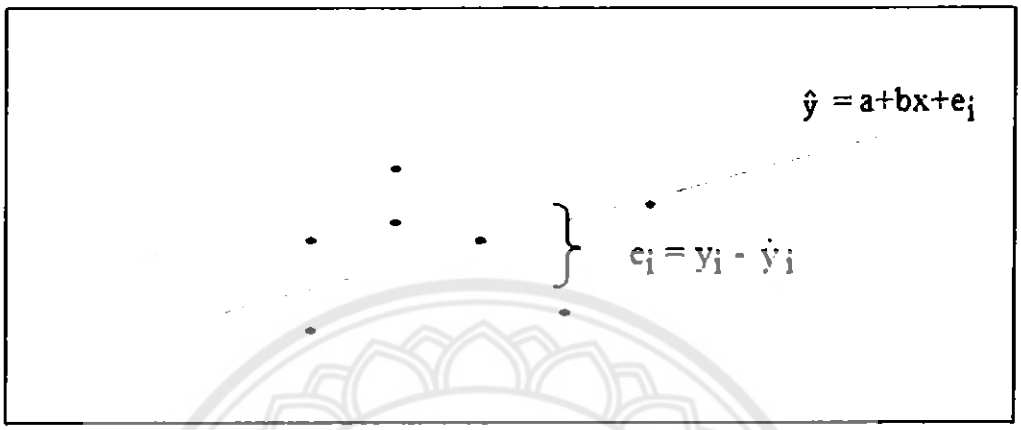
เมื่อ $\hat{Y}$ คือ ค่าประมาณของตัวแปรอิสระ Y

a คือ ค่าประมาณของพารามิเตอร์ B

b คือ ค่าประมาณของพารามิเตอร์ A

e_i คือ ค่าประมาณของค่าคลาดเคลื่อน

ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) คือกำหนดให้ผลรวมของผลต่างระหว่างค่าจริง กับค่าพยากรณ์มีค่าน้อยที่สุด พิจารณารูป



รูปที่ 2.25 แสดงค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์

ถ้าให้

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

$$e_i^2 = (y_i - \hat{y}_i)^2$$

โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะกำหนดให้ $\sum e_i^2 = 0$

ดังนั้น

$$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = 0$$

$$\sum (y_i - a - bx)^2 = 0 \qquad \text{.....(0)}$$

อาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยการหาอนุพันธ์เชิงส่วนของสมการ (0) เทียบกับค่าคงที่ a และ b จะได้สมการปกติ (normal equation) 2 สมการ คือ

$$\sum y = na + b\sum x \qquad \text{.....(1)}$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2 \qquad \text{.....(2)}$$

และจากสมการปกติทั้ง 2 หาค่าประมาณของ a และ b ได้เป็น

$$b = \frac{n\sum xy-(\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2)-(\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

2.7.5.1 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามโดยอาศัยข้อมูลจากตัวแปรอิสระ เมื่อทราบว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันโดยการสร้างสมการการถดถอยตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ ประการสำคัญที่สนใจอยากทราบต่อไปก็คือค่าพยากรณ์ที่ได้จากสมการพยากรณ์นั้นเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด หรือตัวแปรอิสระที่ใช้ในการคำนวณ สามารถพยากรณ์ตัวแปรตามได้ถูกต้องเพียงใด ซึ่งพิจารณาได้จากค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย R^2 โดย

$$R^2 = \frac{b(n\sum xy-(\sum x)(\sum y)}{n\sum y^2-(\sum y)^2}$$

เมื่อแทนค่า b จากการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายลงไปในสูตร จะได้เป็น

$$R^2 = \frac{(n\sum xy-(\sum x)(\sum y))^2}{(n\sum x^2-(\sum x)^2)(n\sum y^2-(\sum y)^2)}$$

$$= r^2$$

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่คำนวณได้ ก็คือค่ากำลังสองของสหสัมพันธ์อย่างง่ายของข้อมูลทั้งสองชุดนั่นเอง

โดยปกติค่า R^2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 โดยที่

ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 ก็คือมีความแม่นยำในการพยากรณ์สูง อันเนื่องมาจากตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันมาก

แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 กล่าวได้ว่าค่าพยากรณ์ที่ได้อาจเชื่อถือได้น้อย เนื่องจากตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันไม่มาก

2.7.5.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regressions) อาศัยหลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย เมื่อมีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม 1 ตัว จะกำหนดรูปแบบของสมการการถดถอยพหุคูณ เป็น

$$Y = A + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + \dots + B_kx_k$$

โดยมีรูปแบบของสมการพยากรณ์จากกลุ่มตัวอย่างเป็น

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_kx_k$$

เมื่อ $\hat{y}$ เป็นค่าประมาณของตัวแปรอิสระ Y

a เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ A หรือหมายถึงระยะตัดแกน Y

$b_1, b_2, \dots, b_k$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ $B_1, B_2, \dots, B_k$

k คือจำนวนตัวแปรอิสระในสมการ

ถ้ามีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร จะได้สมการพยากรณ์คือ

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

ในการประมาณค่าของ a, b_1 และ b_2 จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด เช่นที่ผ่านมา ซึ่งจะได้สมการปกติ (normal equation) 3 สมการเป็น

$$\sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum x_1y = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum x_2y = a \sum x_2 + b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

การประมาณค่า a, b_1, b_2 ทำได้โดยแก้สมการทั้ง 3 สมการ หรืออาจประมาณค่าโดย

ถ้ากำหนดให้

$$\sum x_1^2 = \sum x_1^2 - n\bar{x}_1^2$$

$$\sum x_2^2 = \sum x_2^2 - n\bar{x}_2^2$$

$$\sum x_1x_2 = \sum x_1x_2 - n\bar{x}_1\bar{x}_2$$

$$\sum x_1y = \sum x_1y - n\bar{x}_1\bar{y}$$

$$\sum x_2y = \sum x_2y - n\bar{x}_2\bar{y}$$

2.7.5.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ

สหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่งกับตัวแปรอื่น ที่มากกว่า 1 ตัวขึ้นไป เช่น จำนวนผู้โดยสารด้วยเครื่องบินของสายการบินหนึ่ง อาจ

ขึ้นอยู่กับ ราคาตั๋ว วันเดินทาง จำนวนเที่ยวบิน เวลาบิน ฯลฯ การคำนวณค่าสหสัมพันธ์พหุคูณค่อนข้างเป็นเรื่องยุ่งยาก เนื่องจากต้องตรวจสอบสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรทุกคู่ที่เป็นไปได้ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ที่ต้องการ ในที่นี้จะศึกษาถึงสหสัมพันธ์พหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัว (y) กับตัวแปรอิสระ 2 ตัว (x_1 และ x_2) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $r_{y.x1x2}$ หรือเขียนอยู่ในรูปอย่างง่ายโดยใช้รหัสตัวเลข เป็น $r_{y.12}$

$$r_{y.12} = \sqrt{\frac{r_{y1}^2+r_{y2}^2-2r_{y1}r_{y2}r_{12}}{1-r_{12}^2}}$$

เมื่อ

$r_{y.12}$ คือสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปร y และตัวแปร x_1, x_2

r_{y1} คือสหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร y และตัวแปร x_1

r_{y2} คือสหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร y และตัวแปร x_2

r_{12} คือสหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปร x_1 และตัวแปร x_2

2.7.5.4 การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย

ในการศึกษาถึงการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณ จะมีการประมาณค่าพารามิเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายในบทที่ผ่านมา เพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์ตัวแปรตาม จึงต้องทำการทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยการกำหนดสมมุติฐานเป็น H_0 : $B_1 = B_2 = B_3 = \dots B_k = 0$

H_1 : มีสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่เป็น 0

สถิติทดสอบคือ สถิติ F จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อจำแนกแหล่งความแปรปรวนเป็น

ความแปรปรวนรวม(SST) = $\sum y^2$

= $\sum y^2 - n\bar{y}^2$

ความแปรปรวนอื่นๆ(SSE) = $\sum e_i^2$

= $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$

ความแปรปรวนของเส้นถดถอย(SSR) = SST – SSE

จะได้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนคือ

ตารางที่ 2.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน (SV)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย (MS)	F-ratio
จากเส้นถดถอย (Regression)	SSR	k	MRS=SSR/k	$\frac{MSR}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน (Error หรือ Residual)	SSE	n-k-1	MSE=SSE/(n-k-1)	
รวม(total)	SST	n-1		

และจะตัดสินใจปฏิเสธ H_0 ถ้าค่า F คำนวณ มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตารางการแจกแจงของ F ที่องศาเสรี (k , n-k-1)

ถ้าผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำไปสู่การตัดสินใจปฏิเสธ H_0 คือมีสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ (B) อย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่เป็นศูนย์ จึงต้องทำการทดสอบต่อทีละตัวแปรว่ามีสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ไม่เป็น 0 โดยใช้สถิติทดสอบ t จาก

$$t = \frac{b_i}{s_{b_i}}$$

เมื่อ

$$S_{b_i} = \frac{S}{\sqrt{(\sum x_i^2)(1-i_{i2}^2)}}$$

ขอบเขตการปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $t > t_{1-\alpha/2;n-k-1}$ หรือ $t < -t_{1-\alpha/2;n-k-1}$ หรือกล่าวว่าจะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2;n-k-1}$ หรือ significance ของสถิติ t < ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α)

2.7.5.5 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (coefficient of determination) เป็นการหาร้อยละที่ตัวแปรอิสระทั้งหมด สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม โดยคำนวณได้จาก

$$R^2 = r^2$$

หรือคำนวณได้จาก

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

เมื่อ $0 \leq R^2 \leq 1$

2.7.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความ สัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งแต่2 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ผลของการศึกษาจะให้ทราบถึง

1 ขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม

2 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม

ในการวิเคราะห์การถดถอย มักเรียกตัวแปรอิสระ ว่า ตัวทำนาย (Predictor) หรือตัวแปรกระตุ้น (Stimulus variable) ส่วนตัวแปรตาม มักเรียกว่า ตัวแปรตอบสนอง (Response variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable)

2.7.6.1 วัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอย

1. ต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมี ความสัมพันธ์กันอย่างไร ในกลุ่มตัวแปรอิสระหลายๆ ตัวนั้น ตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ตัวใดมีความสัมพันธ์สูง ตัวใดมีความสัมพันธ์น้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์ เพื่อที่จะสามารถคาดการณ์ได้ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากที่สุด เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทารกแรกเกิด กับอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของมารดา

2. ต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายตัวแปรตาม โดยรูปแบบจำลองดังกล่าวอยู่ในลักษณะสมการทางคณิตศาสตร์ เช่นศึกษาปริมาณการใช้ยาที่ส่งผลต่อความดันโลหิต

3. ต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระบางตัวที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอิสระตัวอื่นๆ ให้คงที่ เช่น ศึกษาอิทธิพลของความวิตกกังวลที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อควบคุมระยะเวลาในการทำงานติดต่อกันให้คงที่

4. ต้องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการทำนายตัวแปรตาม โดยอาจมีแบบจำลองจำนวนมากให้ตัดสินใจ

5. ต้องการทราบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับทำนายนั้น จะมีประสิทธิภาพในการทำนายได้อย่างคงเส้นคงวาหรือ ไม่ เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่างๆ กัน

2.7.6.2 ชนิดของการวิเคราะห์การถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอย มีหลายชนิด ขึ้นกับลักษณะของตัวแปรตาม รูปแบบความสัมพันธ์ และการกำหนดตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งการวิเคราะห์การถดถอยได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนตัวแปรตามเป็นจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิต ศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น (Linear model)

- การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non linear regression) เป็นการวิเคราะห์การถดถอย ที่รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอสิ ระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non – Linear model)

สำหรับเนื้อหาจะกล่าวถึงเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เท่านั้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น มี2 แบบ คือ

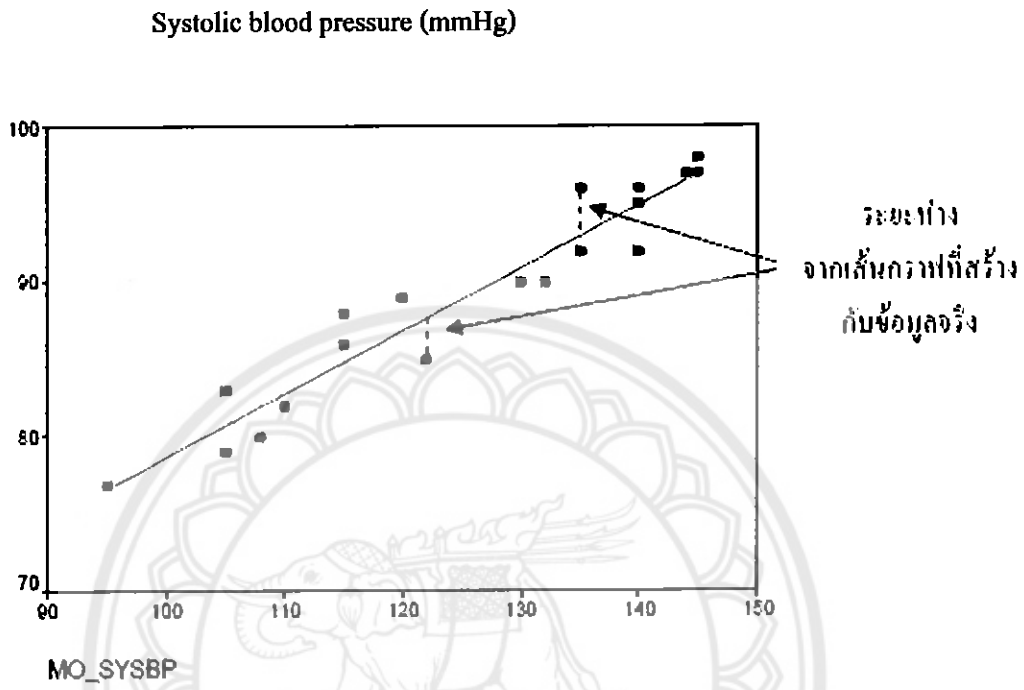
1. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระ เพียง 1 ตัว การวิเคราะห์เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เช่น การพยากรณ์ระดับ Carbon monoxide ในผู้สูบบุหรี่ เมื่อทราบปริมาณการสูบบุหรี่ต่อวัน การพยากรณ์น้ำหนักของทารก เมื่อทราบอายุของมารดา การพยากรณ์ผลการสอบปลายภาค เมื่อทราบผลการสอบกลางภาค เป็นต้น
2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ(Multiple Linear Regression)จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และ ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การวิเคราะห์เป็นการหาขนาดของความสัมพันธ์ และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ เพศ ปัญหาในการทำงาน ความขัดแย้งในครอบครัว กับ

ความรู้สึกเก็บกด ของผู้ป่วยในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง เป็นต้น

2.7.6.3 แนวคิดของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (กรณีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย) จะเป็นการนำข้อมูลจากตัวแปรที่ทำการศึกษามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์โดยใช้แผนภาพเส้นตรงแทนได้ และจะทำการหาเส้นตรงที่ดีที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนของรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา

เส้นตรงที่ดีที่สุดจะมีเพียงเส้นเดียวโดยถือหลักการว่าจะต้องมีผลรวมของระยะห่างกำลังสอง จากเส้นกราฟถึงทุก ๆจุดนั้น มีค่าน้อยที่สุด เราเรียกหลักการนี้ว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method of Least Squares)



รูปที่ 2.26 แสดงกราฟตัวอย่าง

จากเส้นตรงดังกล่าว ใช้กระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่าคงที่และสัมประสิทธิ์สมการสร้างเป็นแบบจำลองในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ เรียก สมการถดถอยเชิงเส้น หรือสมการพยากรณ์หลังจากได้แบบจำลองแล้ว จึงทำการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง เพื่อดูว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ โดยมีการทดสอบทางสถิติดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความเหมาะสมของโมเดล (เป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันหรือไม่) จะใช้สถิติทดสอบ ANOVA

2. การทดสอบค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอย ทีละตัวโดยใช้สถิติทดสอบ

3. พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบพหุ (Multiple R) และค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์(Standard Error of Estimate)

กระบวนการดังกล่าวทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบจะใช้การคำนวณและการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยการคำนวณตัวเลขเอง หรือสามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำการวิเคราะห์ให้ก็ได้

2.7.6.4 ข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

1. ตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม มีมาตรวัดเป็น Interval ขึ้นไป (อนุญาตให้ตัวแปรอิสระบางตัวมีมาตรวัดเป็น Nominal หรือ Ordinal ได้บ้าง โดยจะต้องทำการเปลี่ยนตัวแปรอิสระที่มีมาตรวัดเป็นNominal หรือ Ordinal เหล่านั้น เป็นตัวแปรหุ่น แล้วจึงทำการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้ตัวแปรหุ่นที่เกิดขึ้นแทนตัวแปรเดิมที่มี)

2. ข้อมูลของตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม จะต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

3. ตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (การเกิดความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรอิสระ เรียกว่า การเกิด Multicollinearity) *

4. ข้อมูลจะต้องไม่มีความสัมพันธ์ภายในตัวเอง

5. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ จะต้อง

5.1 มีการแจกแจงแบบปกติ (Assumption of Normality)

5.2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ0 และ

5.3 มีความแปรปรวนคงที่ (Homogeneity of Variance)

5.4 ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน (Assumption of Autocorrelation)

** เฉพาะในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ*

2.7.6.5 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

<u>แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น</u>

ตัวแปรอิสระ (X) 1 ตัว	*ตัวแปรตาม (Y) 1 ตัว*
$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$	เป็นสมการถดถอยของประชากร
$Y' = b_0 + b_1 X$	เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่าง
$Z'_Y = B_1 Z_X$	เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างในรูปคะแนนมาตรฐาน

เมื่อ

X, Z_X	เป็น ค่าของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนดิบ และคะแนนมาตรฐาน
Y	เป็น ค่าของตัวแปรตาม
Y', Z'_Y	เป็น ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตามในรูปคะแนนดิบ และคะแนนมาตรฐาน
β_0 และ β_1	เป็น ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ (ประชากร)
b_0 และ b_1	เป็น ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ (กลุ่มตัวอย่าง)
B_1	เป็น สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระในสมการ (คะแนนมาตรฐาน)
ε	เป็น ค่าความคลาดเคลื่อน

การหาค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ในสมการ

จาก Y' = b0 + b1X เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างสามารถหาค่าของ b_0 และ b_1 ได้จากสูตร

$$b_0 = \overline{Y} - b_1\overline{X} \qquad \text{และ} \qquad b_1 = r_{xy}\frac{S_y}{S_x}$$

เมื่อ $\overline{Y}, \overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปร Y และ X

r_{xy} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรX กับY

ซึ่งคำนวณได้จากสูตร $r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$

S_y, S_x เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร Y และ X

การหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์(Standard Error of Estimation)

สามารถหาได้จากสูตร

$$S_{Y,X} = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \overline{Y})^2}{n-2}} \quad \text{หรือ} \quad S_{Y,X} = S_Y\sqrt{\frac{(1-r^2)(n-1)}{n-2}}$$

การทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย

สมมติฐานของการทดสอบ

$H_0: \beta = 0$

$H_1: \beta \neq 0$

สถิติทดสอบ เป็นการทดสอบแบบสองทาง

$$t = \frac{b-\beta}{\sqrt{\frac{S_{Y,X}^2}{(n-1)S_x^2}}} \qquad , df = n-2$$

อาณาเขตวิกฤตและการสรุปผล

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า $t_{\alpha,n-2}$ ที่เปิดจากตารางหรือ t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า $-t_{\alpha,n-2}$

ช่วงความเชื่อมั่น (1-α) 100% ของการประมาณค่า Y

จากสมการถดถอย $Y' = b_0 + b_1X$ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง สามารถใช้ค่า Y' มาประมาณค่า

Y ที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อ $X = X_i$ ดังนี้

ช่วงความเชื่อมั่น (1-a) 100% ของ Y

$$Y = Y' \pm t_{\frac{\alpha}{2},n-2} \cdot S_{Y,X}\sqrt{(1+\frac{1}{n}) + \frac{(X_i-\bar{X})^2}{(n-1)S_x^2}}$$

2.7.6.6 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

ตัวแปรอิสระ (X) n ตัว	*ตัวแปรตาม (Y) 1 ตัว*
$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_n X_n + \varepsilon$	เป็นสมการถดถอยของประชากร
$Y' = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots + b_n X_n$	เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่าง
$Z'_Y = B_1 Z_{x_1} + B_2 Z_{x_2} + \ldots + B_n Z_{x_n}$	เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่าง ในรูปคะแนนมาตรฐาน

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระหลาย ๆตัว กับตัวแปรตาม ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองสมการพยากรณ์จะพิจารณาจากการมีตัวแปรอยู่ในระบบสมการ ซึ่งเรียกว่า การนำตัวแปรเข้าระบบสมการ ที่นิยมมีด้วยกัน 4 วิธี คือ

1. All Enter ถือว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม จึงนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าระบบสมการพร้อมๆกันในทีเดียว

2. Forward กำหนดให้เริ่มต้นสร้างสมการยังไม่มีตัวแปรใดอยู่ในระบบสมการ จากนั้นให้เริ่มทำการสร้างระบบสมการ โดยนำตัวแปรอิสระที่มีขนาดของอิทธิพลสูงสุด (โดยพิจารณาจากค่า Partial F ไม่ได้ดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์) เข้าไปสร้างสมการกับตัวแปรตามก่อน จากนั้นจึงนำตัวแปรอิสระเข้าระบบสมการหากพบว่าตัวแปรนั้นมีขนาดของอิทธิพลน้อย (ไม่มีนัยสำคัญ) หรือ ไม่มีอิทธิพลเลย

3. Backward กำหนดให้เมื่อเริ่มสร้างสมการมีตัวแปรอิสระทุกตัวอยู่ครบในระบบสมการ จากนั้นให้ทำการดึงตัวแปรอิสระที่มีขนาดของอิทธิพลน้อยที่สุด (ไม่มีนัยสำคัญ) ออกจากสมการทีละตัว (โดยพิจารณาจากค่า Partial F) จนกระทั่งเหลือตัวแปรในระบบสมการเฉพาะที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

4. Stepwise เป็นวิธีการที่นำตัวแปรอิสระเข้าสมการทีละตัวเช่นเดียวกับ Forward และเมื่อตัวแปรนั้นเข้าไปอยู่ในระบบสมการแล้ว จะทำการตรวจสอบย้อนกลับโดยวิธีBackward อีกทีหนึ่งในทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรีย์พร(2538) ศึกษาค่า Emission Factor และ Emission Load จากรถยนต์นั่งขนาดเล็ก ใช้น้ำมันเบนซินความจุกระบอกสูบ 1300ซีซีและ1600ซีซี และรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กใช้น้ำมันดีเซล โดยศึกษาเฉพาะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งการทดลองจะทำโดยนำรถยนต์ที่ใช้ศึกษาทั้ง12คัน ไปทดสอบตามเส้นทางที่เลือกศึกษา ในเขตพื้นที่โซน 1 ใช้ตั้งแต่เวลา 9.00 ถึง 11.00 น. จากนั้นนำรถยนต์คันเดิมทำการทดสอบตามเส้นทางที่เลือกศึกษา ในเขตพื้นที่โซน 5 ใช้ตั้งแต่เวลา 13.00 ถึง 19.00 น. ซึ่งทั้ง 2 โซน จะต้องทำการทดสอบ2 รอบต่อโซน และทำการบันทึกพารามิเตอร์ คือ ความเร็วรถยนต์ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอุณหภูมิไอเสียทุกหนึ่งนาที พบว่ารถยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากอัตราการปล่อยมลพิษจะมากขึ้น และพื้นที่การจราจรติดขัด(โซน 1)จะมีอัตราการปล่อยมลพิษจะมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการจราจรไม่ติดขัด(โซน 5) การประเมินค่า Emission Factorในเขตกรุงเทพมหานครของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากรถยนต์นั่งขนาดเล็ก คือ 1.020 g/km ,0.100 g/km และ 0.0057 g/km ขณะที่ รถบรรทุกขนาดเล็กมีค่าEmission Factor เป็น 2.15 g/km,1.04 g/km และ0.0365 g/kmตามลำดับ ประเมินค่า Emission Load ของก๊าซมลพิษที่ปล่อยจากรถยนต์ทั้งสองชนิด ซึ่งจดทะเบียนรถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้ค่า Emission Factorที่ประเมินได้ผลที่ได้เป็นดังนี้คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมามีปริมาณเท่ากับ 91,492.00 ตันต่อปี โดยปล่อยออกมาจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล 25,289.38 ต่อปี และจากรถยนต์บรรทุกเบา 66,202.62 ตันต่อปี ส่วนก๊าซก๊าซไนโตรเจนออกไซด์มีปริมาณที่ปล่อยออกมาทั้งหมด 27,824.56 ตันต่อปี โดย 2,465.50 ตันต่อปีปล่อยออกมาจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และ 25,359.06 ตันต่อปี ปล่อยจากรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณปล่อยน้อยที่สุด คือ ประมาณ 1,517.37 ตันต่อปี โดยปล่อยจากรถยนต์นั่งขนาดเล็กเพียง141.64ตันต่อปี ที่เหลือประมาณ 1,375.73 ตันต่อปี ปล่อยออกมาจากรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กใช้น้ำมันดีเซล

สุกัญญา(2541)ศึกษาการประเมินปริมาณมลพิษทางอากาศ 4 ชนิดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO)ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุภาคสารแขวนลอย (SPM) ที่ปลดปล่อยออกมาจากการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งระหว่างปี พ.ศ. 2540-2544 โดยการสร้างสมการที่เป็นตัวแทนของข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในอนาคตจากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในภาคอดีต (ปี 2533-2540) จากการศึกษาปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งระหว่างปี พ.ศ. 2541-2544 มีปริมาณเท่ากับ 22,605 ktoe, 24,440 ktoe ,26,179 ktoe และ27,824 ktoe ตามลดับ โดยภาคการขนส่งทางถนนมีสัดส่วนดับการใช้เชื้อเพลิงมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และเชื้อเพลิงที่มีการใช้มากที่สุดในภาคการขนส่งนี้คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว โดยปลดปล่อยก๊าซ

คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุภาคสารแขวนลอย (SPM) ในปีพ.ศ. 2540 มีปริมาณ1,497 พันตัน ,472 พันตัน ,198 พันตัน และ 28 พันตัน ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น1,794 พันตัน,670พันตัน,265พันตันและ36พันตัน ตามลำดับมูลค่าของมลพิษที่เกิดขึ้นจากการปลดปล่อยมลพิษทั้ง4ชนิดระหว่างพ.ศ. 2540-2544 โดยคิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,448 ล้านเหรียญสหรัฐฯ 6,483 ล้านเหรียญสหรัฐฯ, 6.9576, 483 ล้านเหรียญสหรัฐฯและ 7,362 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ตามลำดับ

ประกรณ์ (2543) ศึกษาปริมาณสารมลพิษทางอากาศบางประการบริเวณชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก โดยทำการศึกษาตลอดปีในเดือน มิถุนายน สิงหาคม พฤศจิกายน 2544 โดยมลพิษที่ทำการตรวจวัดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ตรวจวัดโดยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ (Drager Miniwarn Multi-Gass Monitor) ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์พบอยู่ในช่วง 3.22-7.12 ppm และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบอยู่ในช่วง 0.013-0.090 ppm และปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์พบอยู่ในช่วง 0.010-0.020 ppm ผลการตรวจวัดพบว่าก๊าซทุกชนิดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2538

สมพงษ์(2538) ศึกษาและเก็บข้อมูลประวัติการใช้งานรถยนต์จากหน่วยงานสาธารณสุข เขต8 รวม 5 จังหวัดพร้อมทั้งตรวจวัดมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ทั้งอากาศและเสียงรวม 471 คัน แยกเป็นประเภทเครื่องยนต์เบนซิน 187 คัน และดีเซล 284 คัน จากผลการตรวจวัดพบว่ามีจำนวนรถที่ได้มาตรฐานมลพิษทางเสียงเฉลี่ย 50% รวม4 จังหวัดยกเว้น กำแพงเพชร (มีจำนวน79.7%) ชนิดของรถยนต์ที่ใช้ขี่ห้อโตโยต้ามีจำนวนสูงสุดทั้ง5 จังหวัด ขนาดกระบอกสูบของรถยนต์ที่ใช้เป็นจำนวนมากคือ2100-2500 ซีซี อายุการใช้งานรถยนต์ไม่เกิน4ปีมีจำนวนสูงสุดทุกจังหวัด อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยมีจำนวนสูงสุดคือ 11-15 กิโลเมตร/ลิตร รถยนต์ที่มีพนักงานขับรถประจำมีจำนวนกว่า 70% ทั้ง5จังหวัด อัตราความเร็วสูงสุดที่ใช้ 121-140 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีจำนวน 3 จังหวัด ยกเว้น จังหวัดสุโขทัย และนครสวรรค์ใช้ 101-120 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากการตรวจวัดมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ทั้งอากาศและเสียงพบว่าประเภทรถยนต์เบนซิน จังหวัดที่ได้มาตรฐานมลพิษทางอากาศตั้งแต่61.9% ขึ้นไปส่วนมลพิษทางเสียงได้มาตรฐานเฉลี่ย5 จังหวัด จำนวน 52.4% ประเภทรถยนต์ดีเซลมีรถที่ได้มาตรฐานมลพิษทางอากาศเฉลี่ย 5 จังหวัด จำนวน61.3% ส่วนมลพิษทางเสียงได้มาตรฐานเฉลี่ย5 จังหวัด จำนวน 49.3%

Veli-Matti(1997) ศึกษาลักษณะของฝุ่นละอองที่เกิดจากรถยนต์ชนิดเครื่องยนต์ดีเซล ทำการศึกษาเป็นเวลา3เดือน ใช้เครื่องยนต์ Volkwagen Passsat GIL turbo-diesel เก็บตัวอย่างโดยใช้ Low-Pressure Impactor ทำการวิเคราะห์หาคาร์บอน Inorganic Ions และ Element Traces พบว่าประกอบด้วย NH_4^+,Na^+,Mg_2^+ ,Cl^-,NO_3^- และ SO_4^{2-} มีปริมาณคาร์บอน 15-20

Agus(2004) เนื่องจากในปี2010 เป็นปีที่เป็นเป้าหมายในการลดแก๊สเรือนกระจก 6% จากปี 1990 จากสนธิสัญญาเบื้องต้นโตเกียว ซึ่งมาจากการวางแผน และการกำหนดมาตรการของรัฐบาลญี่ปุ่น เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ทางนโยบาย งานวิจัยนี้กล่าวถึงผลจากการวัดค่า ไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ถูกปล่อยจากยานพาหนะในถนนจากถิ่นที่พักอาศัยในเมืองฮิโรชิม่า (มีประชากร3ล้านคน) ปริมาณรถที่สัญจรขึ้นอยู่กับชนิดรถและชนิดน้ำมันที่ใช้ในเขตทีอยู่อาศัยในเมืองฮิโรชิม่าในปี1990-2000 ได้ถูกนำเสนอและประเมินการในปี 2005-2010 โดยทั่วไป Gompertz model 3 โครงการถูกพัฒนาและการประเมินการปล่อยมลพิษอ้างอิงถึงความเป็นไปได้ในกรบรรลุผลของความสัมพันธ์ของการวัด และนโยบายในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านยานยนต์ ผลจากการทำนายแสดงให้เห็นว่า การปล่อยไนโตรเจนออกไซด์อาจจะลดลงจาก 14.7 ktonในปี 1990 ไปเป็น9.3 kton ในปี 2010 ถ้านโยบายพลังงานและพัฒนายานพาหนะของญี่ปุ่นประสบความสำเร็จ ถ้ารัฐบาลญี่ปุ่นประสบความสำเร็จเพียงเล็กน้อย มลพิษจะลดลงใกล้เคียง14 kton ซึ่งการลดมลพิษส่วนใหญ่นี้มาจากยานพาหนะที่ใช้แก๊สโซลีน ส่วนมลพิษที่เกิดจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ถูกวางโครงการไว้ว่าจะลดลงจาก 1.2 kton ในปี 1990 ให้อยู่ในช่วง 0.45-0.49 kton ในปี 2010 เนื่องจากการลดซัลเฟอร์ในน้ำมันดีเซล

Scott (2004) งานวิจัยนี้เป็นการประเมิน BC (black carbon) โดยใช้ DPM (diesel particulate matter) เป็นตัวบ่งชี้ประมาณ 50 h ของเวลาจริงโดยใช้ Aethalometer เป็นเครื่องมือวัด BC ในยานพาหนะที่วิ่งบน freewayและ arterial loop ในเมืองลอสแองเจอลิสและเมืองซาคราเมนโต้ ภาพการมองเห็นของคนขับรถได้ถูกบันทึกไว้มนวีดีโอเทปเพื่อบันทึกสภาพการจราจรสภาพการเคลื่อนที่การสังเกตของเจ้าของยานพาหนะและผลลัพธ์ที่ได้ถูกทดสอบ สำหรับความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของ BC ที่เกิดขึ้น ในยานพาหนะความเข้มข้นของ BC สูงสุดเมื่อยานพาหนะใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉพาะบริเวณที่ท่อไอเสียต่ำ ในยานพาหนะความเข้มข้นของ BC ต่ำสุดคือรถขนส่งผู้โดยสารที่ใช้ก๊าซโซลีนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงตามค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างมากเกินจากข้างต้นในรถชนิดอื่นเพราะว่ารถยนต์ดีเซลมีตัวอย่างมากเกินมนบริเวณที่ศึกษา ผลลัพธ์อาจไม่เป็นจริงในสภาพการขับรถทั่วโลก ในการคำนวณความเข้มข้นของ BC ได้ถูกแบ่งกลุ่มโดยชนิดของรถชนิดของถนนและระดับความแออัด การแบ่งกลุ่มนี้ได้ถูกทำเป็นตัวอย่างอีก ในสัดส่วนที่เป็นเศษส่วนของ VMT (vehicle mile travel) ภายใต้แต่ละสภาพของรถเหล่านั้น ประมาณ 6% ของการติดตามรถยนต์ดีเซลนำไปสู่ 23% ของการปลดปล่อย BC ในยานพาหนะ ในยานพาหนะขณะที่มี

การปลดปล่อยยังขึ้นกับความเข้มข้นของ BC ในการเปลี่ยนแปลงชั้นความสูงของถนน ในยานพาหนะการปล่อย BC มีค่าเฉลี่ย 6 μg/m ในลอสแองเจอลิสและบริเวณอ่าวเล็กๆ พื้นที่ๆมีความแออัดและพื้นที่หลักของ stat'VMT ค่าเฉลี่ย BC ที่ยานพาหนะปล่อยออกมีค่า 4 μg/m สอดคล้องกับค่าDMP ในช่วง 7-23 μg/m ขึ้นอยู่กับผลตอบรับของAethalometer ในการวัด EC และเศษส่วนของ EC ในDMP ทั้งหมดของยานพาหนะในช่วงของการปล่อย DMP ทั้งหมดอยู่ในช่วง 30-35% ของการปล่อย DMPทั้งหมดบน statewide ของพื้นที่ประชากร ดังนั้นค่าเฉลี่ยในยานพาหนะมีค่า1.5 h/day การปล่อย DPM ทั้งหมดของยานพาหนะจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Hampden (2003) การตรวจสอบโดยใช้แสงแบบใหม่ และการตรวจโดยใช้ช่วงแบบรีโมตเซนซิ่ง(remote sensing) ได้ถูกนำมาประกอบกันและใช้ในการหาปริมาณฝุ่นละออง(PM)ต่อหน่วยการเผาไหม้จากการใช้ยานพาหนะบนท้องถนน กกการหาสารไม่บริสุทธิ์โดยระบบรีโมตเซนซิ่ง (remote sensing) ใช้ในการวัดการแพร่ของ CO , NO และ HC ทั้งสองระบบนี้ใช้ในการวัดตัวอย่างรถที่ใช้แก๊สโซลีน 61,207 คัน และตัวอย่างรถที่ใช้น้ำมันดีเซล 1,180 คันในลาสเวกัส NV จาก 4/4/2000 ถึง 5/16/2002 ค่า emission factor ขึ้นอยู่กับอายุของยานพาหนะ น้ำหนักบรรทุก และชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยดูได้จากทะเบียนใบอนุญาต การวัดความเร็วและอัตราเร่งของยานพาหนะได้ถูกวิเคราะห์ emission factor โดยกำลังจำเพาะของยานพาหนะ (VSP) ค่า emission factor เฉลี่ยได้ถูกคำนวณสำหรับรถบรรทุกขนาดเล็ก(<3,863 kg[8,500 lbs]) ที่ใช้แก๊สโซลีน(LDGV) รถบรรทุกขนาดเล็กที่ใช้น้ำมันดีเซล (LDGV) รถบรรทุกขนาดใหญ่ (>3,863 kg[8,500 lbs]) ที่ใช้แก๊สโซลีน (HDGV)และรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่ใช้น้ำมันดีเซล(HVVD) LDDVและ HVVD จะปล่อย PM เป็น 25 เท่าของมวลน้ำมันเมื่อเทียบกับ LDGV และ HDGV ค่าตัวเลขของ LDGV ได้ถูกวัดอย่างมีความสัมพันธ์ระหว่าง VSP กับการปล่อย CO,NO และ HC ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อย PM และ VSP ค่า PM emission factor ของ LDGV จะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุรถเพิ่มมากขึ้น ค่า emission factor ปัจจุบันได้ถูกวัดโดยวิธีการ remote sensing เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง MOBILE 6 และ PART5 ซึ่งเป็นโมเดล สำหรับค่า HC emission factor ควรวัดในรถที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี สำหรับ MOBILE 6 ค่า CO emission factor มีค่า มากกว่าการวัด CO emission factor ของรถที่มีอายุน้อยกว่า 13 ปี ประมาณ 2 เท่าการวัดค่า NO emission factor มีค่าประมาณ 50%ดีกว่าการวัด MOBILE 6 สำหรับรถที่มีอายุ 7-15 ปี แต่จะดีเมื่อรถมีอายไม่ถึง 7 ปี PM emission factor แสดงให้เห็นว่า เพิ่มขึ้นตามอายุรถ อย่างไรก็ตาม PAST5 ใช้เฉพาะการวัด PM emission factor สำหรับ LDGV ที่มีอายุไม่เกิน 18ปีเท่านั้น ค่า PM emission factor ของ LDGV, HDGV, LDDV และ HVVD มีค่า 0.06, 0.05, 1.6 และ1.5 g/km ตามลำดับ

Fangum (2003) มวลอนุภาคขนาดเล็กที่ถูกปลดปล่อยจากยานพาหนะที่กำลังเพิ่มขึ้นนั้นส่งผลร้ายให้แก่สุขภาพซึ่งไม่นานมานี้ ได้รับการค้นพบว่าปริมาณของมวลอนุภาคขนาดเล็กที่ระเหย

ได้ ได้เพิ่มสู่จุดวิกฤตซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดสอบความเข้มข้นของอิออนจากเครื่องยนต์ของยานพาหนะรายงานการวัดเบื้องต้นของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (K-car) และเครื่องยนต์ดีเซล (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานดีเซล)ภายใต้รายงานจากการทดสอบและสำหรับเครื่องยนต์จำเพาะนี้ ค่าความเข้มข้นของอิออนทั้งหมดคือ $3.3x10^6$ cm^{-3}เกือบทั้งหมดความเข้มข้นของอิออนเล็กกว่า 3 nm จากเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและที่เหลือ $2.7x10^8$ cm^{-3}ส่วนใหญ่เป็นความเข้มข้นของอิออนใหญ่กว่า 3 nm จากเครื่องยนต์ดีเซลความแตกต่างที่ได้จากการวัดคุณสมบัติอิออนได้อธิบายในรูปผลลัพธ์ของความแตกต่างของเวลาพักของการปลดปล่อย การวัดความเข้มข้นเกิดขึ้นในช่วงการทำนายโดยใช้ thecretical model อธิบายการหมุนเวียนอิออนภายในท่อ

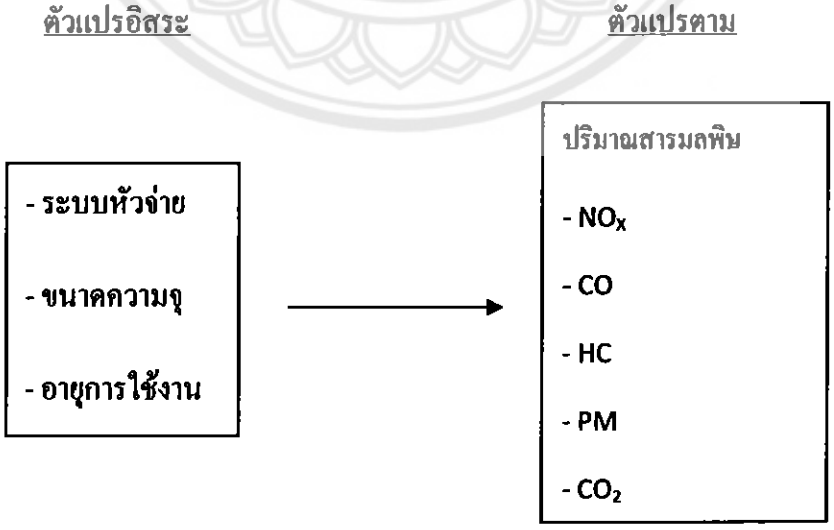
Robert (2003) รถบรรทุกขนาดเล็กส่วนบุคคล (LDGV)จำนวน39คัน ได้ถูกใช้เป็นอุปกรณ์และสังเกตสภาพการใช้งานตามสภาพจริงมากกว่า 78,000 กิโลเมตร และกว่า 9800 เที่ยวของการเดินทาง ข้อมูลที่ได้ถกยอมรับในการสนับสนุนวงรอบการขับขี่จำเพาะลักษณะกรขับขี่ น้ำหนักบรรทุก และประเภทสภาพของรถที่ใช้ในการดำเนินการ รถ LDGV จำนวน 297 คัน ได้ถูกนำมาทดสอบบนเครื่องวัดพลังงานกลโดยใช้การวิ่งวนรอบ ยานพาหนะแต่ละคันจะถูกทดสอบ 6-9 รอบ จะแตกต่างกันที่กลศาสตร์การเคลื่อนไหวที่ไม่อ้างถึงแรงหรือมวลหรืออัตราการบรรทุกการกระจายของ CO, HC, NO_X, CO_2 และการกระจายของอนุภาครวมทั้งการใช้เชื้อเพลิงได้ถูกนำมาประเมินผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงผลกระทบของความเร็ววงรอบเฉลี่ย น้ำหนักบรรทุก และการปล่อยมลพิษของรถแต่ละคัน การวัดมลพิษมีความแตกต่างน้อยมากเมื่อเทียบกับรถโดยสาร และการคำนวณมลพิษใช้ชุมชนยุโรปเป็นมาตรฐาน/Copert III model

Ya-Fen(2003) การศึกษานี้กำหนดการศึกษาลักษณะจำเพาะและความสำคัญของปริมาณโลหะที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าความเข้มข้นของธาตุบริเวณเปลือก(ประกอบด้วย Al,Ca,Fe,MgและSi) ซึ่งมีค่ามากกว่า anthropogenic ธาตุ (ประกอบด้วย AG , Ba ,Cd, Co ,Cr ,Cu ,Mn ,Mo ,Ni ,Pb ,Sb ,Ti ,V และ Zn) จากท่อไอเสียของยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้สภาพวงรอบชั่วขณะ ความเข้มข้นของการปลดปล่อยอนุภาคฝุ่นละออง ของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นสัดส่วนตรงข้ามกับการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบเครื่องยนต์ส่งผลให้ส่วนของปริมาณโลหะในฝุ่นละอองเพิ่มมากขึ้น ดำเนินการวิเคราะห์ในรูปเป็นสมการเส้นตรง (simple linear regression) เพื่อแสดงอัตราการปล่อยปริมาณโลหะในยานพาหนะกับอัตราการใช้น้ำมันดีเซลของยานพาหนะผลที่ได้จากการศึกษานี้คือ R^2=0.999 ได้เสนอแนะปริมาณโลหะของมลพิษที่ปล่อยออกจากยานพาหนะสามารถอธิบายโดยการใช้น้ำมันดีเซล สำหรับตัวอย่างประกอบเราพบว่าอัตราการปล่อยตัวอย่างมลพิษทุกปีของเปลือกและanthropogenic ธาตุจากยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซลทั้งหมด (=269,000 และ 58,700 kg yr^{-1}) ซึ่งมีค่าสูงกว่าโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน เตาเผาพลังไฟฟ้า และเตาอบถ่านโค้ก (=90,100และ1,600 kg yr^{-1} ,2,060 และ173 kg yr^{-1},60,500และ 3,740kg yr^{-1} ตามลำดับ)ใน

พื้นที่ได้หวัน มลพิษของการปล่อยปริมาณโลหะของเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าสูงมากจากค่าที่วัดได้ควรมีการควบคุมปริมาณโลหะในน้ำมันดีเซล

R.Vogt[8] (2002) เครื่องยิงลำแสงอนุภาคมลเดียว(LAMPASA-2)ได้ถูกนำมาใช้ที่ Autobahn (ถนนไฮเวย์ที่ความเร็วสูงที่มีการจราจรของเครื่องยนต์ดีเซลบรรทุกหนัก) ในตัวเมืองและย่านชนบทในบริเวณใกล้เคียง Aachen (ประเทศเยอรมัน) ลำแสงอนุภาคมวลเดียวสามารถแยกได้เป็น 8 ชนิด แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของชนิดแร่ประกอบอนุภาค เกลืออนินทรีย์ของอนุภาคควันที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนของอนุภาค ทั้ง 3 สถานที่นี้รูปแบบลักษณะเฉพาะของอนุภาดีเซลที่ถูกปล่อยออกทั้งที่มีและไม่มีสารประกอบเชิงซ้อน(แอมโมเนีย ซัลเฟต ไนเตรต)ได้ถูกสังเกตด้วยความสัมพันธ์ของอนุภาคเขม่าดีเซลขนาด 0.5 μmมีค่า 23% และ 35% ที่ย่านชนบทและ Autobahn site ตามลำดับในย่านของชุมชนอนุภาคดีเซลที่ถูกปล่อยออกมีค่าอยู่ในช่วง 10%-35% ซึ่งขึ้นกับสภาพการทำงานของรถบรรทุกหนัก ธาตุคาร์บอนและอนุภาคของสารประกอบคาร์บอนส่วนใหญ่มีอนุภาคขนาด 0.5 μm และแสดงลดลงเป็นอัตราส่วนจนถึงขนาดอนุภาค 2 μm ตามที่คาดหมายอนุภาคแร่ที่ได้จากดินแสดงให้เห็นว่ามีการกระจายขนาดในทางตรงกันข้าม ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้อ้างอิงรูปแบบจากการปล่อยอนุภาคของรถบรรทุกขนาดเล็กทุกขั้นตอน พบว่าชนิดของอนุภาคดีเซลที่ถูกปล่อยออกมามีความคล้ายกันอย่างไรก็ตามตัวสุทธิบางตัวก็ยังแตกต่างกันเครื่องมือยิงลำแสงอนุภาคมวลเดียวได้แสดงให้เห็นว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของอนุภาคฝุ่นถ้ามีลักษณะของลำแสงอ้างอิงที่เหมาะสม

กรอบแนวคิดของงาน



บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 นำข้อมูลมลพิษจากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษตั้งแต่ปี 2547 – 2548 โดยมีการเก็บข้อมูลจากการทดสอบรถยนต์ดีเซล ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของรถยนต์

- ยี่ห้อรถยนต์
- รุ่นของรถยนต์
- ทะเบียนรถยนต์
- ขนาดความจุของกระบอกสูบ
- อายุการใช้งาน
- น้ำหนักของรถยนต์
- ระยะทางการใช้งาน

3.1.2 ข้อมูลด้านมลพิษ

3.1.2.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

3.1.2.2 ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

3.1.2.3 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

3.1.2.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

3.1.2.5 ฝุ่นละออง (PM)

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวโน้มของปริมาณสารมลพิษ

3.2.1 โดยเทียบกราฟระหว่างขนาดความจุของกระบอกสูบที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

โดยแบ่งขนาดความจุของกระบอกสูบเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดความจุของกระบอกสูบที่ไม่เกิน 2500, 2800 และ3000 cc.

3.2.2 โดยเทียบกราฟระหว่างอายุการใช้งานที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

โดยแบ่งช่วงอายุการใช้งานออกเป็น

- 1-5ปี
- 5-10ปี
- 10-15 ปี
- 15 ปีขึ้นไป

3.2.3 โดยเทียบกราฟระหว่างสารมลพิษที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

โดยแบ่งสารมลพิษออกเป็น HC, NO_x , CO, CO_2 และPM

3.3 ทำสมการความสัมพันธ์ของสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection โดยใช้ความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์จัดทำเป็นสมการสารมลพิษ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

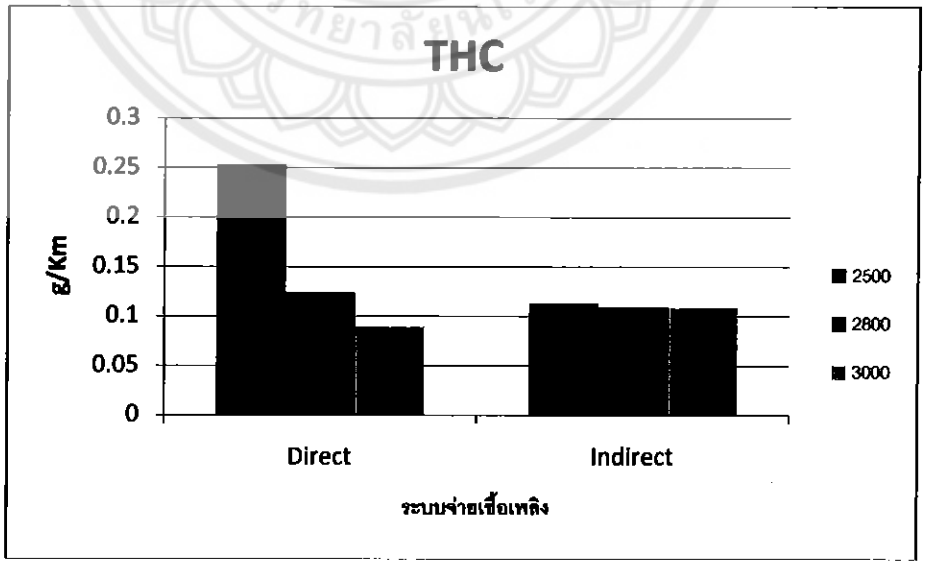
การศึกษาปริมาณสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่มีระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection และทำสมสารมลพิษจากข้อมูลการทดสอบรถยนต์จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ ได้ผล ดังนี้

4.1 แนวโน้มสารมลพิษ

สารมลพิษที่เกิดขึ้นจากระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection จากกราฟทั้งหมดที่ได้ จะเห็นได้ว่าปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ดีเซลที่มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ indirect injection ให้ปริมาณสารมลพิษน้อยกว่าระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection เนื่องจากระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ indirect injection มีห้องเผาไหม้สองห้องคือ ห้องเผาไหม้ช่วยและห้องเผาไหม้หลักทำให้เชื้อเพลิงมีการเผาไหม้หมดและสมบรูณ์ทำให้ปริมาณสารมลพิษออกมาน้อย

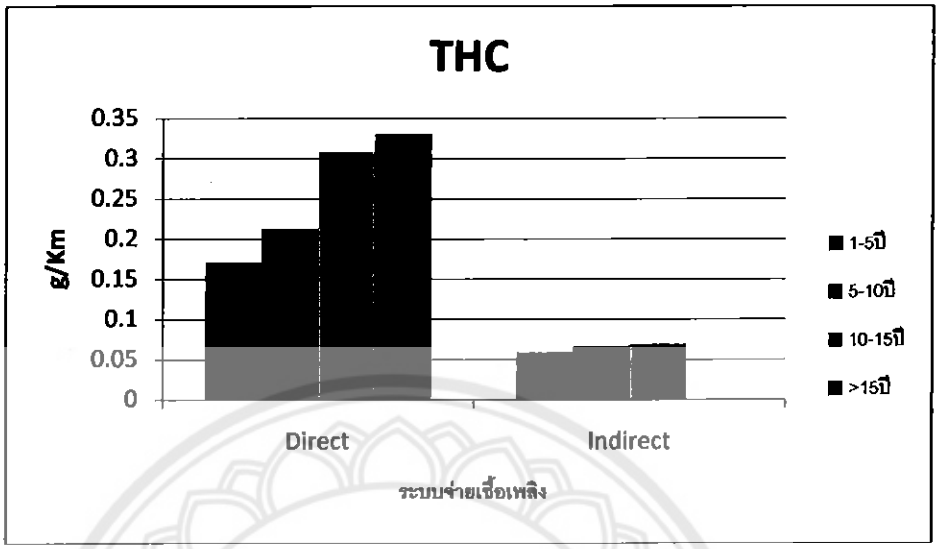
4.1.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (THC)

4.1.1.1 ไฮโดรคาร์บอน (THC) กับ ขนาดความจุของกระบอกสูบ จะเห็นได้ว่า THC มีปริมาณลดลง เนื่องจากขนาดกระบอกสูบที่ใหญ่ขึ้น ทำให้อากาศสามารถเข้าไปได้มากขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้สมบรูณ์มากขึ้นปริมาณTHC จึงมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 4.1 แสดง THC กับขนาดความจุของกระบอกสูบ

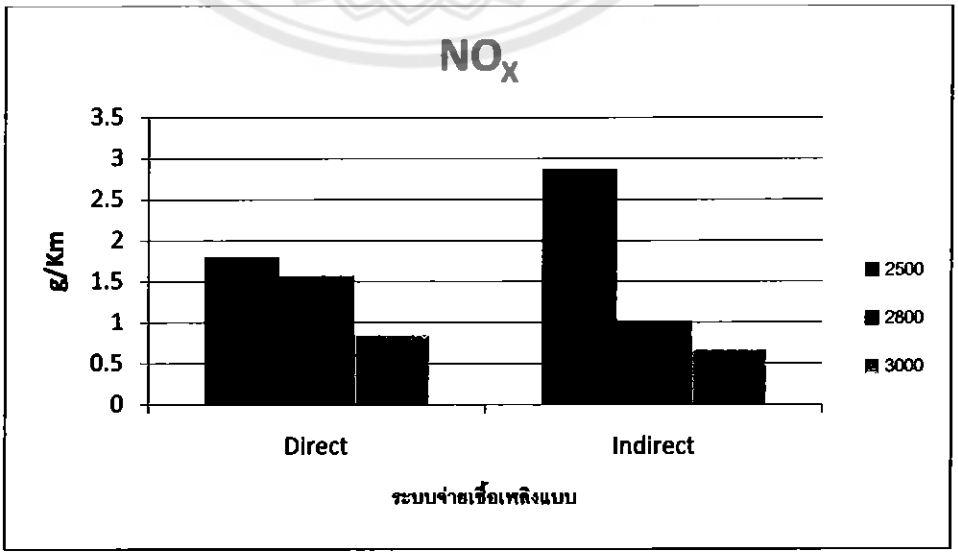
4.1.1.2 ไฮโดรคาร์บอน (THC) กับ อายุการใช้งานจะเห็นได้ว่า ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น ปริมาณ THC เพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดง THC กับอายุการใช้งานของรถยนต์

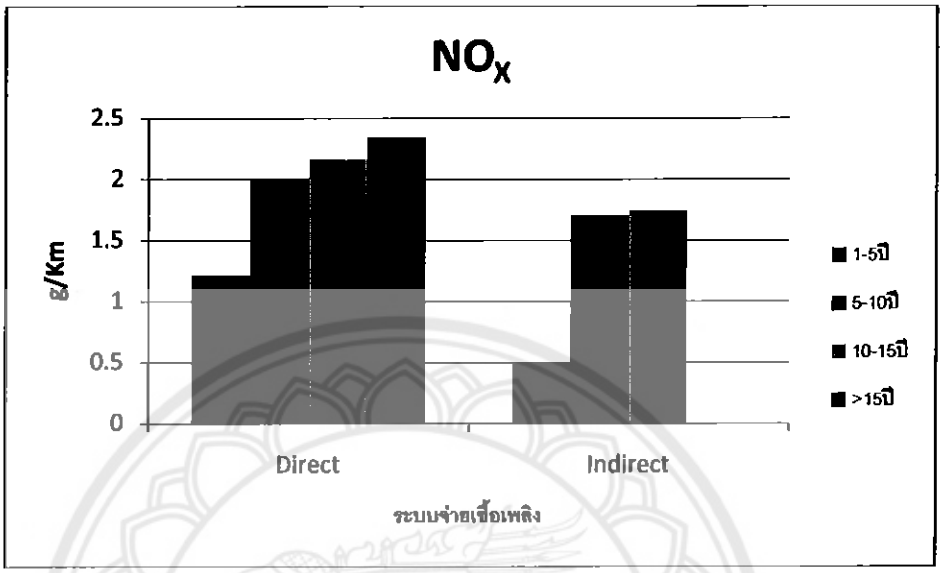
4.1.2 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

4.1.2.1 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) กับ ขนาดความจุของกระบอกสูบ จะเห็นได้ว่า ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกระบอกสูบที่มีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นแต่ขนาดความจุที่ใหญ่ขึ้นอาจทำให้อุณหภูมิที่ห้องเผาไหม้ลดลงจึงทำให้ NO_x ลดลง



รูปที่ 4.3 แสดง NO_x กับขนาดความจุของกระบอกสูบ

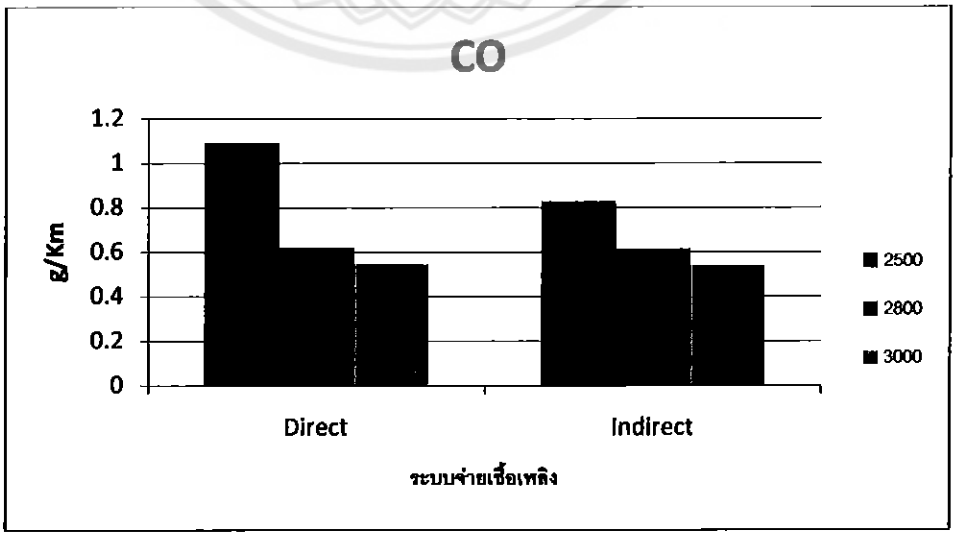
4.1.2.2 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) กับ อายุการใช้งาน จะเห็นได้ว่า NO_x มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อรถยนต์มีอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น ทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection



รูปที่ 4.4 แสดง NO_x กับอายุการใช้งานของรถยนต์

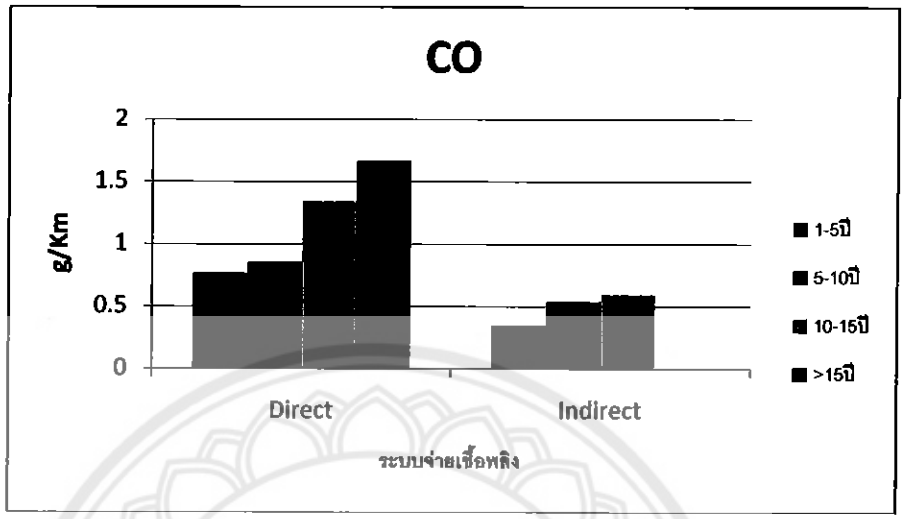
4.1.3 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

4.1.3.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับ ขนาดความจุของกระบอกสูบ จะเห็นได้ว่าเนื่องจากขนาดความจุของกระบอกสูบใหญ่ขึ้น ทำให้สามารถบรรจุอากาศได้มากขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบสมบรูณ์มากขึ้น ทำให้ CO ลดลง



รูปที่ 4.5 แสดง CO กับขนาดความจุของกระบอกสูบ

4.1.3.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับ อายุการใช้งาน จะเห็นได้ว่า CO มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น ทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection

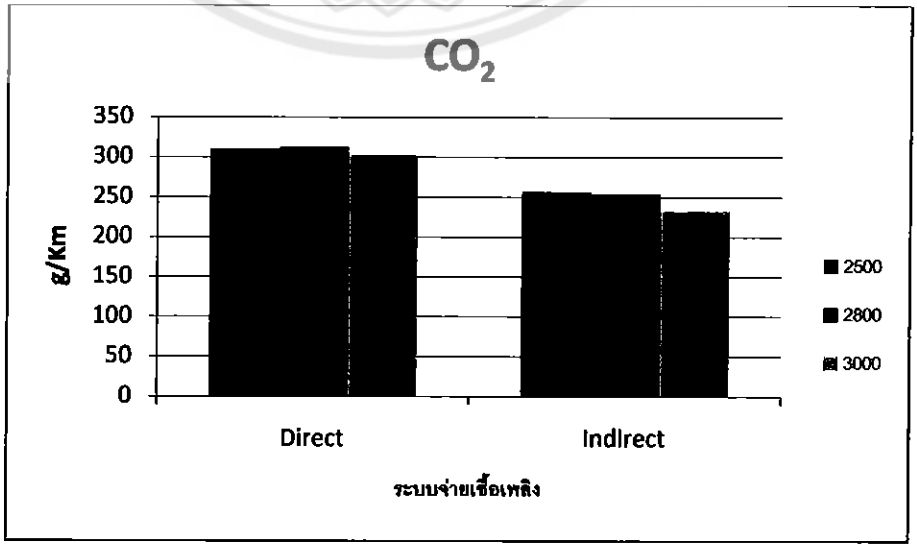


รูปที่ 4.6 แสดง CO กับอายุการใช้งานของรถยนต์

4.1.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

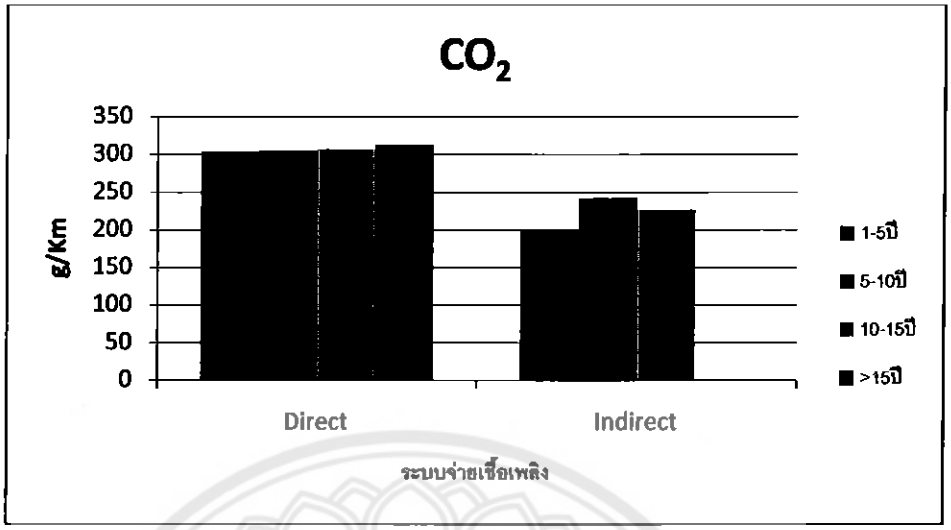
CO_2 ของทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection **ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมาก ตามขนาดความจุของกระบอกสูบและอายุการใช้งานมากขึ้น ทำให้ผลที่ได้ออกมาของแต่ละระบบไม่ค่อยแตกต่างกัน อาจแสดงได้ว่าขนาดความจุของกระบอกสูบและอายุการใช้งานไม่ค่อยมีผลต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังรูป**

4.1.4.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กับ ขนาดความจุของกระบอกสูบ



รูปที่ 4.7 แสดง CO_2 กับขนาดความจุของกระบอกสูบ

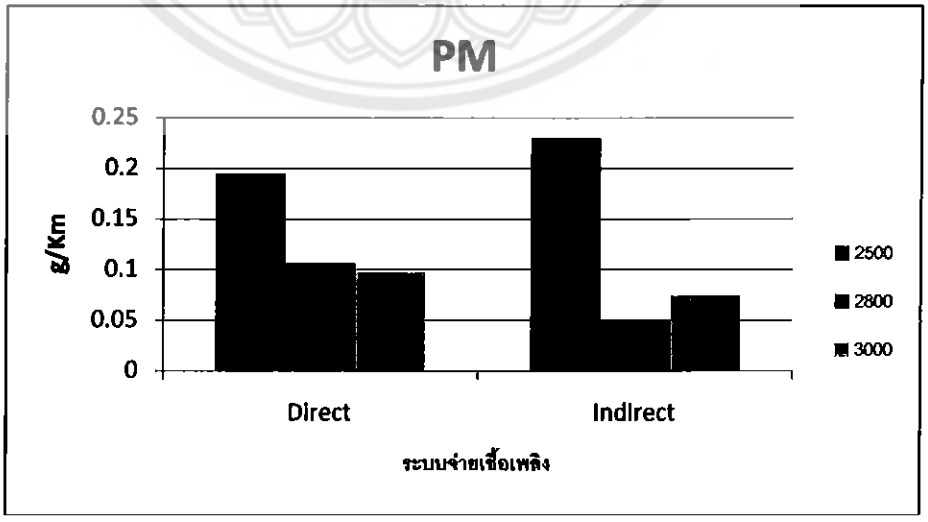
4.1.4.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กับ อายุการใช้งาน



รูปที่ 4.8 แสดง CO_2 กับอายุการใช้งานของรถยนต์

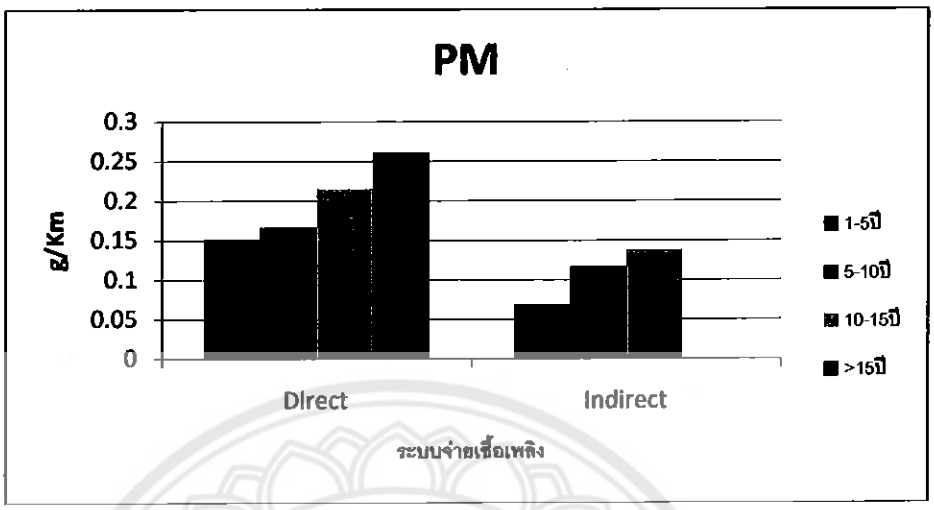
4.1.5 ฝุ่นละออง (PM)

4.1.5.1 ฝุ่นละออง (PM) กับ ขนาดความจุของกระบอกสูบ จะเห็นได้ว่า ปริมาณฝุ่นของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection มีแนวโน้มลดลงตามขนาดความจุของกระบอกสูบที่เพิ่มขึ้น แต่ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ indirect injection ที่มีค่าไม่เป็นไปตามแนวโน้ม อาจเกิดจากความผิดพลาดของข้อมูลหรือ เกิดจากรถยนต์ที่มีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาแตกต่างกันมาก จึงทำให้ปริมาณฝุ่นที่ออกมามีค่าไม่เป็นไปตามแนวโน้มระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection



รูปที่ 4.9 แสดง PM กับขนาดความจุของกระบอกสูบ

4.1.5.2 ฝุ่นละออง (PM) กับ อายุการใช้งาน จะเห็นได้ว่า ฝุ่นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.4 แสดง PMกับอายุการใช้งานของรถยนต์

4.2 สมการสารมลพิษ

4.2.1 สำหรับสมการของ Direct injection นั้น จะอธิบายดังต่อไปนี้คือ

1. ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ THC

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า R^2 ของ THC

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.441(a)	.195	.172	.2781963

a Predictors: (Constant), EMTPY, YEAR, HP, KM, CC

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ THC

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.179	.394		2.990	.003
	CC	-.001	.000	-.266	-3.182	.002
	HP	.000	.001	.013	.182	.856
	YEAR	.014	.005	.211	2.751	.007
	KM	2.536E-07	.000	.143	1.910	.058
	EMTPY	.000	.000	.089	1.073	.285

a Dependent Variable: THC

THC = 1.179 - 0.001CC + 0.014HP + 2.536E-07KM ..... (1)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ THC คือ ขนาดของกระบอกสูบ และอายุการใช้งาน ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง และ อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (1)

2.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ NO_x

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า R^2 ของ NO_x

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.587(a)	.344	.326	.7813264

a Predictors: (Constant), EMTPY, YEAR, HP, KM, CC

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ NO_X

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.203	1.107		3.796	.000
	CC	-.002	.000	-.289	-3.826	.000
	HP	.006	.002	.181	2.881	.004
	YEAR	.055	.014	.268	3.860	.000
	KM	1.474E-06	.000	.268	3.955	.000
	EMTPY	.000	.000	.090	1.208	.229

a Dependent Variable: NO_X .

$NO_X = 4.203 - 0.002CC + 0.006HP + 0.055YEAR + 1.474E\text{-}06KM$ ..... (2)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ NO_X คือขนาดของกระบอกสูบ แรงม้า อายุการใช้งาน และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง แรงม้านั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือ หากเพิ่มแรงม้าก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และจำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่งนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ(2)

3.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า R^2 ของ CO

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.426(a)	.182	.159	1.0385567

a Predictors: (Constant), EMTPY, YEAR, HP, KM, CC

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.684	1.472		3.183	.002
	CC	-.002	.001	-.314	-3.714	.000
	HP	-.001	.003	-.030	-.433	.665
	YEAR	.061	.019	.250	3.231	.001
	KM	-1.507E-07	.000	-.023	-.304	.761
	EMTPY	.001	.001	.196	2.359	.019

a Dependent Variable: CO

$$CO = 4.684 - 0.002CC - 0.001HP + 0.061YEAR - 1.507E\text{-}07KM + 0.001EMPTY \quad \ldots\ldots (3)$$

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO คือ ขนาดของกระบอกสูบ อายุการใช้งาน และน้ำหนักบรรทุกเปล่า ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และน้ำหนักบรรทุกเปล่า นั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเปล่า ก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (3)

4.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO_2

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า R^2 ของ CO_2

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.158(a)	.025	-.002	63.9824456

a Predictors: (Constant), EMTPY, YEAR, HP, KM, CC

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO_2

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	479.725	90.667		5.291	.000
	CC	-.064	.038	-.155	-1.683	.094
	HP	-.006	.170	-.003	-.036	.971
	YEAR	-1.025	1.166	-.074	-.879	.381
	KM	-2.993E-05	.000	-.081	-.980	.328
	EMTPY	.008	.033	.021	.232	.817

a Dependent Variable: CO_2

$CO_2 = 479.725 - 0.064CC - 0.006HP - 1.025YEAR - 2.993E\text{-}05KM + 0.008EMPTY$ ..... (4)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO_2 คือไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดที่มีความสัมพันธ์กับ CO_2 ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (4)

5.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ PM

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า R^2 ของ PM

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.440(a)	.194	.171	.1703154

a Predictors: (Constant), EMTPY, YEAR, HP, KM, CC

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ PM

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.845	.241		3.500	.001
	CC	.000	.000	-.321	-3.834	.000
	HP	-2.123E-05	.000	-.003	-.047	.963
	YEAR	.006	.003	.144	1.875	.062
	KM	1.703E-07	.000	.157	2.096	.037
	EMTPY	.000	.000	.155	1.874	.063

a Dependent Variable: PM

$$PM = 0.845 - 2.123E\text{-}05HP + 0.006YEAR + 1.703E\text{-}07KM \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ PM คือ ขนาดของกระบอกสูบ และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง และจำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่งนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ(5)

4.2.2 สำหรับสมการของ Indirect injection นั้น จะอธิบายดังต่อไปนี้คือ

1. ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ THC

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า R^2 ของ THC

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.801(a)	.642	.479	.0509512

a Predictors: (Constant), EMPTY, CC, KM, HP, YEAR

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ THC

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.056	1.073		1.917	.082
	CC	-.001	.000	-1.653	-2.388	.036
	HP	-.004	.004	-.433	-.917	.379
	YEAR	-.042	.017	-2.287	-2.399	.035
	KM	3.035E-08	.000	.123	.453	.659
	EMPTY	.000	.000	.350	1.232	.244

a Dependent Variable: THC

THC = 2.056 – 0.001CC – 0.004HP – 0.042YEAR + 3.035E-08KM ..... (6)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ THC คือ ขนาดของกระบอกสูบ และอายุการใช้งาน ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง และ อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (6)

2.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อNO_x

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า R^2 ของ NO_x

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.924(a)	.853	.787	.5564117

a Predictors: (Constant), EMPTY, CC, KM, HP, YEAR

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ NO_X

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	64.187	11.713		5.480	.000
	CC	-.016	.003	-2.818	-6.362	.000
	HP	-.115	.047	-.741	-2.452	.032
	YEAR	-.858	.189	-2.763	-4.530	.001
	KM	-2.130E-06	.000	-.505	-2.914	.014
	EMPTY	-.001	.001	-.109	-.600	.561

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 64.187 - 0.016CC - 0.115HP - 0.858YEAR - 2.130E\text{-}06KM - 0.001EMPTY$ ..... (7)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อNO_X คือขนาดของกระบอกสูบ แรงม้า อายุการใช้งาน และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง แรงม้านั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มแรงม้าก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง และจำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่งนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (7)

3.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า R^2 ของ CO

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.870(a)	.756	.645	.2012672

a Predictors: (Constant), EMPTY, CC, KM, HP, YEAR

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	11.988	4.237		2.829	.016
	CC	-.003	.001	-2.087	-3.655	.004
	HP	-.026	.017	-.592	-1.521	.157
	YEAR	-.218	.069	-2.496	-3.175	.009
	KM	-4.046E-08	.000	-.034	-.153	.881
	EMPTY	.001	.000	.594	2.539	.028

a Dependent Variable: CO

$$CO = 11.988 - 0.003CC - 0.026HP - 0.218YEAR - 4.046E\text{-}08KM + 0.001EMPTY \quad \ldots\ldots (8)$$

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO คือขนาดของกระบอกสูบ อายุการใช้งาน และน้ำหนักบรรทุกเปล่า ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง และน้ำหนักบรรทุกเปล่า นั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเปล่า ก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (8)

4.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO_2

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า R^2 ของ CO_2

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.870(a)	.757	.646	39.3128928

a Predictors: (Constant), EMPTY, CC, KM, HP, YEAR

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ CO_2

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	877.773	827.584		1.061	.312
	CC	-.303	.180	-.962	-1.686	.120
	HP	-1.217	3.304	-.143	-.368	.720
	YEAR	-21.132	13.388	-1.240	-1.578	.143
	KM	.000	.000	.436	1.951	.077
	EMPTY	.298	.095	.734	3.140	.009

a Dependent Variable: CO_2

$CO_2 = 877.773 - 0.303CC - 1.217HP - 21.132YEAR + 0.298EMPTY$ ..... (9)

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ CO_2 คือ อายุการใช้งาน และน้ำหนักบรรทุกเปล่า **อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มขึ้น** และน้ำหนักบรรทุกเปล่า นั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางบวก **คือหากเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเปล่า** ก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (9)

5.ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ PM

ตารางที่ 4.19 แสดงค่า R^2 ของ PM

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.922(a)	.850	.782	.0485165

a Predictors: (Constant), EMPTY, CC, KM, HP, YEAR

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ PM

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5.401	1.021		5.288	.000
	CC	-.001	.000	-2.939	-6.569	.000
	HP	-.007	.004	-.558	-1.828	.095
	YEAR	-.076	.017	-2.840	-4.610	.001
	KM	-2.259E-07	.000	-.621	-3.543	.005
	EMPTY	-9.179E-06	.000	-.014	-.078	.939

a Dependent Variable: PM

$$PM = 5.401 - 0.001CC - 0.007HP - 0.076YEAR - 2.259E\text{-}07KM - 9.179E\text{-}06EMPTY \quad .....(10)$$

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อ PM คือ ขนาดของกระบอกสูบ อายุการใช้งาน และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง ซึ่งขนาดของกระบอกสูบนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มขนาดของกระบอกสูบแล้วนั้นค่าก็จะส่งผลมีค่าลดลง อายุการใช้งานนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง และจำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่งนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางลบ คือหากเพิ่มอายุการใช้งานก็จะส่งผลให้ค่ามลพิษมีค่าที่ลดลง ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ (10)

4.2.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ ของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Direct injection โดยแสดงในรูปของ R^2

ตารางที่ 4.21 แสดงค่า R^2 ของระบบ direct injection

	THC	NO_X	CO	CO_2	PM
CC	0.069	0.109	0.065	0.001	0.075
HP	0.003	0.007	0.012	0.000	0.007
Year	0.006	0.197	0.107	0.001	0.067
km	0.083	0.182	0.071	0.014	0.097
empty weight	0.016	0.012	0.001	0.004	0.011

4.2.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรอิสระ ของระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Indirect injection โดยแสดงในรูปของ R^2

ตารางที่ 4.22 แสดงค่า R^2 ของระบบ indirect injection

	THC	NO_x	CO	CO2	PM
CC	0.095	0.508	0.011	0.118	0.299
HP	0.233	0.164	0.141	0.286	0.023
Year	0.269	0.276	0.113	0.29	0.111
km	0.011	0.001	0.004	0.012	0.029
empty weight	0.208	0.021	0.352	0.374	0.013

สำหรับสมการของ Direct injection และ Indirect injection นั้น ค่า R^2 จะบ่งบอกถึงความสามารถในการประเมินค่าความเชื่อมั่นของสมการในรูปของความสัมพันธ์ที่เทียบระหว่าง ตัวแปรอิสระ (ขนาดของกระบอกสูบ แรงม้า อายุการใช้งาน และ จำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่ง) กับตัวแปรตาม (THC NO_x CO CO_2 PM) โดยทำการเทียบทีละคู่ หากค่าที่มีค่า R^2 มากนั้นแสดงว่า มีความสัมพันธ์กันมาก หากมีค่า R^2 ที่น้อยนั้นจะแสดงว่า มีค่าความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างน้อย ในที่นี้จะยกตัวอย่างเช่น ระหว่าง NO_x กับตัวแปรอิสระ ในระบบ Indirect injection ซึ่งตัวแปรอิสระที่มีค่า R^2มากที่สุดก็คือ ขนาดของกระบอกสูบ มีค่า $R^2 = 0.508$ หรือที่ความสัมพันธ์เท่ากับ 50.8 %

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผล

การศึกษามลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection และจัดทำสมการสารมลพิษจากข้อมูลผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ โดยศึกษาเปรียบเทียบสารมลพิษจากระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และ indirect injection จะเห็นได้ว่า ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ indirect injection มีสารมลพิษน้อยกว่าระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection และเมื่อเปรียบเทียบสารมลพิษกับขนาดความจุของกระบอกสูบ THC, NO_x, CO, CO_2, PM ลดลง เมื่อขนาดความจุของกระบอกสูบเพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของรถยนต์ THC, NO_x, CO, CO_2 และ PM เพิ่มขึ้น เมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น

จากการจัดทำสมการสารมลพิษที่ทำการศึกษา โดยนำตัวแปรอิสระซึ่งได้แก่ CC, Year, Km, HP, empty weight มาจัดทำเป็นสมการสารมลพิษนั้น สรุปได้ว่า สารมลพิษและตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์กัน คือหากมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระก็จะมีผลต่อสารมลพิษ แต่ยกเว้นCO_2 ในระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ direct injection ที่เมื่อจัดทำเป็นสมการแล้ว และทำการทดสอบหาความสัมพันธ์แล้ว ไม่มีความสัมพันธ์กัน คือหากมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ นั้นจะไม่มีผลต่อสารมลพิษ สาเหตุมาจากจำนวนข้อมูลที่นำมาทำการศึกษานั้นมีจำนวนน้อย และมีค่าของข้อมูลอาจมีการกระจายตัวในช่วงที่กว้าง ทำให้ค่าที่ได้ออกมาจากการทดสอบนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน

แต่หากศึกษาแบบดูสารมลพิษหนึ่งตัวต่อตัวแปรอิสระหนึ่งตัว โดยดูว่าตัวแปรอิสระในแต่ละตัวมีผลต่อสารมลพิษหรือไม่ โดยแยกระบบจ่ายเชื้อเพลิงซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Direct injection

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ THC คือ CC, Year, Km

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ NO_x คือ CC, Year, Km

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ CO คือ CC, Year, Km

ตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลมีต่อ CO_2

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ PM คือ CC, Year, Km

ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ Indirect injection

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ THC คือ HP

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ NO_x คือ CC, Year

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ CO คือ HP, empty weight

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ CO_2 คือ HP

ตัวแปรอิสระที่มีผลมีต่อ PM คือ CC

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลที่ใช้ในเทียบกราฟและทำสมการแต่ละตัวควรให้มีข้อมูลที่มากเพียงพอและมีจำนวนที่เท่าๆกัน เพื่อให้ได้ผลจากการเปรียบเทียบใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด
2. ตัวข้อมูลควรมีการกรองข้อมูลที่ครบถ้วนและสมบูรณ์เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). **การใช้ SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ธรรมสาร จำกัด.

กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง. (2551). **เอกสารประกอบการเรียน สถิติวิศวกรรม.** ภาควิชาอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยนเรศวร.

นคร ทิพยาวงศ์. **พื้นฐานวิศวกรรมการเผาไหม้.**

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2549). **สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักท์

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล. (2544). **การตรวจวิเคราะห์มลภาวะบางประการของอากาศในเขตเทศบาลเมืองพิษณุโลก เพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน.** พิษณุโลก: โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ (2546). **งานเครื่องยนต์ดีเซล.** กรุงเทพ ฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ฝ่ายมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2538). **มลพิษทางอากาศจากรถยนต์.** กรุงเทพมหานคร.

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ. (2540). **มลภาวะอากาศ.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. (2549). **เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ทฤษฎีและการคำนวณ.** กรุงเทพ ฯ : บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ. (2544). **มลภาวะอากาศ.**(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพงษ์ สิทธิโชคเจริญชัย และ เยาวลักษณ์ วงศ์บุตรดี. (2538). **การประเมินสภาวะมลพิษทางอากาศและเสียงจากท่อไอเสียรถยนต์ของหน่วยงานสาธารณสุขเขต 8.** นครสวรรค์ : ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 8 นครสวรรค์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

สุกัญญา ตามสัญญา. (2541). **การประเมินมลพิษทางอากาศจากภาคขนส่ง** วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุรีย์พร เกิดแก่นแก้ว . (2538). **การประเมินค่า Emission factor จานยานพาหนะเขตกรุงเทพมหานคร** วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Faith W.L., and Atkisson,A.A.Jr., (1972). **Air Pollution. New York: Wiley – Interscience.**

Fruin, S.A.,Winer, A.M.,& Rodes, C.E. (2004). **Black carbon concentrations in California vehicles and estimation of in – vehicle diesel exhaust particulate matter exposures.** Atmospheric Environment.38 (2004),4123 - 4133.

Joumard,R., Andre M.,Vidon,R.,and Tassel,P.,(2003). **Characterizing real unit emission for light duty goods vehicles.** Atmospheric Environment. 37(2003),5217 – 5225.

Kermiminen,V.M., & Makela, T.E., (1997). **Characterization of Particulate phase in the exhaust form diesel car.** Environmental Science & Technology.Vol.31(7),1883 - 1889.

Kuhns,H.D.,et.al. (2003). **Remote sensing of PM, NO, CO and HC emission factors for on – road gasoline and diesel vehicles in Las Vegas, NV.** Science of the Total Environment. 322(2004), 123 – 137.

Nurrohim,A.&Sakugawa,H.(2004).**Fuel-based inventory of NO_X and SO_2 emissions from motor vehicles in the Hiroshima Prefecture.** Hiroshima: Biosphere Science Hiroshima University Japan.

Vogt R.,Kirchner,U.,Scheer,V.,Hinz,K.P.,Trimborn,A.,and Spengler,B.,(2003). **Identiflication of diesel exhaust particles at an Autobahn, urban and rural location using single-particle mass spectrometry.** Aerosol Science. 34(2003),319-337.

Wang,Y.F.,Huang,K.L.,Li C.T.,Mi,H.H.,Luo,Jin.H., and Tsai,P.J.,(2003). **Emission of fuel metal content from a diesel vehicle engine.** Aerosol Science. 34(2003),319 – 337.

Yu,F.Lanni,T.,Frank,B.P.,(2003).**Measurements of ion concentration in gasoline and diesel engine exhaust.** Atmospheric Environment. 38(2004) 1417- 1423.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลสมการ

1 สมการ direct injection

ก. THC

ก.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.262(a)	.069	.065	.2774991

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.384	.255		5.437	.000
	CC	.000	.000	-.262	-4.468	.000

a Dependent Variable: THC

THC = 1.384 + 0 CC ที่ R^2 = 0.069

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -4.468 sig = 0.000

<u>สรุป</u> เนื่องจากค่า t = -4.468 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่าTHCและ CC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.059(a)	.003	-.002	.3060640

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.347	.077		4.524	.000
	HP	-.001	.001	-.059	-.798	.426

a Dependent Variable: THC

$$THC = 0.347 - 0.001HP \text{ ที่ } R^2=0.003$$

สมมติฐาน H_0: THC และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

สถิติทดสอบ : t = -0.798 sig = 0.426

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.798 sig = 0.426 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่าTHCและ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.250(a)	.063	.059	.2784326

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.134	.032		4.204	.000
	YEAR	.014	.003	.250	4.245	.000

a Dependent Variable: THC

THC = 0.134 + 0.014 Year ที่ R^2 =0.063

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 4.245 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 4.245 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า THC และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.288(a)	.083	.080	.2753508

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.128	.030		4.340	.000
	Km	4.698E-07	.000	.288	4.950	.000

a Dependent Variable: THC

THC = 0.128 + 4.698E-07 Km ที่ R^2=0.083

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 4.950 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 4.950 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่าTHC และ Km มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.128(a)	.016	.013	.2852192

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.008	.123		-.066	.948
	EMPTY	.000	.000	.128	2.116	.035

a Dependent Variable: THC

THC = -0.008 + 0 Empty weight ที่ R^2=0.016

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 2.116 sig = 0.035

สรุป เนื่องจากค่า t = 2.116 sig = 0.035 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่าTHC และ Empty weight มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข. NO_X

ข.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.331(a)	.109	.106	.8602087

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.253	.789		7.923	.000
	CC	-.002	.000	-.331	-5.759	.000

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 6.253 - 0.002\ CC$ ที่ R^2=0.109

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ CCไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -5.759 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = -5.759 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.086(a)	.007	.002	.9509062

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.643	.238		6.902	.000
	HP	.003	.002	.086	1.178	.240

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 1.643 + 0.003$ HP ที่ R^2=0.007

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.178 sig = 0.240

<u>สรุป</u> เนื่องจากค่า t = 1.178 sig = 0.240 จึง ยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.444(a)	.197	.194	.8169658

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.071	.094		11.434	.000
	YEAR	.078	.010	.444	8.131	.000

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 1.071 + 0.078$ Year ที่ $R^2=0.197$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 8.131 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 8.131 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.426(a)	.182	.179	.8245112

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.151	.089		12.998	.000
	KM	2.201E-06	.000	.426	7.745	.000

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 1.151 + 2.201E\text{-}06$ ที่ $R^2=0.182$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t =7.745 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t =7.745 sig = 0.000 จึง ปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ Km มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับความสำคัญ = 0.05

ข.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.109(a)	.012	.008	.9060413

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.417	.390		6.192	.000
	EMPTY	.000	.000	-.109	-1.809	.072

a Dependent Variable: NO_x

$NO_x = 2.417 + 0\ .0$ empty weight ที่ R^2=0.012

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_x และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_x และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.809 sig =0.072

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.809 sig =0.072 จึง ยอมรับ H_0 หรือ NO_x และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับความสำคัญ = 0.05

ค. CO

ค.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.254(a)	.065	.061	.9673751

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.897	.888		5.517	.000
	CC	-.001	.000	-.254	-4.323	.000

a Dependent Variable: CO

CO = 4.897-0.001 CC ที่ R^2=0.065

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด α = 005

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -4.323 sig =0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = -4.323 sig =0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO และ CC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.111(a)	.012	.007	1.1283967

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.648	.283		5.834	.000
	HP	-.004	.003	-.111	-1.521	.130

a Dependent Variable: CO

$CO = 1.648 - 0.004\ HP$ ที่ $R^2=0.012$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.521 sig = 0.130

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.521 sig = 0.130จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO และ HP มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.328(a)	.107	.104	.9450681

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.543	.108		5.015	.000
	YEAR	.063	.011	.328	5.699	.000

a Dependent Variable: CO

$CO = 0.543 + 0.063\ Year$ ที่ $R^2=0.107$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: COและ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 5.699 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 5.699 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.267(a)	.071	.068	.9641112

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.679	.104		6.557	.000
	KM	1.510E-06	.000	.267	4.544	.000

a Dependent Variable: CO

$CO = 0.679 + 1.51E\text{-}06\ KM$ ที่ $R^2 = 0.071$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 4.544 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 4.544 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO และ Km มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.037(a)	.001	-.002	.9996187

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.809	.431		1.879	.061
	EMPTY	.000	.000	.037	.607	.545

a Dependent Variable: CO

CO = 0.809 + 0 empty weight ที่ R^2=0.001

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0.607 sig = 0.545

สรุป เนื่องจากค่า t = 0.607 sig = 0.545จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า COและ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง. CO_2

ง.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.031(a)	.001	-.003	63.0882063

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	340.057	57.885		5.875	.000
	CC	-.011	.022	-.031	-.504	.615

a Dependent Variable: CO2

$CO_2 = 340.057 - 0.011CC$ ที่ $R^2=0.001$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.504 sig = 0.615

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.504 sig = 0.615จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.009(a)	.000	-.005	64.0862917

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	307.392	16.047		19.156	.000
	HP	.020	.164	.009	.124	.901

a Dependent Variable: CO2

$CO_2 = 307.392 + 0.02$ HP ที่ R^2=0.00

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t =0 .124 sig =0.901

สรุป เนื่องจากค่า t =0 .124 sig =0.901 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.036(a)	.001	-.002	63.0780077

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	314.524	7.233		43.486	.000
	YEAR	-.432	.739	-.036	-.584	.559

a Dependent Variable: CO2

$CO_2 = 314.524-0.432$ Year ที่ $R^2=0.001$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.584 sig = 0.559

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.584 sig = 0.559จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน CO_2 และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.117(a)	.014	.010	62.6817175

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	321.729	6.733		47.780	.000
	KM	-4.195E-05	.000	-.117	-1.942	.053

a Dependent Variable: CO2

$CO_2 = 321.729\text{-}4.195E\text{-}05\ Km$ ที่ R^2=0.014

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.942 sig = 0.053

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.942 sig = 0.053 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Km มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.063(a)	.004	.000	62.9942139

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	283.259	27.136		10.439	.000
	EMPTY	.017	.017	.063	1.030	.304

a Dependent Variable: CO_2

$CO_2 = 283.259 + 0.017$empty weight ที่ $R^2=0.004$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.030 sig = 0.304

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.030 sig = 0.304 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ. PM

จ.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.273(a)	.075	.071	.1614086

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.879	.148		5.936	.000
	CC	.000	.000	-.273	-4.666	.000

a Dependent Variable: PM

PM= 0.879 + 0.0CC ที่ R^2=0.075

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -4.666 sig =0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = -4.666 sig =0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า PM และ CC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.081(a)	.007	.001	.1869934

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.265	.047		5.658	.000
	HP	-.001	.000	-.081	-1.099	.273

a Dependent Variable: PM

$PM = 0.265 - 0.001HP$ ที่ $R^2=0.007$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.099 sig = 0.273

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.099 sig = 0.273 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.259(a)	.067	.064	.1620442

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.120	.019		6.459	.000
	YEAR	.008	.002	.259	4.414	.000

a Dependent Variable: PM

PM = 0.12 + 0.008 Year ที่ R^2=0.067

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 4.414 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 4.414 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.311(a)	.097	.094	.1594521

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.114	.017		6.628	.000
	KM	2.958E-07	.000	.311	5.383	.000

a Dependent Variable: PM

PM = 0.114 + 2.958E-07 Km ที่ R^2=0.097

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 5.383 sig = 0.000

สรุป เนื่องจากค่า t = 5.383 sig = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Km มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.105(a)	.011	.007	.1668559

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.066	.072		.915	.361
	EMPTY	7.646E-05	.000	.105	1.741	.083

a Dependent Variable: PM

PM = 0.066 + 7.646E-05 empty weight ที่ R^2=0.011

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.741 sig =0.083

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.741 sig =0.083 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Empty weight ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2 สมการ indirect injection

ก. THC

ก.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.308(a)	.095	.034	.0693482

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.151	.228		-.661	.519
	CC	.000	.000	.308	1.253	.229

a Dependent Variable: THC

THC = -0.151+0.0CC ที่ R^2=0.095

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.253 sig = 0.229

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.253 sig = 0.229 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า THC และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.482(a)	.233	.182	.0638477

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.278	.194		-1.432	.173
	HP	.004	.002	.482	2.133	.050

a Dependent Variable: THC

THC= -0.278 + 0.004 HP ที่ R^2=0.233

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t =2.133 sig = 0.050

สรุป เนื่องจากค่า t =2.133 sig = 0.050 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า THC และ HP มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.519(a)	.269	.221	.0623056

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.193	.029		6.638	.000
	YEAR	-.009	.004	-.519	-2.351	.033

a Dependent Variable: THC

THC= 0.193 - 0.009 Year ที่ R^2=0.269

สมมติฐาน H_0: THC และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

สถิติทดสอบ : t = -2.351 sig = 0.033

สรุป เนื่องจากค่า t = -2.351 sig = 0.033 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า THC และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.105(a)	.011	-.055	.0724808

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.127	.026		4.953	.000
	KM	2.604E-08	.000	.105	.411	.687

a Dependent Variable: THC

THC= 0.127 + 2.604E-08Km ที่ R^2=0.011

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0 .411 sig = 0.687

สรุป เนื่องจากค่า t = 0 .411 sig = 0.687 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า THC และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ก.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.456(a)	.208	.155	.0648548

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.165	.152		-1.089	.293
	EMPTY	.000	.000	.456	1.986	.066

a Dependent Variable: THC

THC= -0.165 + 0.0 empty weight ที่ R^2=0.208

<u>สมมติฐาน</u> H_0: THC และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: THC และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.986 sig = 0.066

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.986 sig = 0.066 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า THC และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข. NO_X

ข.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.713(a)	.508	.476	.8720560

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	12.939	2.872		4.505	.000
	CC	-.004	.001	-.713	-3.939	.001

a Dependent Variable: NOX

NO_X= 12.939 - 0.004 CC ที่ R^2=0. 508

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -3.939 sig = 0.001

สรุป เนื่องจากค่า t = -3.939 sig = 0.001จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ CC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.405(a)	.164	.108	1.1374702

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.554	3.453		2.188	.045
	HP	-.063	.037	-.405	-1.714	.107

a Dependent Variable: NOX

$NO_X = 7.554 - 0.0634\ HP$ ที่ $R^2 = 0.164$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.714 sig = 0.107

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.714 sig = 0.107 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.526(a)	.276	.228	1.0582461

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.646	.493		1.308	.210
	YEAR	.163	.068	.526	2.393	.030

a Dependent Variable: NOX

$NO_X = 0.646 + 0.163$ Year ที่ $R^2 = 0.276$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 2.393 sig = 0.030

สรุป เนื่องจากค่า t = 2.393 sig = 0.030 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.039(a)	.001	-.065	1.2429669

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.606	.439		3.657	.002
	KM	1.623E-07	.000	.039	.149	.883

a Dependent Variable: NO_X

$NO_X = 1.606 + 1.623E\text{-}07\ Km$ ที่ R^2=0. 001

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_X และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_X และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0.149 sig = 0.883

สรุป เนื่องจากค่า t = 0.149 sig = 0.883 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า NO_X และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.145(a)	.021	-.044	1.2307464

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.279	2.879		1.139	.273
	EMPTY	-.001	.002	-.145	-.568	.579

a Dependent Variable: NOX

$NO_x = 3.279 - 0.001$ empty weight ที่ $R^2=0.021$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: NO_x และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: NO_x และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.568 sig = 0.579

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.568 sig = 0.579 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า NO_x และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค. CO

ค.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.104(a)	.011	-.055	.3471549

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.352	1.143		.307	.763
	CC	.000	.000	.104	.403	.692

a Dependent Variable: CO

$CO = 0.352 + 0.0\ CC$ ที่ $R^2 = 0.011$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0.403 sig = 0.692

สรุป เนื่องจากค่า t = 0.403 sig = 0.692 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.376(a)	.141	.084	.3234326

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.726	.982		-.740	.471
	HP	.016	.010	.376	1.571	.137

a Dependent Variable: CO

$CO = -0.726 + 0.016HP$ ที่ $R^2=0.141$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.571 sig = 0.137

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.571 sig = 0.137 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.336(a)	.113	.054	.3286795

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.993	.153		6.477	.000
	YEAR	-.029	.021	-.336	-1.384	.187

a Dependent Variable: CO

$CO = 0.993 - 0.029Year$ ที่ $R^2=0.113$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -1.384 sig = 0.187

สรุป เนื่องจากค่า t = -1.384 sig = 0.187 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.067(a)	.004	-.062	.3482471

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.835	.123		6.783	.000
	KM	-7.933E-08	.000	-.067	-.260	.798

a Dependent Variable: CO

$CO = 0.835 - 7.933E\text{-}08KM$ ที่ $R^2 = 0.004$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.260 sig =0.798

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.260 sig =0.798 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.593(a)	.352	.309	.2809148

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.055	.657		-1.606	.129
	EMPTY	.001	.000	.593	2.856	.012

a Dependent Variable: CO

$CO = -1.055 + 0.001$ empty weight ที่ $R^2=0.352$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 2.856 sig = 0.012

สรุป เนื่องจากค่า t = 2.856 sig = 0.012 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO และ Empty weight มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง. CO_2

ง.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.344(a)	.118	.059	64.0878121

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-19.522	211.094		-.092	.928
	CC	.108	.076	.344	1.417	.177

a Dependent Variable: CO_2

CO_2= -19.522 + 0.108CC ที่ R^2=0.118

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด α = 0.05

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.417 sig = 0.177

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.417 sig = 0.177 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.535(a)	.286	.238	57.6619745

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-148.961	175.057		-.851	.408
	HP	4.543	1.853	.535	2.452	.027

a Dependent Variable: CO2

CO_2= -148.961+4.543HP ที่ R^2= 0.286

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 2.452 sig = 0.027

สรุป เนื่องจากค่า t = 2.452 sig = 0.027 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ HP มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.539(a)	.290	.243	57.4985440

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	335.570	26.813		12.515	.000
	YEAR	-9.181	3.708	-.539	-2.476	.026

a Dependent Variable: CO2

$CO_2 = 335.370 - 9.181 Year$ ที่ $R^2 = 0.290$

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -2.476 sig = 0.026

สรุป เนื่องจากค่า t = -2.476 sig = 0.026 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Year มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.108(a)	.012	-.054	67.8454416

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	271.526	23.979		11.324	.000
	KM	2.497E-05	.000	.108	.421	.680

a Dependent Variable: CO_2

CO_2= 271.526 + 2.497E-05 ที่ R^2= 0.12

<u>สมมติฐาน</u> H_0: CO_2 และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0.421 sig =0.680

สรุป เนื่องจากค่า t = 0.421 sig =0.680 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ง.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.611(a)	.374	.332	54.0033769

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-97.126	126.329		-.769	.454
	EMPTY	.248	.083	.611	2.992	.009

a Dependent Variable: CO_2

CO_2 = -97.126 + 0.248 empty weight ที่ R^2 = 0.374

สมมติฐาน H_0: CO_2 และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: CO_2 และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

สถิติทดสอบ : t = 2.992 sig = 0.009

สรุป เนื่องจากค่า t = 2.992 sig = 0.009 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า CO_2 และ Empty weight มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางบวก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ. PM

จ.1 ความสัมพันธ์กับ CC

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.547(a)	.299	.253	.0898825

a Predictors: (Constant), CC

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.881	.296		2.975	.009
	CC	.000	.000	-.547	-2.531	.023

a Dependent Variable: PM

PM = 0.881 + 0 CC ที่ R^2 = 0.299

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ CC ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_i: PM และ CC มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด α = 0.05

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -2.531 sig = 0.023

สรุป เนื่องจากค่า t = -2.531 sig = 0.023 จึงปฏิเสธ H_0 หรือสรุปว่า PM และ CC มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ในทิศทางลบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.2 ความสัมพันธ์กับ HP

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.152(a)	.023	-.042	.1061304

a Predictors: (Constant), HP

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.325	.322		1.008	.329
	HP	-.002	.003	-.152	-.595	.560

a Dependent Variable: PM

PM= 0.325 - 0.002HP ที่ R^2= 0.023

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ HP มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.595 sig = 0 .560

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.595 sig = 0 .560 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ HP ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.3 ความสัมพันธ์กับ Year

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.333(a)	.111	.052	.1012494

a Predictors: (Constant), YEAR

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.078	.047		1.660	.118
	YEAR	.009	.007	.333	1.368	.192

a Dependent Variable: PM

PM = 0.078 + 0.009 Year ที่ R^2= 0.111

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Year มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 1.368 sig =0.192

สรุป เนื่องจากค่า t = 1.368 sig =0.192 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Year ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.4 ความสัมพันธ์กับ Km

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.169(a)	.029	-.036	.1058306

a Predictors: (Constant), KM

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.152	.037		4.053	.001
	KM	-6.153E-08	.000	-.169	-.665	.516

a Dependent Variable: PM

PM = 0.152-6.153E-08Km ที่ R^2= 0.029

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Km มีความสัมพันธ์กัน

กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = -0.665 sig =0.516

สรุป เนื่องจากค่า t = -0.665 sig =0.516 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Km ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จ.5 ความสัมพันธ์กับ Empty weight

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.115(a)	.013	-.053	.1066703

a Predictors: (Constant), EMPTY

Coefficients (a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.023	.250		.091	.929
	EMPTY	7.319E-05	.000	.115	.447	.662

a Dependent Variable: PM

PM = 0.023+7.319E-05 empty weight ที่ R^2= 0.013

<u>สมมติฐาน</u> H_0: PM และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: PM และ Empty weight มีความสัมพันธ์กัน

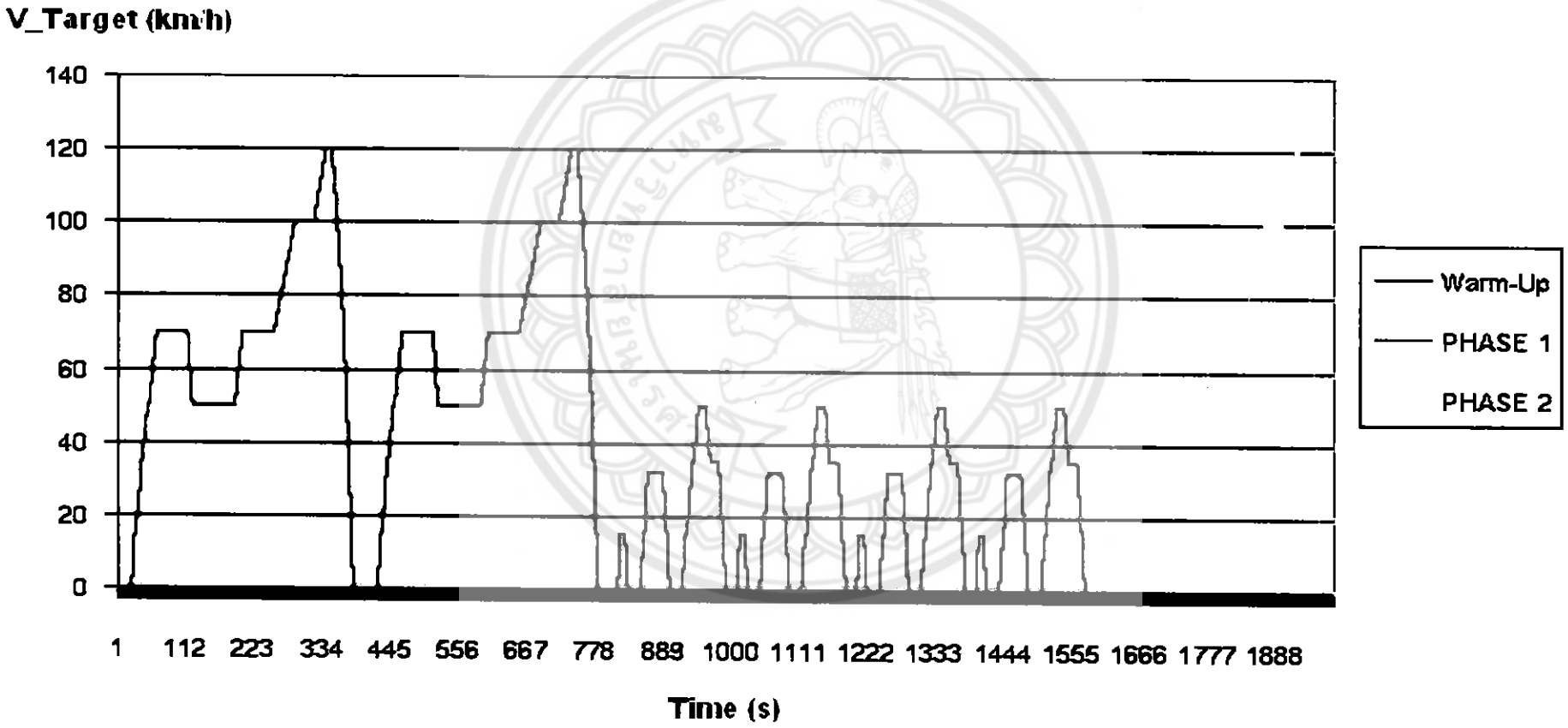
กำหนด $\alpha = 0.05$

<u>สถิติทดสอบ</u> : t = 0 .447 sig =0.662

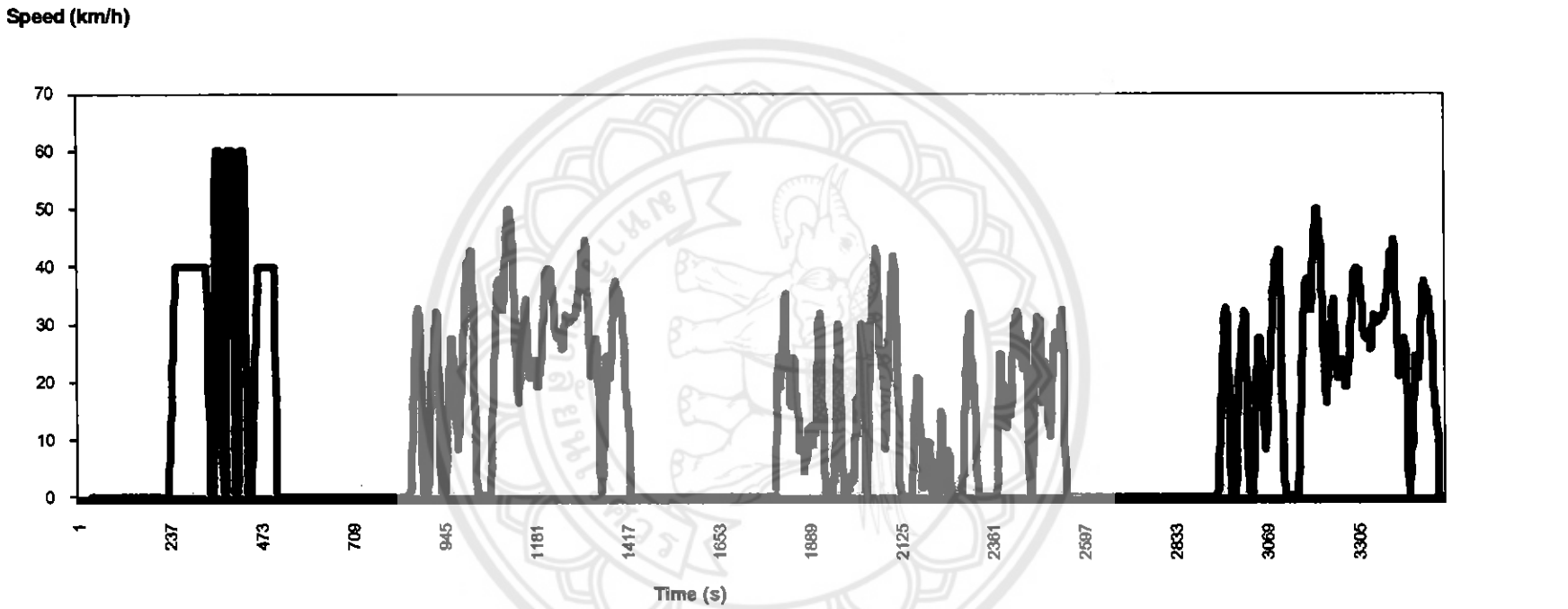
สรุป เนื่องจากค่า t = 0 .447 sig =0.662 จึงยอมรับ H_0 หรือสรุปว่า PM และ Empty weight ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาคผนวก ข

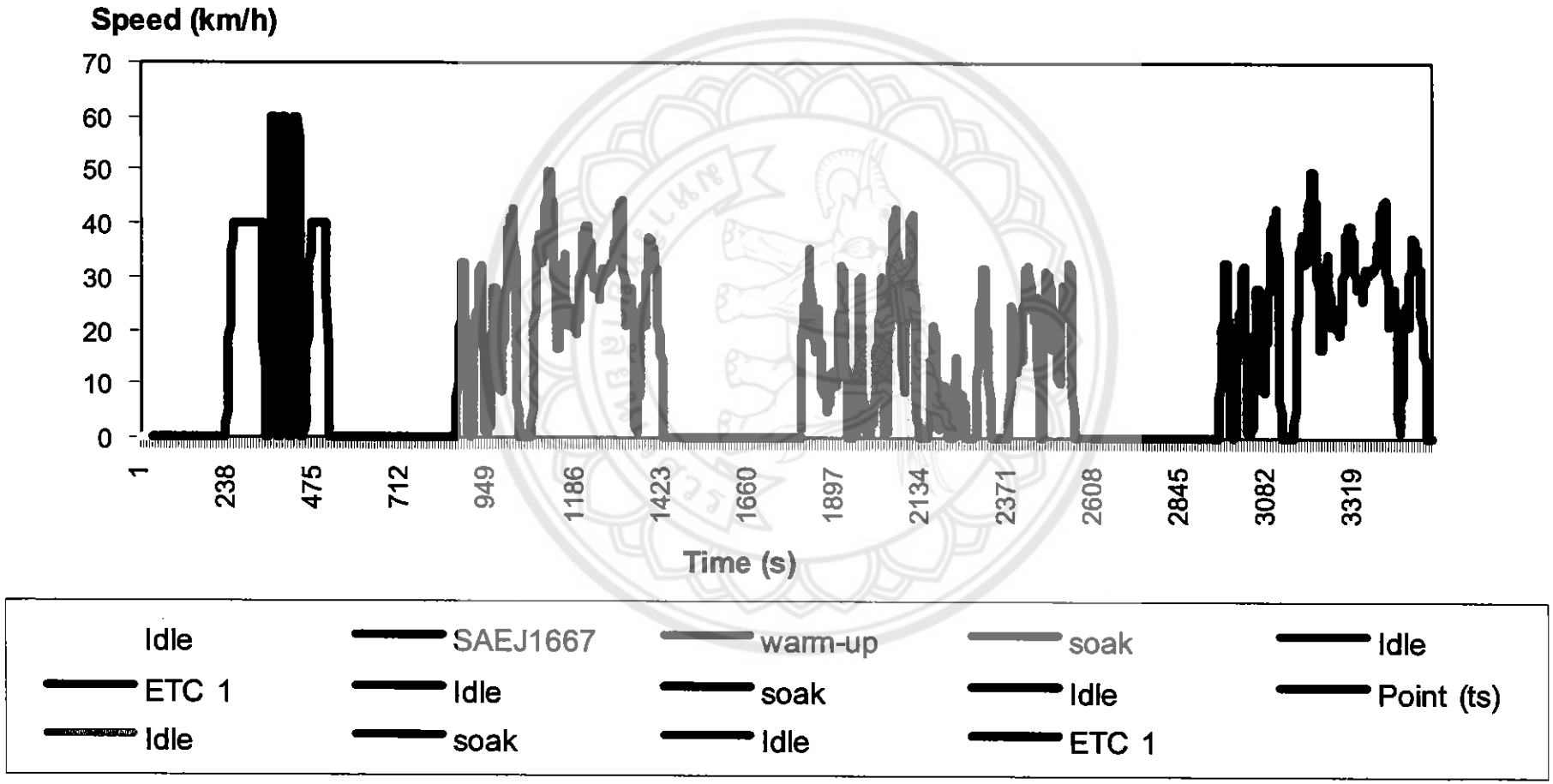
ตัวอย่างแบบจำลองการขับขี่

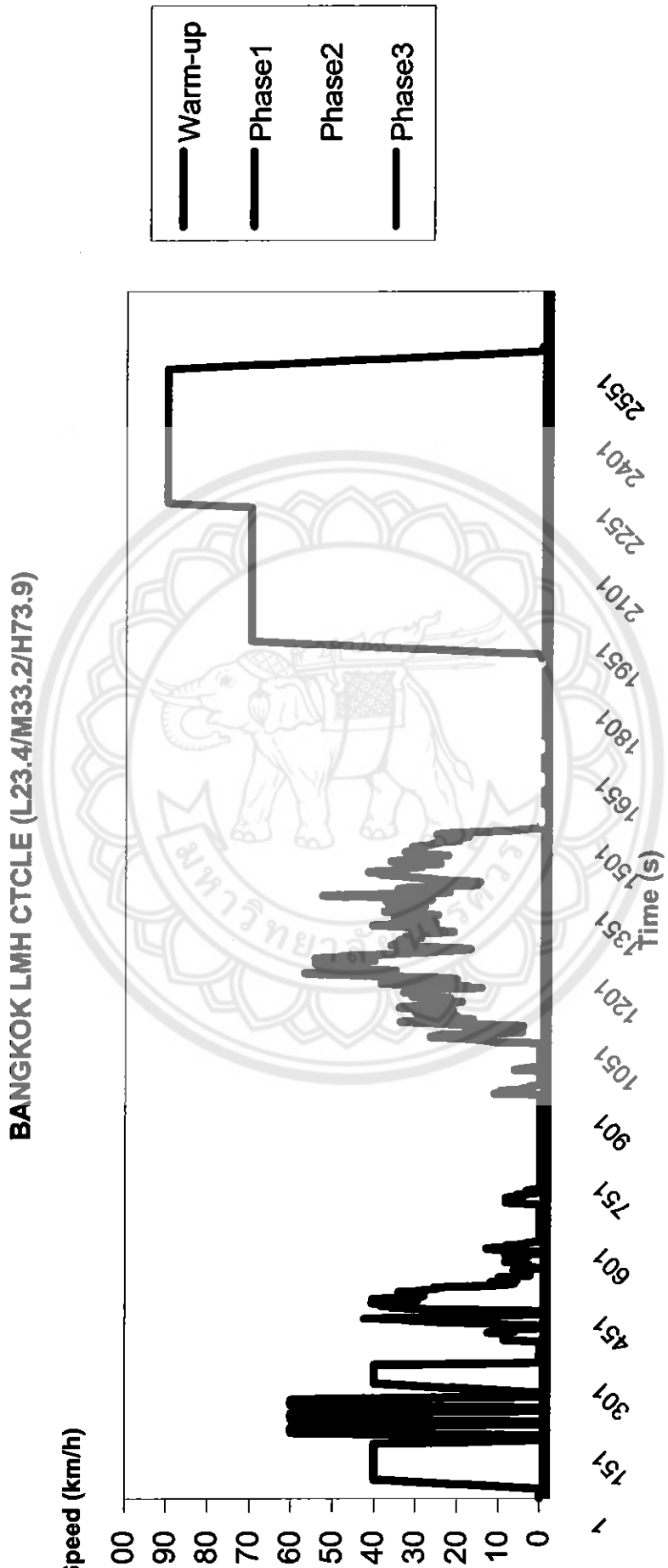

V_Target (km/h)
140
120
100
80
60
40
20
0
1
112
223
334
445
556
667
778
889
1000
1111
1222
1333
1444
1555
1666
1777
1888
Time (s)
Warm-Up
PHASE 1
PHASE 2

HDBUS2 ETC1+POINT2TS+ETC1



HD BUS2 ETC1+POINT2TS+ETC1




BANGKOK LMH CTCLE (L23.4/M33.2/H73.9)
Speed (km/h)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
151
301
451
601
751
901
1051
1201
1351
1501
1651
1801
1951
2101
2251
2401
2551
Time (s)
Warm-up
Phase1
Phase2
Phase3

ภาคผนวก ค

มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะ

มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ (เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก)							
มาตรฐาน มอก.	มาตรฐานอ้างอิง	จำนวนที่นั่ง	CO	$HC+NO_x$	HC	NO_x	วันบังคับใช้
ระดับที่ 1 (มอก. 1140-2536)	ECE R 83-C		กรัมต่อการทดสอบ				29 ม.ค. 2538
		PC ไม่เกิน 6	30-45	8-15	-	6	
		PC มากกว่า 6	58-100	19-28	-	-	
			25-45	6.50-15	-	3.50-6	
			58-110	19-28	-	-	
ระดับที่ 2 (มอก. 1285-2538)	ECE R 83-01 App.C		กรัมต่อกิโลเมตร				23 ก.พ. 2539
		PC ไม่เกิน 6	2.72	0.97	-	0.14	
			กรัมต่อการทดสอบ				
		PC มากกว่า 6	58-110	19-28	-	-	
ระดับที่ 3 (มอก. 1370-2539)	93/59/EEC		กรัมต่อกิโลเมตร				1 ม.ค. 2540
		PC ไม่เกิน 6	2.72	0.97	-	0.14	
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	0.14-0.25	
ระดับที่ 4 (มอก. 1435-2540)	DRT 94/12/EC	PC ไม่เกิน 6	1.00	0.70	-	0.08	1 ม.ค. 2542
		PC มากกว่า 6	2.72-6.90	0.97-1.70	-	0.14-0.25	
ระดับที่ 5 (มอก. 1875-2542)	DRT 96/69/EEC	PC ไม่เกิน 6	1.00	0.70	-	0.08	25 ส.ค. 2544
		PC มากกว่า 6	1.00-1.50	0.70-1.20	-	0.08-0.17	

มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ (เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก)							
มาตรฐาน มอก.	มาตรฐานอ้างอิง	จำนวนที่นั่ง	CO	HC+ NO_x	HC	NO_x	วันบังคับใช้
ระดับที่ 6 (มอก. 2155-2546)	DRT 1999/102/EC(A) [1] EURO 3		กรัมต่อกิโลเมตร				10 ม.ค. 2548
		PC ไม่เกิน 6	0.64	0.56	0.50	0.05	
		PC มากกว่า 6	0.64-0.95	0.56-0.86	0.50-0.78	0.05-0.10	
ระดับที่ 7	DRT 1999/102/EC(B) EURO 4	PC ไม่เกิน 6	0.50	0.30	0.25	0.025	อยู่ในระหว่างนำเสนอ
		PC มากกว่า 6	0.50-0.74	0.30-0.46	0.25-0.39	0.025-0.06	

หมายเหตุ : [1] เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างให้เข้มงวดมากขึ้น โดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีหลังจากติดเครื่อง

เปลี่ยนจากเดิมที่เก็บตัวอย่างหลังจากติดเครื่องเดินเบามาแล้ว 40 วินาที

มาตรฐานการระบายมลพิษจากรถใช้งาน				
ประเภทรถ	**มลพิษ**	**ค่ามาตรฐาน**	**เครื่องมือการตรวจวัด**	**วิธีการตรวจวัด**
รถยนต์ดีเซล	ควันดำ	50% 45%	ระบบกระดาษกรอง ระบบวัดความทึบแสง	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ โดยเร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง
		40% 35%	ระบบกระดาษกรอง ระบบวัดความทึบแสง	ตรวจวัดขณะรถยนต์มีภาระและอยู่บน เครื่องทดสอบ
	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูงสุด
รถยนต์เบนซิน				
- จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย. 2536	CO HC	4.5% 600 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย. 2536	CO HC	1.5% 200 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2550	CO HC	0.5% 100 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- รถยนต์เบนซินทุกประเภท	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ ความเร็วรอบสูงสุด
รถจักรยานยนต์				
- จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค. 2549	CO HC	4.5% 10,000 ppm	NDIR NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา

มาตรฐานการระบายมลพิษจากรถใช้งาน				
ประเภทรถ	**มลพิษ**	**ค่ามาตรฐาน**	**เครื่องมือการตรวจวัด**	**วิธีการตรวจวัด**
รถจักรยานยนต์				
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ก.ค. 2549	CO HC	3.5% 2,000 ppm	NDIR NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2552	CO HC	2.5% 1,000 ppm	NDIR NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
- รถจักรยานยนต์ทุกประเภท	ควันขาว	30%	ระบบวัดความทึบแสง	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ ความเร็วรอบสูงสุด
	ระดับเสียง	95 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ หรือ $^{1/2}$ ความเร็ว รอบสูงสุด
รถตุ๊ก ตุ๊ก				
	CO HC	4.5% 10,000 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระ เครื่องยนต์เดินเบา
	ระดับเสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ $^{3/4}$ หรือ $^{1/2}$ ความเร็ว รอบสูงสุด

หมายเหตุ : ให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับล่าสุด

ที่มา : 1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ง ลงวันที่ 14 มีนาคม 2550

2. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ง ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550