บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง " การศึกษาโมดการขับขี่ในกรุงเทพมหานครและมลพิษจากไอเสียรถยนต์ " ซึ่งเอกสารที่ใช้อ้างอิงในการสร้างก็คือ AIR POLLUTION AND MOTOR VEHICLE EMISSION CONTROL IN JAPAN, November 1980. ดังนั้นการทำการวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินการสร้าง Driving mode ตามการสร้างของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้มีหลากหลายสาขาด้วยกันดังนี้คือ

1. หลักสถิติพื้นฐาน
   - 1.1 Mean, Mode และ Median
   - 1.2 Standard deviation และ Variance
2. Least - square regression analysis
3. แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของรถยนต์
   - 3.1 แรงต้านทานจากอากาศ
   - 3.2 แรงต้านทานการหมุนของล้อ
4. หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดมลพิษบางชนิด
   - 4.1 เครื่อง Non Dispersive Infrared Analyzer
   - 4.2 เครื่อง Flame Ionzation Detector
   - 4.3 เครื่อง Chemiluminescent Detector

โดยที่รายละเอียดของแต่ละหัวข้อจะกล่าวต่อไปนี้เป็นแต่ละหัวข้อ

หลักสถิติพื้นฐาน

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวเฉพาะสถิติเชิงพรรณนาซึ่งก็คือ สถิติที่ใช้อธิบายถึงกลุ่มประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างประชากรได้แก่ Mean, Mode, Median, Variance และ Standard Deviation เป็นต้น

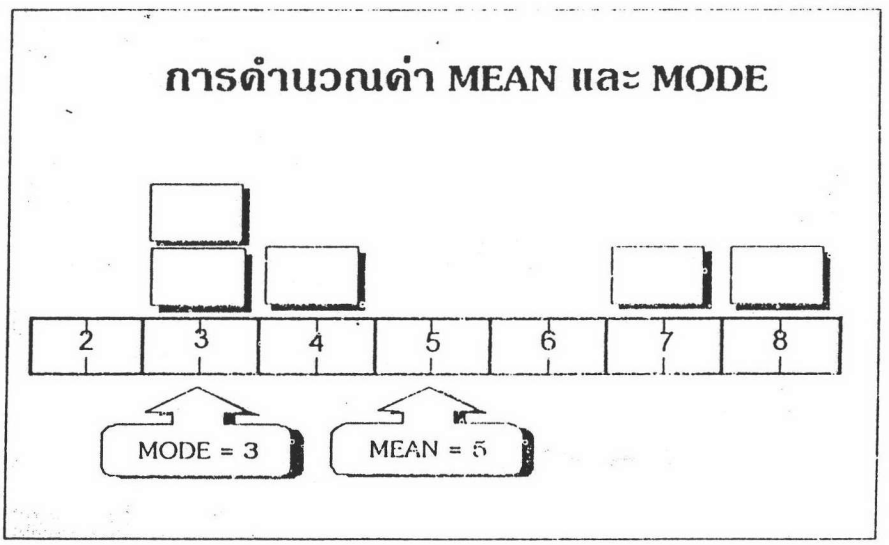
1. Mean, Mode และ Median

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือที่เรียกว่า Mean ก็คือการนำเอาค่าของชุดข้อมูลทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลดังเช่น ถ้าการสอบคณิตศาสตร์ครั้งหนึ่งมีคนสอบทั้งหมด 5 คนได้คะแนนดังนี้ 3, 4, 3, 7, 8 ดังรูปที่ 2.1

mean = (3+4+3+7+8)/ 5

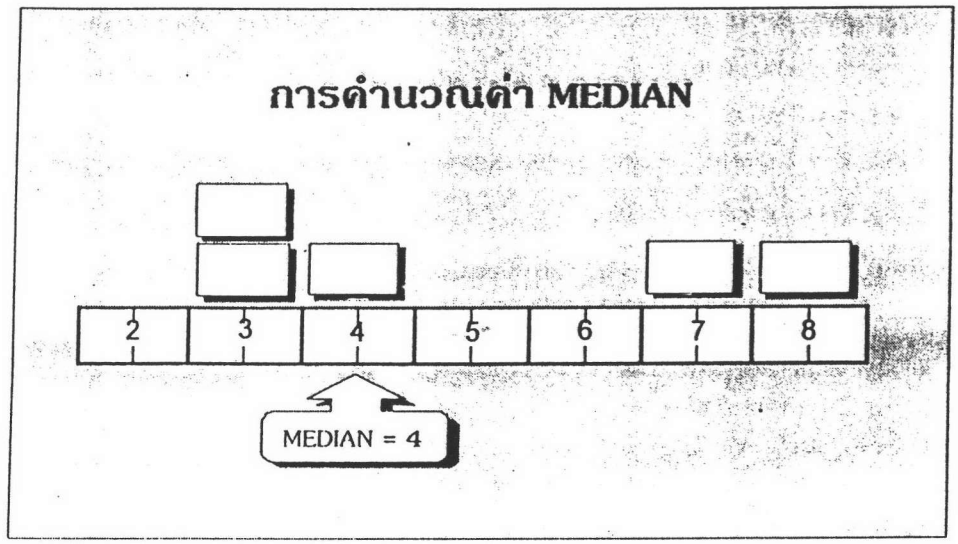
= 5

เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือ mean ของคนในกลุ่มนี้ก็คือ จุดกึ่งกลางของคะแนนทั้งหมด



รูปที่ 2.1 แสดงการหาค่า mean และ mode

สำหรับ mode ก็คือค่าของข้อมูลชุดที่มีความถี่มากที่สุด ดังนั้นในรูปที่ 2.1 ค่าของ mode ก็คือ 3 เพราะ 3 มีความถี่สูงสุด(มีข้อมูลอยู่ 2 ชุด) ถ้าเรานำตัวเลขที่ทำการศึกษาทั้งหมดมาเรียงจากน้อยไปหามาก หรือจากมากไปหาน้อยแล้ว ค่าของ median ก็คือตำแหน่งตรงกลางของข้อมูลในชุดนั้นๆ ดังเช่นรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า median ก็คือ 4 เพราะเมื่อนำข้อมูลมาเรียง 4 จะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของชุดเลข 3, 3, 4, 7, 8 ในกรณีที่เป็นตัวเลขจำนวนคู่ให้นำค่าที่อยู่กึ่งกลาง 2 ค่ามารวมกันแล้วหารด้วย 2



รูปที่ 2.2 แสดงการหาค่า median

2. Standard deviation และ Variance

Standard deviation (SD) และ Variance ก็คือลักษณะการกระจายของข้อมูลนั่นเอง ถ้าข้อมูลมีการ กระจายมาก SD ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย แต่ถ้าข้อมูลไม่มีการกระจายผลก็คือ SD จะเท่ากับ 0 สำหรับการคำนวณค่า variance หาได้จาก

$$\text{Variance} = SD^2$$

สำหรับการคำนวณ SD อาจคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$SD = \sqrt{\left(\sum_{I=1}^{N} (x_I - \bar{x}) / N \right)} \qquad (2.1)$$

เมื่อ SD คือ Standard deviation

x_I คือ ข้อมูลแต่ละตัว

$\bar{x}$ คือ ค่า mean

N คือ จำนวนข้อมูล

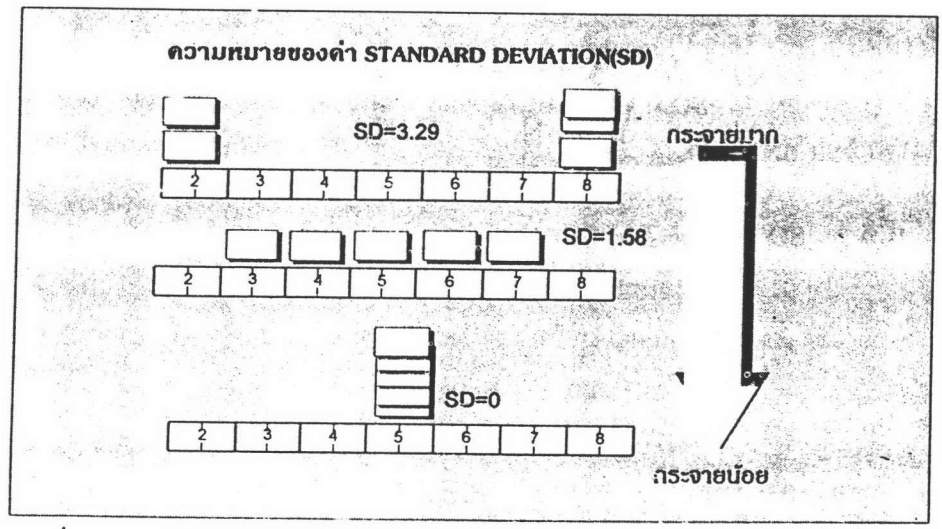
ตัวอย่างการคำนวณค่า SD และ variance ผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามกลุ่มได้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการหาค่า SD และ variance

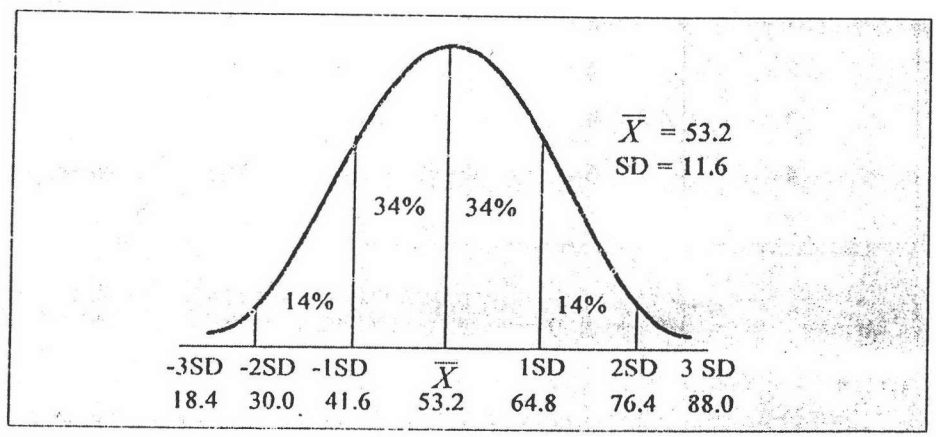
กลุ่ม / คนที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1	3	2	5
2	4	2	5
3	5	8	5
4	6	8	5
5	7	8	5
SD	1.58	3.29	0
Variance	2.50	10.80	0

เมื่อนำค่าของข้อมูลในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไปแสดงบนเส้นจำนวนพร้อมทั้งนำค่า SD มาพิจารณาก็อาจแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าค่า SD เท่ากับ 3.29 จะมีลักษณะการกระจายข้อมูลมากกว่า SD เท่ากับ 1.58 และถ้า SD เท่ากับ 0 ข้อมูลจะไม่มีการกระจาย

เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลหรือ SD ร่วมกับค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือ mean ของโค้งปกติแล้วสามารถกล่าวได้ว่าค่า mean จะอยู่กึ่งกลางของโค้งปกติ ขณะที่ SD จะบอกลักษณะการกระจายของข้อมูลครอบคลุมประมาณ 34% ของข้อมูลทั้งหมดดังนั้นถ้า mean คือ 53.2 และ SD คือ 11.6 แล้วก็สามารถวาดเส้นโค้งปกติได้ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าประมาณ 68% (34% + 34%) ของจำนวนประชากรทั้งหมดที่กำลังศึกษาจะอยู่ระหว่าง 41.6 และ 64.8 ในขณะที่ mean มีค่า 53.2



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูล



รูปที่ 2.4 โค้งปกติและค่า SD

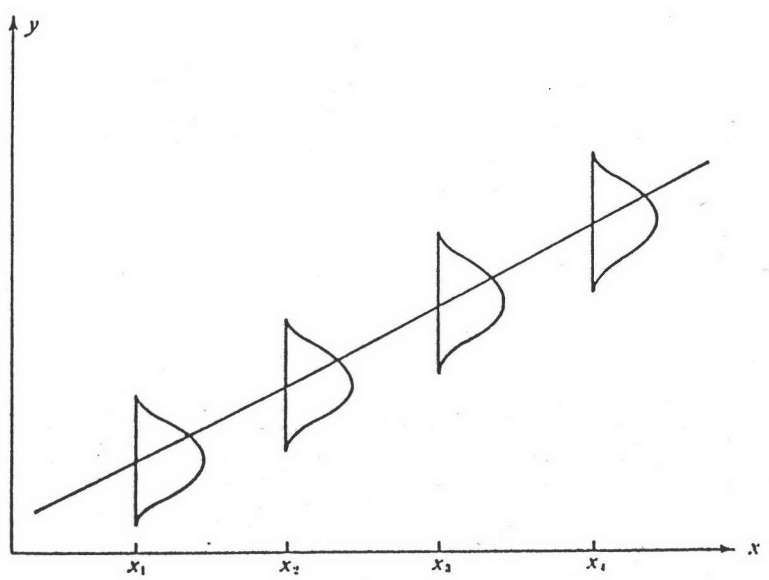
Least - square regression analysis

การสร้างสมการถดถอยโดยวิธี Regression analysis อาศัยการสร้างสมการโดยวิธีของ กำลังสองน้อยสุด (Least - square) ซึ่งเป็นการสร้างสมการที่ให้ผลของการเป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูลได้ดีมากวิธีหนึ่ง ขั้นตอนการสร้างสมการนี้จะเริ่มจากให้ y_c เป็นตัวแปรที่มีสมการเป็นสมการ polynomial m th - order ในรูปของ

$$y_C = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \ldots + a_mx^m \qquad (2.2)$$

โดยที่ y_c เป็นตัวแปรตามที่เกิดจากตัวแปรอิสระ x ซึ่งตัวแปรตาม y_cสามารถหาได้โดยตรงจากสมการที่ 2.2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลของตัวแปรอิสระจำนวน N ข้อมูลและสมการมีอันดับสูงสุด m โดยที่ m < = N-1 ดังนั้นสัมประสิทธิ์ a ต่างๆ สามารถหาโดยตรงได้จากวิธีกำลังสองน้อยสุดดังต่อไปนี้

$$d_i = y_i - y_{ci}$$



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการกระจายของ y สำหรับตัวแปรอิสระ x แต่ละตัว

โดยที่ y_{Cl} คือค่าที่ได้จากสมการ polynomial ณ. จุดข้อมูล(x_l , y_l)

$$D = \sum_{l=1}^{N} (y_l - y_{Cl})^2 \qquad (2.3)$$

เป้าหมายก็คือการลดค่า D ให้มีค่าน้อยที่สุด

หากรวมสมการที่ 2.2 และ 2.3 เข้าด้วยกันจะเขียนได้ว่า

$$D = \sum_{l=1}^{N} [y_l - (a_0 + a_1x + \ldots + a_mx^m)]^2 \qquad (2.4)$$

ต่อไปหากพิจารณาอนุพันธ์ย่อยของ D จะได้ว่า

$$dD = \frac{\partial D}{\partial a_0} da_0 + \frac{\partial D}{\partial a_1} da_1 + \ldots + \frac{\partial D}{\partial a_m} da_m$$

สิ่งที่เราต้องการคือการหาค่าน้อยสุดของผลรวมในเมตริกอนุพันธ์นั่นคือ ให้ค่า dD = 0

$$\frac{\partial D}{\partial a_0} = 0 = \frac{\partial}{\partial a_0} \{ \sum_{l=1}^{N} [y_l - (a_0 + a_1x + \ldots + a_mx^m)]^2 \}$$

$$\frac{\partial D}{\partial a_1} = 0 = \frac{\partial}{\partial a_1} \{ \sum_{l=1}^{N} [y_l - (a_0 + a_1x + \ldots + a_mx^m)]^2 \}$$

. . .

. . . (2.5)

. . .

$$\frac{\partial D}{\partial a_m} = 0 = \frac{\partial}{\partial a_m} \{ \sum_{l=1}^{N} [y_l - (a_0 + a_1x + \ldots + a_mx^m)]^2 \}$$

ซึ่งเราจะได้สมการจำนวน m + 1 สมการดังนั้นขณะนี้เราสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างได้จากการแก้สมการ โดยทั่วไปแล้วสมการ polynomial ไม่สามารถผ่านได้ทุกจุดของกลุ่มข้อมูลดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบการกระจายของข้อมูลที่ได้จากสมการและข้อมูลดิบซึ่งหาได้จากสมการ 2.6 ดังนี้

$$S_{yx} = \sqrt{\sum_{I=1}^{N} (y_I - y_{CI})^2 / \nu} \qquad (2.6)$$

ซึ่ง ν คือ degree of freedoms of the fit , $\nu = N - (m + 1)$ และ Syx คือ standard error of the fit หรือ unexplained deviation สมการ polynomial ที่ดีนั้นควรจะมีค่าของ Syx น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

สำหรับสมการหนึ่งที่เราจะใช้กันในวิทยานิพนธ์นี้ก็คือ สมการ Linear regression ซึ่งเป็นสมการเส้นตรง สำหรับสมการเส้นตรงนี้มีค่าที่สำคัญค่าหนึ่งคือ correlation coefficient , r

$$r = \sqrt{1 - S_{yx}^2 / S_y^2} \qquad (2.7)$$

โดยที่ total deviation หาได้จากสมการที่ 2.8

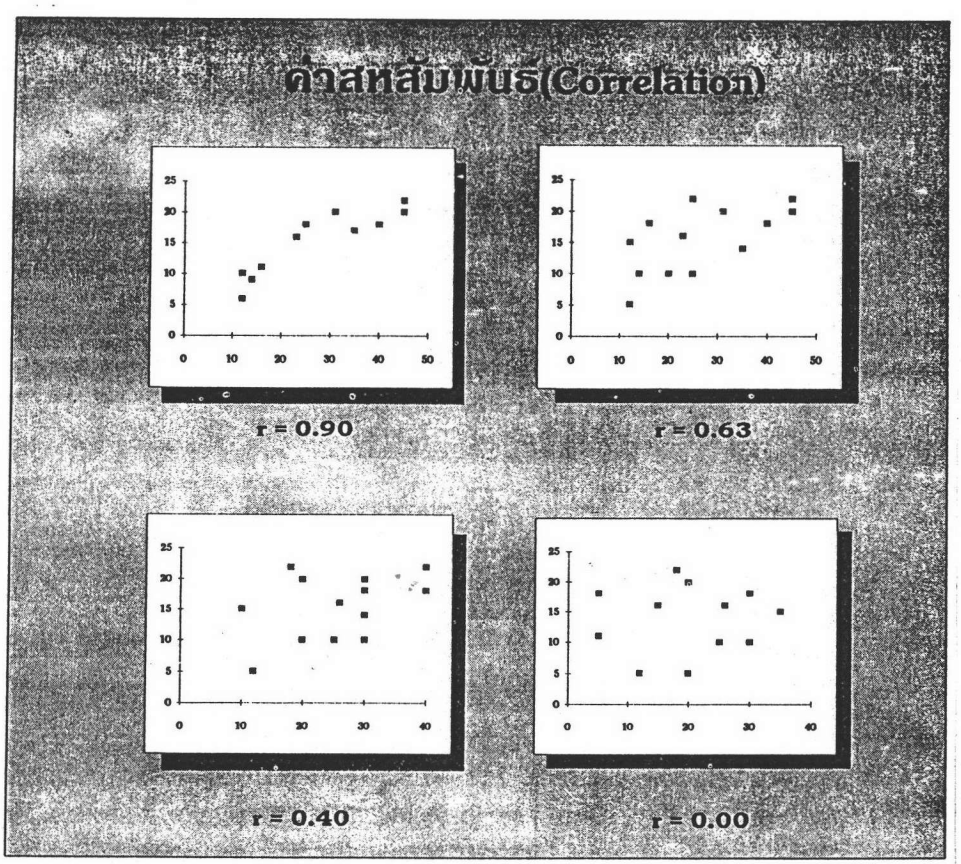
$$S_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{I=1}^{N} (y_I - \bar{y})^2 \qquad (2.8)$$

สำหรับค่า correlation coefficient, r ที่เหมาะสมสำหรับสมการเส้นตรงคือ ค่าสัมบูรณ์ของ r มากกว่า 0.8 ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2.2 สำหรับลักษณะการกระจายของข้อมูลกับค่า r สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.6 โดยปรกติแล้วเรามักจะกล่าวกันในลักษณะของค่า coefficient of determination,r^2 ด้วยเพราะจะเป็นค่าที่ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วยว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยแค่ไหน หากค่า r^2 เท่ากับ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม 100 %

ตารางที่ 2.2 แสดงความเหมาะสมของค่า r สำหรับสมการถดถอย

(SPSS/ PC+ SPSS FOR WINDOWS, 2538)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(r)	มีความสัมพันธ์
0.00 - 0.20	ไม่มี
0.20 - 0.40	ต่ำ
0.40 - 0.60	กลาง
0.60 - 0.80	ค่อนข้างสูง
0.80 - 1.00	สูง



รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระจายของข้อมูลกับค่า r น้อยกว่า 1.00

(SPSS/ PC+ SPSS FOR WINDOWS, 2538)

แรงต้านการเคลื่อนที่ของรถยนต์

ในขณะที่รถยนต์มีการเคลื่อนที่ไปบนถนนจะเกิดแรงต้านการเคลื่อนที่ขึ้น แรงต้านทานนั้นได้แก่ แรงต้านทานจากอากาศ, แรงต้านทานการหมุนของล้อ และ แรงต้านทานการขึ้นพื้นเอียง ซึ่งหากเขียนเป็นสมการจะได้ว่า

แรงต้านการเคลื่อนที่ (Road load) = แรงต้านทานจากอากาศ + แรงต้านทานการหมุนของล้อ + แรงต้านทานการขึ้นพื้นเอียง (2.9)

แต่ในการทดสอบบน Chassis dynamometer เราจะพิจารณาเพียง 2 ส่วนเท่านั้นดังสมการที่ (2.10)

แรงต้านการเคลื่อนที่ = แรงต้านทานจากอากาศ + แรงต้านทานการหมุนของล้อ (2.10)

ซึ่งเราจะทำการกล่าวถึงต่อไปว่าแรงต้านทานแต่ละตัวคือ แรงอะไรและมีค่าเท่าไร

1. แรงต้านทานจากอากาศ

เนื่องจากเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่จะต้องวิ่งแหวกอากาศออกไปดังนั้นทำให้เกิดแรงต้านทานขึ้น แต่หากรถยนต์วิ่งที่ความเร็วต่ำแรงต้านตัวนี้จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ แรงต้านทานอื่นๆ แต่กลับจะมีค่ามากขึ้นเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่เร็วมากขึ้น

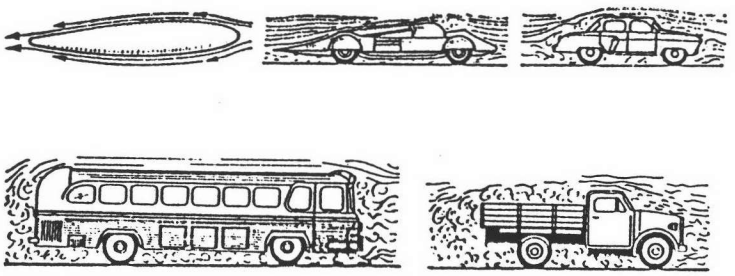
แรงต้านทานจากอากาศมี 2 ประเภทคือ

- แรงต้านทานภายนอก คือ แรงต้านทานจากอากาศภายนอกตัวถังที่รับลม
- แรงต้านทานภายใน คือ ผลของอากาศที่ไหลเข้าไปภายในตัวรถซึ่งเกิดจากอากาศที่ไหลเข้ามาทางช่องระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศภายในรถ

แรงต้านทานของอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

- แรงต้านทานของลมที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของรถขณะวิ่ง (55 - 60 %)
- พื้นที่หน้าตัดของรถ, บังโคลนและส่วนต่างๆ ที่ติดไว้ต้านลม (12 -18 %)
- แรงต้านทานจะสูงขึ้นเมื่อลมพัดผ่านหม้อน้ำและช่องว่างใต้ฝากระโปรงรถ (10 - 15 %)
- แรงต้านทานที่ผิวตัวถังรถ (8 - 10 %)

- ความแตกต่างระหว่างลมที่ข้างบนรถและส่วนล่างของรถ ซึ่งเมื่อลมพัดผ่านรถไปแล้วจะทำให้เกิดเป็นลมหมุนที่ข้างหลัง คล้ายกับว่าเป็นแรงฉุดเอาไว้ (5 - 8 %)



รูปที่ 2.7 ลักษณะของลมที่ผ่านรถรูปทรงต่างๆ (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวนั้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Ra = Cd * A * p/ 2 * V^2 \qquad (2.11)$$

โดยที่ Ra คือ แรงต้านทานจากอากาศ (N)

A คือ พื้นที่หน้าหน้าตัดของรถยนต์ส่วนที่ต้านกับอากาศ (m^2)

V คือ ความเร็วของรถยนต์ (m / s)

p คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg / m^3)

Cd คือ สัมประสิทธิแรงต้านอากาศ ประมาณ 0.3 - 0.45

การหาพื้นที่หน้าตัดของรถสามารถหาได้จากสมการที่ 2.12 และ 2.13 และสามารถมองตำแหน่งต่างๆ ได้จากรูปที่ 2.8

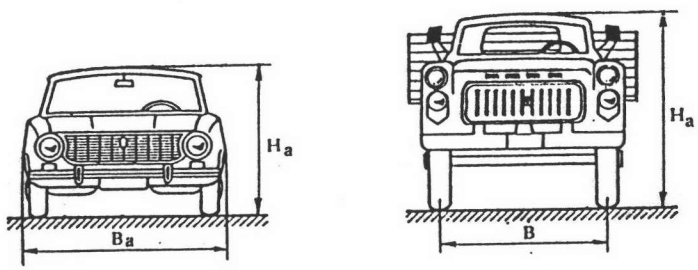
สำหรับรถบรรทุก $A = BHa$ (2.12)

สำหรับรถยนต์นั่ง $A = 0.78\ BaHa$ (2.13)

โดยที่ B คือ ช่วงกว้างของล้อ (m)

Ba คือ ความกว้างของตัวรถ (m)

Ha คือ ความสูงของตัวรถ (m)



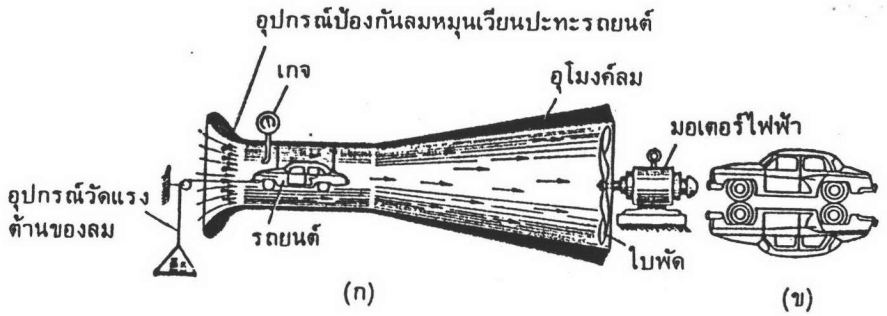
(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 ลักษณะการหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

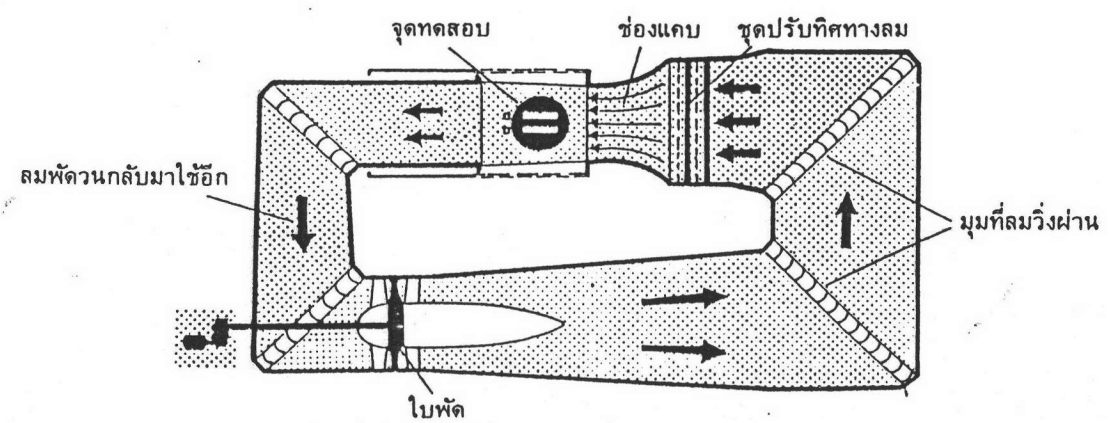
ตารางที่ 2.3 แสดงค่า Cd โดยประมาณสำหรับรถยนต์แบบต่างๆ (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

ลักษณะของรถยนต์	Cd	A (m^2)
รถแข่ง	0.13 - 0.15	1.0 - 1.3
รถยนต์นั่ง	0.20 - 0.35	1.6 - 2.8
รถตู้	0.25 - 0.40	4.5 - 6.5
รถบรรทุก	0.60 - 0.70	3.0 - 5.0

การทดลองหาสัมประสิทธิแรงต้านทานของอากาศสามารถหาได้จากการเป่าลมผ่านรถหรือรถจำลองในอุโมงลม แบบเปิดและแบบปิดดังแสดงในรูปที่ 2.9 และ 2.10



รูปที่ 2.9 การหาค่า Cd ในอุโมงค์ลมแบบเปิด (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)



รูปที่ 2.10 การหาค่า Cd ในอุโมงค์ลมแบบปิด (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

2. <u>แรงต้านทานการหมุน</u>

แรงต้านทานการหมุนของล้อจัดว่าเป็นแรงต้านทานบนถนนอย่างหนึ่ง ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะโครงสร้างและขนาดของยาง, ผิวถนน, ลักษณะและโครงสร้างของดอกยาง, ความดันลมยาง และ ความเร็วของรถยนต์เป็นต้น การเกิดแรงต้านการหมุนบนถนนสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.14 และ รูปที่ 2.11

$$FRR = Kr * W \qquad (2.14)$$

โดยที่ FRR คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)

Kr คือ สัมประสิทธิต้านทานการหมุน

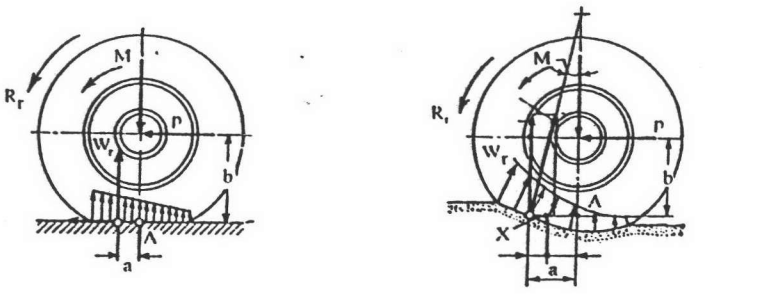
W คือ น้ำหนักรถที่กดบนล้อ (N)

การทดลองหาค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อสามารถทำได้ 3 วิธีซึ่งกล่าวไว้ในเอกสาร " กลศาสตร์ยานยนต์, เผด็จ แสนเกษม " คือ

1) วิธีวิ่งทดสอบบนถนน โดยการขับรถให้มีความเร็วตามที่เราต้องการทดสอบจากนั้นทำการเข้าเกียร์ว่าง รถจะค่อย ๆ วิ่งช้าลงจนหยุดเนื่องจากแรงต้านทานทั้งหมด ให้ทำการบันทึกระยะทาง, ผลต่างของความเร็ว และ เวลา ที่ใช้จนรถหยุด ถ้าหักแรงต้านจากอากาศออกจะได้แรงต้านทานการหมุนของล้อ การทดลองนี้ควรทำทั้งขาไปและขากลับแล้วหาค่าเฉลี่ยเพราะกระแสลมที่พัดผ่านก็มีผลต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้นด้วย ค่าที่ได้นี้จะรวมค่าการสูญเสียเนื่องจากระบบส่งกำลังไว้ด้วย

2) วิธีการลากจูง เป็นการวัดค่าโดยตรงจากแรงที่ลากจูงรถและเนื่องจากระบบส่งกำลังไม่ได้แยกออกระหว่างทำการทดลองดังนั้นจึงยังรวมค่าการสูญเสียนี้ไว้ด้วย ค่าแรงต้านทานที่ได้จากวิธีนี้เรียกว่า แรงต้านทานการขับเคลื่อน

3) วิธีวัดค่าแรงบิดที่ล้อรถ ในการวัดจะต้องพิจารณาในช่วงที่เกิดแรงต้านทานอากาศที่พอเหมาะจึงจะได้แรงต้านทานการหมุนที่ถูกต้อง



(ก) แรงเสียดทานบนถนนคอนกรีต (ข) แรงเสียดทานบนถนนประเภทดินทราย

รูปที่ 2.11 การเกิดแรงต้านทานการหมุน (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

ตารางที่ 2.4 แสดงค่า Kr โดยประมาณสำหรับถนนประเภทต่างๆ (กลศาสตร์ยานยนต์, 2536)

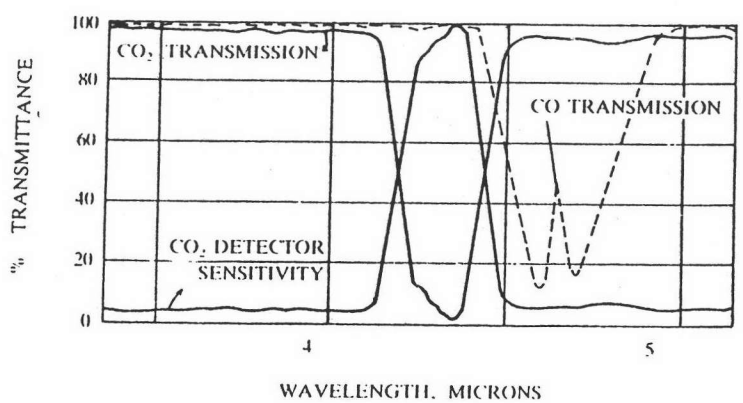
สภาพของถนน	ค่าสัมประสิทธิ์ (Kr)
สภาพดี	0.01 - 0.016
ถนนเป็นกรวด	0.015 - 0.020
ถนนมีไม้อัดกันเรียบ	0.020 - 0.030
ถนนเป็นหิน	0.016 - 0.07
ถนนเป็นทราย	0.15 - 0.3

หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดมลพิษบางชนิด

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1120-2535 ได้กำหนดชนิดของอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ สารมลพิษดังนี้คือ เครื่องวิเคราะห์แบบ Non-Dispersive Infrared สำหรับวิเคราะห์ CO และ CO_2 และ เครื่องวิเคราะห์แบบ Flame Ionization Analyzer สำหรับวิเคราะห์ HC ซึ่งจากเอกสาร " ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม " ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. เครื่อง Non Dispersive Infrared Analyzer (NDIR)

เครื่อง NDIR นี้ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นของ CO ในก๊าซไอเสียซึ่งรถยนต์ปล่อยออกมาจากท่อไอเสีย โดยใช้หลักการทำงานที่ว่า รังสีอินฟราเรดจะถูกดูดกลืนโดยสารต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน ดังเช่น CO_2 จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4 ถึง 5 ไมครอน และ CO จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน ดังรูป



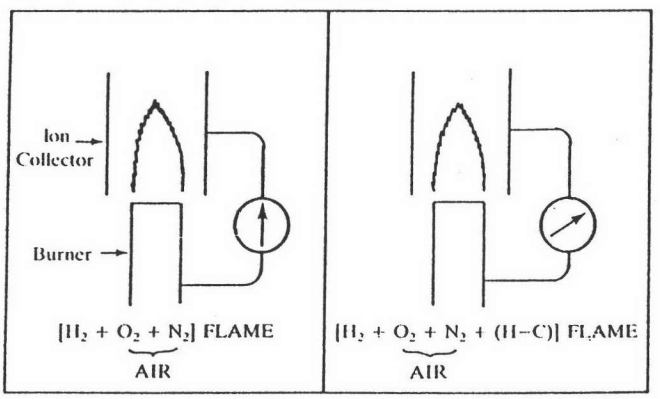
รูปที่ 2.12 การดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ CO และ CO_2 (ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม, 2537)

2. เครื่อง Flame Ionization Detector (FID)

เครื่อง FID เป็นเครื่องมือวัดความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด (Unburned Hydrocarbon)ในแก๊สไอเสียโดยมีหลักการทำงานที่ว่า เมื่อเผาไหม้ไฮโดรเจนบริสุทธิ์กับอากาศ เปลวไฟที่ได้จะมีการแตกตัวน้อยมาก แต่ถ้ามีโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนรวมเข้าไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกตัวจะเพิ่ม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขึ้นอย่างมหาศาล การแตกตัวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด พาราฟิน(Paraffin) โอเลฟิน(Olefin) อะโรเมติก(Aromatic) ฯลฯ จะมีผลการตอบสนองการวัดได้เท่าๆ กัน แต่จะต่างกับพื้นถ้าโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน และอะตอมของไนโตรเจน รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของเครื่อง FID



รูปที่ 2.13 ผลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในการแตกตัวของเปลวไฟไฮโดรเจนกับอากาศ (ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม, 2537)