

ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อระดับอันตรายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
จากรถจักรยานยนต์ภายใต้ตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม และ 3 กลุ่ม
Risk Factors Affecting the Severe Level of Carbon
Monoxide from Motorcycles under Dichotomous Logit
and Trichotomous Logit Models

พิมพินันท์ เอื้ออวยพร, เลิศธรรมไชย รัตนเศรษฐโสภณ
และวีรานันท์ พงศาภักดี*

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
ถนนราชมรรคาใน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

Pimpinan Aieuaouyporn, Lertthammachai Rattanasetsophon
and Veeranun Pongsapukdee*

Department of Statistics, Faculty of Science, Silpakorn University,
RajamankhaNai Road, Muang, NakhonPathom 73000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อระดับอันตรายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากรถจักรยานยนต์ใน 2 กรณี กรณีที่ 1 อาศัยตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม ศึกษา CO ใน 2 ระดับคือ ระดับอันตราย และระดับปกติ กรณีที่ 2 อาศัยตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม ศึกษา CO ใน 3 ระดับ คือ ระดับอันตรายมาก ระดับค่อนข้างอันตราย และระดับปกติ ส่วนปัจจัยเสี่ยงจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมี 5 ปัจจัยได้แก่ ยี่ห้อของรถ การขับเคลื่อนของรถ ชนิดของรถ อายุการใช้งานของรถ และเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยศึกษาข้อมูลจริงจากการทดลองของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทั้งหมด 261 คัน และประมวลผลด้วยโปรแกรม SAS Enterprise Guide 5.1 และ SPSS version 18 ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบทั้ง 2 กรณีนั้นมีภาวะสารูปดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อระดับอันตรายของ CO ได้แก่ การขับเคลื่อนของรถ และอายุการใช้งาน อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ผลการพยากรณ์ความน่าจะเป็น จากตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่มพบว่ารถจักรยานยนต์ที่มีการขับเคลื่อนโดยใช้สายโซ่ หรือที่มีอายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์เพียงแค่น้อยกว่า 5 ปี ก็ให้ค่าความน่าจะเป็นของระดับ CO ที่สูงกว่าเกณฑ์ เท่ากับ 0.0770 (7.70 %) หรือ 0.0299 (2.99 %) ตามลำดับ และจากตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม ให้ค่าความน่าจะเป็นของระดับ CO ที่เป็นอันตรายมาก เท่ากับ 0.01960 (1.96 %) หรือ 0.007191 (0.72 %) ตามลำดับ ดังนั้นปัจจัยเสี่ยงที่พบจึงมีผลกระทบต่อมลพิษในอากาศในระดับอันตรายมากด้วยความน่าจะเป็นค่อนข้างสูง

*ผู้รับผิดชอบบทความ :veeranun@su.ac.th, veeranun@hotmail.com

คำสำคัญ: ปัจจัยเสี่ยง; ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์; ตัวแบบลอจิสติก; ตัวแบบลอจิสติกสะสม

Abstract

This research investigates the effect of risk factors on the response variable of carbon monoxide (CO) levels, which is considered for two cases. Case 1 for dichotomous logit model consisting of two levels of CO: higher than standard and that within standard or normal. Case 2 for trichotomous logit model consisting of three levels of CO: in severity, in risk, and normal. Five categorical risk factors concerned consist of Brand, Driven, Type, Lifetime, and Fuel. The real data were obtained from the department of Environmental Science, faculty of science, Silpakorn University. 261 motorcycles' data were analyzed using SAS Enterprise Guide Version 5.1 and SPSS Version 18. Results reveal that the models in both cases do have goodness of fit significantly at 0.05 level. The risk factors affecting CO in higher than standard level and that in severity level are Driven and Lifetime, significantly at 0.05 level. The forecasted probabilities for CO at higher than standard group from dichotomous logit model having Driven (used chain) or Lifetime (less than 5 years) are 0.0770 (7.70 %) or 0.0299 (2.99 %), respectively. Similarly to those from trichotomous logit model are 0.01960 (1.96 %) or 0.007191 (0.72 %), respectively. Therefore, the risk factors affect the CO with corresponding potentially high probabilities.

Keywords: risk factors; carbon monoxide; logit model; cumulative logit model

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศไทยแพร่หลายมากขึ้น จนถึงได้ว่ารถจักรยานยนต์เป็นพาหนะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนไทยอย่างหนึ่ง เนื่องจากรถจักรยานยนต์เป็นพาหนะที่มีราคาไม่แพง และสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกคล่องแคล่ว ซึ่งเห็นได้จากจำนวนรถจักรยานยนต์บนท้องถนนและตามตรอกซอยต่าง ๆ มีจำนวนมาก จากข้อมูลสถิติการจดทะเบียนรถจักรยานยนต์สะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2555 มีจำนวนทั้งสิ้น 19,023,751 คัน [1] ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศและก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน

ภาวะมลพิษทางอากาศ (air pollution) หมายถึง ภาวะที่อากาศมีการเจือปนของสารหรือสิ่ง

ปนเปื้อนในปริมาณที่มากจนกระทั่งทำให้อากาศเสื่อมคุณภาพและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และพืช ส่วนมลสาร (pollutant) ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศมีทั้งในรูปแบบของแข็ง ฝุ่นละออง ไอระเหยหรือก๊าซ รวมทั้งกลิ่น เขม่า คาร์บอน สารกัมมันตรังสี สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โปรท ตะกั่ว ออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอน [2] รวมถึงไอเสียที่ปล่อยมาจากท่อรถจักรยานยนต์จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงก็มีสารเจือปนด้วยเช่นกัน โดยที่สารที่เจือปนอยู่นั้น ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีหน้าที่สร้างมลพิษทางอากาศ และจากจำนวนรถจักรยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นก็ทำให้ปริมาณของสารพิษในอากาศเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ

CO ซึ่งถือว่าเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง หรือเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ หากได้รับสารนี้เข้าไปในร่างกายปริมาณมาก [3,4]

จากการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของก๊าซ CO พบว่าก๊าซ CO ไม่เป็นพิษต่อพืช แต่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เป็นก๊าซที่ไม่มีสี รส และกลิ่น เบากว่าอากาศทั่วไป เมื่อหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจน (O_2) ถึง 200-250 เท่า และเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (carboxyhemoglobin) ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับ O_2 ได้ตามปกติ ร่างกายจึงได้รับ O_2 น้อยลง และหัวใจต้องสูบน้ำเลือดมากขึ้นเพื่อทำให้เลือดผ่านเข้าสู่ปอด หัวใจและปอดต้องทำงานหนักขึ้น อาการทั่วไปเมื่อร่างกายได้รับก๊าซ CO คือ วิงเวียนศีรษะ หายใจอึดอัด คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ มึนงง หากร่างกายได้รับคาร์บอนมอนอกไซด์มากเกินไป อาจช็อกหมดสติหรือตายได้ [2] ดังนั้นกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการควบคุมมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้รถจักรยานยนต์บนท้องถนน โดยมีการควบคุมปริมาณของก๊าซ CO ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และกำหนดให้ค่ามาตรฐานของก๊าซ CO ในอากาศอยู่ที่ 2.50 % [5]

งานวิจัยนี้ต้องการหาปัจจัยเสี่ยงและวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อปริมาณก๊าซ CO จากรถจักรยานยนต์ในระดับต่าง ๆ ภายใต้ตัวแบบลอจิสติก 2 กลุ่ม และ 3 กลุ่ม [6,7] การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยข้อมูลจริงจากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซ CO กับก๊าซไฮโดรคาร์บอนระหว่างรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ [8] แต่ยังไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อระดับอันตรายของก๊าซ CO ในระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะยังไม่ได้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซ

CO ในหลายระดับเช่น CO ระดับอันตรายมาก CO ระดับค่อนข้างอันตรายและ CO ระดับปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประมวลผลข้อมูลอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Enterprise Guide 5.1 และ SPSS version 18

2. วิธีการและขอบเขตการวิจัย

ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลจริงซึ่งวัดมลพิษที่ปล่อยจากรถจักรยานยนต์ที่มีสถานะเครื่องเดินเบาทั้งหมด 261 คัน ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อก๊าซ CO ของรถจักรยานยนต์ ใช้ข้อมูลจริงจากงานวิจัยของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีพ.ศ. 2552 ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลในบริเวณ มหาวิทยาลัยศิลปากร และนอกมหาวิทยาลัยศิลปากร บริเวณสี่แยกกิ่งบัว โดยมีตัวแปรตอบสนองคือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กรณีที่ 1 จำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือเมื่อ CO มีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ (มากกว่า 2.50 %) (ให้เป็นกลุ่ม 1) และเมื่อ CO มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ปกติ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.50 %) (ให้เป็นกลุ่ม 2) และกรณีที่ 2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ เมื่อ CO มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก (มากกว่าหรือเท่ากับ 3.50%) (ให้เป็นกลุ่ม 1) เมื่อ CO มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างอันตราย (ในช่วง 2.50-3.50 %) (ให้เป็นกลุ่ม 2) เมื่อ CO มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ปกติ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.50 %) (ให้เป็นกลุ่ม 3) ส่วนตัวแปรอธิบายหรือปัจจัยเสี่ยง ประกอบด้วย

1. ยี่ห้อของรถจักรยานยนต์ จำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ Honda (ให้เป็นกลุ่ม 1) Yamaha (ให้เป็นกลุ่ม 2) Suzuki (ให้เป็นกลุ่ม 3)

2. การขับเคลื่อนของรถจักรยานยนต์จำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ ขับเคลื่อนด้วยโซ่ (ให้เป็นกลุ่ม 1) ขับเคลื่อนด้วยสายพาน (ให้เป็นกลุ่ม 2)

3. ชนิดของรถจักรยานยนต์ จำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ (ให้เป็นกลุ่ม 1) รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (ให้เป็นกลุ่ม 2)

4. อายุการใช้งาน จำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ น้อยกว่า 5 ปี (ให้เป็นกลุ่ม 1) ตั้งแต่ 5-10 ปี (ให้เป็นกลุ่ม 2) มากกว่า 10 ปี (ให้เป็นกลุ่ม 3)

5. เชื้อเพลิงที่ใช้ จำแนกเป็น 4 กลุ่ม คือเบนซิน 91 (ให้เป็นกลุ่ม 1) เบนซิน 95 (ให้เป็นกลุ่ม 2) ก๊าซโซฮอลล์ 91 (ให้เป็นกลุ่ม 3) ก๊าซโซฮอลล์ 95 (ให้เป็นกลุ่ม 4)

ปัจจัยเสี่ยงที่คาดว่าจะส่งผลต่อระดับ CO ที่สูงกว่าเกณฑ์ปกติ (มากกว่า 2.50 %) อาศัยวิธีการเลือกแบบขั้นตอน (stepwise selection method) ภายใต้ตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่มและ 3 กลุ่ม การทดลองศึกษาใน 2 กรณี คือ กรณีตัวแปรตอบสนองหรือ CO มี 2 กลุ่ม และกรณี CO มี 3 กลุ่มแบบอันดับ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Enterprise Guide 5.1 และ SPSS version 18

ตัวแบบ ในงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติอาศัยตัวแบบ 2 ตัวแบบดังนี้

1. ตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม (dichotomous logit model) เมื่อตัวแปรตอบสนอง (คือ CO) มี 2 กลุ่ม และตัวแปรอธิบายมีหลายตัว (x's) คือ

$$Q(x) = \log\left[\frac{P(x)}{1-P(x)}\right] = \log\left(\frac{P(Y=1|x)}{1-P(Y=1|x)}\right) = \beta_0 + \beta'x \quad \dots (1)$$

2. ตัวแบบลอจิสต์สะสม (cumulative

logit models) กรณี The Proportional Odds Models [9,10] เมื่อมีตัวแปรตอบสนองคือ Y หรือ CO ที่มี 3 กลุ่ม และตัวแปรอธิบายมีหลายตัว (x's) ซึ่งอาจเรียกตัวแบบนี้ใหม่ว่าตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม (trichotomous logit model) [11,12] คือ

$$\log\left(\frac{P(Y \leq j|x)}{1-[p(Y \leq j|x)]}\right) = \log\left(\frac{P_1(x) + \dots + P_j(x)}{P_{j+1} + \dots + P_J(x)}\right) \\ = \text{logit}[P(Y \leq j|x)] = \beta_0 + \beta'x, \quad j = 1, \dots, J-1. \quad \dots (2)$$

ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูล และดำเนินการสร้างตัวแบบ (2) ด้วยวิธีการเลือกแบบขั้นตอนใน 2 กรณี คือกรณีที่ตัวแปรตอบสนองมี 2 กลุ่ม และกรณีที่ตัวแปรตอบสนองมี 3 กลุ่ม โดยทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยเสี่ยง และการพยากรณ์ค่าความน่าจะเป็นต่อไป

3. ผลการวิจัย

3.1 กรณีที่ 1 ตัวแปรตอบสนองเป็นแบบจำแนกประเภท 2 กลุ่ม

ผลลัพธ์ค่าประมาณต่าง ๆ และการทดสอบพารามิเตอร์ของการสร้างตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่มใน (1) ภายใต้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดแบบวนซ้ำ (iterative maximum likelihood method) ดังในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ของตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม

พารามิเตอร์	กลุ่ม	DF	$\hat{\beta}$	S.E. $\hat{\beta}$	ค่าสถิติ Wald	P-value
Intercept		1	-1.6803	0.2736	37.7176	<0.0001
Driven(1)	1	1	-0.8033	0.1652	23.6441	<0.0001
Lifetime(1)	1	1	-1.7989	0.5141	12.2446	0.0005
Lifetime(2)	2	1	0.1028	0.3235	0.1011	0.7505

ดังนั้นจากตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม พบว่าตัวแปรการขับเคลื่อน (driven) และตัวแปรอายุการใช้งาน (Lifetime) มีผลกระทบต่อระดับอันตรายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถจักรยานยนต์อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (P-value < 0.05) เช่นนี้ ปัจจัยเสี่ยง Lifetime ดังกล่าว จึงถูกนำเข้าตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม โดยสามารถประมาณสมการลอจิสต์ 2 กลุ่มได้ดังนี้

$$\text{Logit } [P(Y \leq 1 | x)] = -1.6803 - 0.8033 \text{ Driven} (1) - 1.7989 \text{ Lifetime} (1) + 0.1028 \text{ Lifetime} (2)$$

โดยที่ตัวแบบข้างต้นมีภาวะสารรูปดีหรือเหมาะสมที่จะนำไปใช้พยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งทั้งตัวสถิติ Deviance และตัวสถิติ Pearson ให้ค่า P-value < 0.05 ดังตารางที่ 2 และตัวแบบมีความไวในการพยากรณ์ถูกต้องโดยมีพื้นที่ใต้ ROC curve ของเส้นโค้งเส้นประที่มีพื้นที่มากด้วย (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) นอกจากนี้ตัวแบบยังให้ผลลัพธ์เกี่ยวกับค่าประมาณ Odds ratio ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าของ Deviance และ Pearson Goodness-of-fit statistics ของตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม

Criterion	Value	DF	Value/DF	P-Value
Deviance	86.0933	44	1.9567	0.0002
Pearson	157.7173	44	3.5845	<0.0001

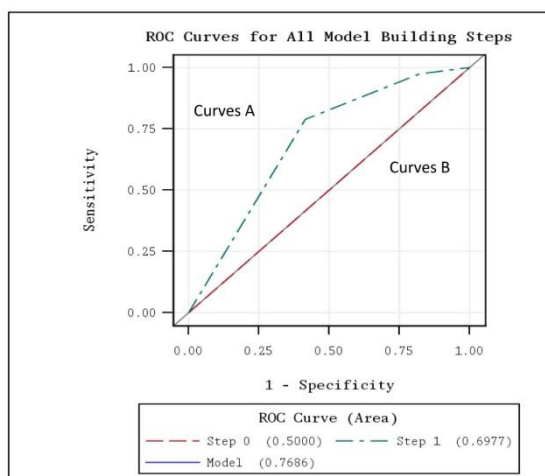
ตารางที่ 3 ค่าประมาณ Odds ratio ของตัวแบบลอจิสต์ 2 กลุ่ม

Effect	Point estimate	95% Wald confidence limits	
Driven 1 vs 2	0.201	0.105	0.383
Lifetime 1 vs 3	0.030	0.007	0.141
Lifetime 2 vs 3	0.203	0.099	0.415

เมื่อพิจารณาจากจำนวนของรถจักรยานยนต์ที่มีปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบกับจำนวนของรถจักรยานยนต์ที่มีปริมาณก๊าซ CO ที่อยู่

ภายในเกณฑ์ พบว่ารถจักรยานยนต์ที่มีการขับเคลื่อนแบบสายพานจะมีปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์เป็น 4.975 เท่า (1/0.201 ในตารางที่ 3) ของรถจักรยานยนต์ที่มีการขับเคลื่อนแบบโซ่ ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.105 และ 0.383) ซึ่งเป็นค่าช่วงที่ไม่คลุม 0 หมายความว่าความเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสแตกต่างกันเป็น 4.975 เท่า (หรือเท่ากับ 1/0.201) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำนองเดียวกันรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปีจะมีปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์เป็น 33.333 เท่า (1/0.030) ของรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 5 ปี ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.007 และ 0.141) ที่ไม่คลุม 0 ดังนั้นความเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสแตกต่างกันเป็น 33.333 เท่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปีจะมีปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์เป็น 4.926 เท่า (1/0.203) ของรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 5-10 ปี ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.099 และ 0.415) ที่ไม่คลุม 0 หมายความว่า ความเสี่ยงดังกล่าวอาจแตกต่างกันเป็น 4.926 เท่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลของการพยากรณ์ได้ถูกต้องด้วยตัวแบบ 2 กลุ่ม สามารถแสดงด้วยสัดส่วนพื้นที่การพยากรณ์ถูกต้องภายใต้เส้นโค้ง ROC curve [11] ซึ่งถ้าให้ผลลัพธ์จากการประมวลผลข้อมูลของการวิจัยด้วยโปรแกรม SAS ของพื้นที่ของ curve A ค่อนข้างมาก ตัวแบบจึงจะมีความไวค่อนข้างสูง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นโค้ง ROC แสดงความเหมาะสมของตัวแบบ

การวิเคราะห์พื้นที่ใต้โค้ง ROC curve จากรูปที่ 1 เมื่อผลของการพยากรณ์ถูกต้อง หรือสัดส่วนการพยากรณ์ถูกต้อง พบว่ามีค่อนข้างสูง โดยมีค่าเข้า

ใกล้ sensitivity หรือพื้นที่ใต้ ROC curve ภายใต้เส้นประมีค่ามาก (curves B) หมายความว่าตัวแบบมีความเหมาะสมมากด้วย

3.2 กรณีที่ 2 ตัวแปรตอบสนองเป็นแบบจำแนกประเภท 3 กลุ่ม

ค่าประมาณต่าง ๆ และผลการทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 4 จากค่าประมาณสัมประสิทธิ์ของตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม พบว่าตัวแปรการขับเคลื่อนด้วยโซ่และตัวแปรอายุการใช้งานที่น้อยกว่า 5 ปี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยค่าประมาณสัมประสิทธิ์แตกต่างจากศูนย์อย่างน้อย 1 กลุ่ม ดังนั้นอายุการใช้งานตั้งแต่ 5-10 ปี (กลุ่มที่ 2) ถูกนำเข้าตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม และสามารถเขียนตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่มด้วยสมการจำนวน 2 สมการดังข้างล่างนี้

$$\text{Logit} [P(Y \leq 1 | x)] = -3.1338 - 0.7786 \text{ Driven} (1) - 1.7939 \text{ Lifetime} (1) + 0.1622 \text{ Lifetime} (2)$$

$$\text{Logit} [P(Y \leq 1 | x)] = -1.6659 - 0.7786 \text{ Driven} (1) - 1.7939 \text{ Lifetime} (1) + 0.1622 \text{ Lifetime} (2)$$

ตารางที่ 4 ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ของตัวแบบลอจิสต์ 3 กลุ่ม

พารามิเตอร์	กลุ่ม	DF	$\hat{\beta}$	S.E. $\hat{\beta}$	ค่าสถิติ Wald	P - Value
Intercept	1	1	-3.1338	0.3285	90.9990	<0.0001
Intercept	2	1	-1.6659	0.2727	37.3162	<0.0001
Driven(1)	1	1	-0.7786	0.1544	25.4327	<0.0001
Lifetime(1)	1	1	-1.7939	0.5118	12.2882	0.0005
Lifetime(2)	2	1	0.1622	0.3194	0.2680	0.6116

จากตัวสถิติ Deviance และ Pearson (ตารางที่ 5) พบว่าตัวแบบมีภาวะการสุปติ หรือตัวแบบมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ ต่อไป ด้วยระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (ค่า P-value < 0.05)

การวิเคราะห์และการตีความหมายของผลลัพธ์จากตัวแบบนิยามพิกฐานที่ค่าประมาณสำหรับ Odds Ratio ดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ค่า Deviance และ Pearson Goodness-of-Fit Statistics ของตัวแบบลอจิสติก 3 กลุ่ม

Criterion	Value	DF	Value/DF	P-Value
Deviance	114.6467	91	1.2599	0.0476
Pearson	220.7504	91	2.4258	<0.0001

ตารางที่ 6 ค่าประมาณสำหรับ Odds ratio กรณีการวิเคราะห์ของตัวแบบลอจิสติก 3 กลุ่ม

Effect	Point estimate	95 % Wald confidence limits	
Driven 1 vs 2	0.211	0.115	0.386
Lifetime 1 vs 3	0.033	0.007	0.149
Lifetime 2 vs 3	0.230	0.116	0.455

เมื่อพิจารณาจากจำนวนของรถจักรยานยนต์ที่มีปริมาณก๊าซ CO ที่อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานหรือปกติ และเกณฑ์ค่อนข้างอันตราย เปรียบเทียบกับจำนวนของรถจักรยานยนต์ที่มีปริมาณก๊าซ CO ที่อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก (ตารางที่ 6) พบว่ารถจักรยานยนต์ที่มีการขับเคลื่อนด้วยสายพานมีโอกาสที่มีปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เป็น 4.739 เท่า (1/0.211) ของรถจักรยานยนต์ที่มีการขับเคลื่อนด้วยสายโซ่ โดยช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.115 และ 0.386) ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าช่วงที่ไม่คลุม 0 ความเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสแตกต่างกันเป็น 4.739 เท่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำนองเดียวกันรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี มีโอกาสที่มีปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เป็น 30.303 เท่า ของรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 5 ปี โดย

ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.007 และ 0.149) ซึ่งเป็นค่าช่วงที่ไม่คลุม 0 ความเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสแตกต่างกันเป็น 30.303 เท่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี มีโอกาสที่มีปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เป็น 4.348 เท่า ของรถจักรยานยนต์ที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 5-10 ปี โดยช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Wald คือ (0.116 และ 0.455) ซึ่งค่าช่วงที่ไม่คลุม 0 ความเสี่ยงดังกล่าวมีโอกาสแตกต่างกันเป็น 4.348 เท่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. สรุปผล

4.1 กรณีตัวแปรตอบสนองแบบจำแนกประเภท 2 กลุ่ม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบลอจิสติก 2 กลุ่มพบว่าตัวแปรอธิบายที่ถูกคัดเลือกเข้าตัวแบบลอจิสติก 2 กลุ่มด้วยวิธีการเลือกตัวแปรแบบขั้นตอน (stepwise) ได้แก่ การขับเคลื่อนของรถจักรยานยนต์ (driven) และอายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ (Lifetime) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนค่าตัวสถิติ Likelihood ratio เท่ากับ 59.7953 ค่าสถิติ Score เท่ากับ 54.9184 และค่าสถิติ Wald เท่ากับ 43.5002 ซึ่งให้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่า พารามิเตอร์ ของตัวแบบลอจิสติก 2 กลุ่มแตกต่างจากค่าศูนย์ ภายใต้ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับค่าของตัวสถิติ Deviance เท่ากับ 86.0933 และตัวสถิติ Pearson เท่ากับ 157.7173 ซึ่งต่างให้ค่า P-value < 0.05 ด้วย

ดังนั้นตัวแบบมีภาวะสารูปดีและมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยสามารถเขียนตัวแบบได้ คือ

$$\text{logit } [P(Y = 1 | x_i)] = -1.6803 - 0.8033 \text{ Driven (1)} - 1.7989 \text{ Lifetime (1)} + 0.1028 \text{ Lifetime (2)}$$

นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ของจำนวนคู่ของค่าสังเกตที่สอดคล้องกัน (percent concordant) มากกว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคู่ของค่าสังเกตที่ไม่สอดคล้องกัน (percent discordant) นั่นคือ ตัวแปรตอบสนอง และตัวแปรอธิบายมีความเกี่ยวพันในทิศทางเดียวกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ของคู่ซ้ำ (percent tied) เท่ากับ 17.6 และเมื่อพิจารณาค่าของตัวสถิติพบว่า ค่าสถิติ Somers' D เท่ากับ 0.537 โดยค่าสถิติ

ให้ค่าเป็นบวก จึงมีความเกี่ยวพันทางบวกระหว่างตัวแปรตอบสนองหรือตัวแปร CO กับตัวแปรอธิบายหรือปัจจัยเสี่ยง

4.2 กรณีตัวแปรตอบสนองเป็นแบบจำแนก

ประเภท 3 กลุ่ม

ตัวแบบที่มีภาวะสาธูปดีและมีความเหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 คือ

$$\text{Logit} \left[P(Y \leq 1 | x_i) \right] = -3.1338 - 0.7786 \text{ Driven (1)} - 1.7939 \text{ Lifetime (1)} + 0.1622 \text{ Lifetime (2)}$$

$$\text{Logit} \left[P(Y \leq 1 | x_i) \right] = -1.6659 - 0.7786 \text{ Driven (1)} - 1.7939 \text{ Lifetime (1)} + 0.1622 \text{ Lifetime (2)}$$

พบว่าตัวแปรอธิบายที่ถูกคัดเลือกเข้าตัวแบบ ได้แก่ Driven (การขับเคลื่อน) และ Lifetime (อายุการใช้งาน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ตัวสถิติ Likelihood ratio มีค่าเท่ากับ 60.6821 ค่าสถิติ Score มีค่าเท่ากับ 57.4787 และค่าสถิติ Wald มีค่าเท่ากับ 45.8789 ต่างให้ค่า P-Value < 0.05 แสดงว่าค่าประมาณของพารามิเตอร์ของตัวแบบลอจิสติก 3 กลุ่มมีค่าแตกต่างจากศูนย์หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ตัวแบบมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับตัวสถิติ Deviance มีค่าเท่ากับ 114.6467 และตัวสถิติ Pearson มีค่าเท่ากับ 220.7504 (P-Value < 0.05) ตัวแบบจึงมีภาวะสาธูปดีหรือตัวแบบมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ ภายใต้ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ส่วนเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคู่ของค่าสังเกตที่สอดคล้องกัน (percent concordant) มากกว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนคู่ของค่าสังเกตที่ไม่สอดคล้องกัน (percent discordant) นั่นคือตัวแปรตอบสนองและตัวแปรอธิบายมีความเกี่ยวพันในทิศทางเดียวกัน ส่วน

เปอร์เซ็นต์ของคู่ซ้ำ (percent tied) เท่ากับ 19.0 และเมื่อพิจารณาตัวสถิติ พบว่าค่าสถิติ Somers' D เท่ากับ 0.507 โดยค่าสถิติให้ค่าเป็นบวก ชี้ให้เห็นถึงความเกี่ยวพันในทิศทางบวกระหว่างตัวแปร CO กับตัวแปรอธิบายหรือปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ

4.3 การพยากรณ์ค่าความน่าจะเป็นจากปัจจัยเสี่ยงในแต่ละตัวแบบ

4.3.1 กรณีที่ 1 ตัวแปรตอบสนองเป็นแบบจำแนกประเภท 2 กลุ่ม

จากตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่ตัวแบบ คือ Driven (การขับเคลื่อนของรถจักรยานยนต์) และ Lifetime (อายุการใช้งาน) ซึ่งคาดว่าเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบในเชิงสถิติต่อปริมาณก๊าซ CO ที่สูงกว่าเกณฑ์ด้วย ดังนั้นในการประมาณค่าความน่าจะเป็นที่ตัวแปรอธิบายหรือปัจจัยเสี่ยงจะส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซ CO ที่สูงกว่าเกณฑ์ สามารถเขียนตัวแบบในเทอมความน่าจะเป็นในกลุ่มที่สนใจ หรือ $P(Y = 1 | x)$ ได้ดังนี้

$$P(Y = 1 | x) = \frac{e^{-1.6803 - 0.8033 \text{ Driven (1)} - 1.7989 \text{ Lifetime (1)} + 0.1028 \text{ Lifetime (2)}}}{1 + e^{-1.6803 - 0.8033 \text{ Driven (1)} - 1.7989 \text{ Lifetime (1)} + 0.1028 \text{ Lifetime (2)}}}$$

พบว่าความน่าจะเป็นจากปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้ปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อรถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนที่โดยใช้สายโซ่ เท่ากับ 0.0770 ทำนองเดียวกันความน่าจะเป็นจากปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้ปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์ เมื่ออายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์เพียงน้อยกว่า 5 ปี เท่ากับ 0.0299 และความน่าจะเป็นจากปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้ปริมาณก๊าซ CO สูงกว่าเกณฑ์ เมื่ออายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์ที่น้อยกว่า 5 ปี โดยใช้สายโซ่ในการขับเคลื่อน เท่ากับ 0.0136

4.3.2 กรณีที่ 2 ตัวแปรตอบสนองเป็นแบบจำแนกประเภท 3 กลุ่ม

พบว่าความน่าจะเป็นที่ปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เมื่อรถจักรยานยนต์มีอายุการใช้งานเพียงน้อยกว่า 5 ปี เท่ากับ 0.007191 ทำนองเดียวกันความน่าจะเป็นที่ปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เมื่อรถจักรยานยนต์ที่ใช้การขับเคลื่อนด้วยโซ่ เท่ากับ 0.01960 และความน่าจะเป็นที่ปริมาณก๊าซ CO อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก เมื่อรถจักรยานยนต์ที่ใช้การขับเคลื่อนด้วยโซ่และมีอายุการใช้งานเพียงน้อยกว่า 5 ปี เท่ากับ 0.003314

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจจัดกลุ่มอายุการใช้งานเป็น 3 กลุ่มเท่าเดิมหรือมากกว่า แต่อาจใช้กลุ่มอายุการใช้งานที่มากที่สุดเป็นกลุ่มหนึ่งและถดถอยไปเรื่อยจนถึงกลุ่มที่มีอายุการใช้งานน้อยสุดตามลำดับ จะสามารถเปรียบเทียบโดยมีกลุ่มฐานเป็นกลุ่มอายุการใช้งานน้อยสุดแทนกลุ่มอายุการใช้งานมากที่สุด ในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยข้างต้นได้ อาจช่วยให้เห็นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบโดยเฉาะค่า Odds ratio ชัดเจนมากขึ้น

จากการคัดเลือกตัวแปรอธิบายด้วยวิธีการเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise selection method) ตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่ตัวแบบ คือ ตัวแปร Driven (การขับเคลื่อนของรถจักรยานยนต์) และ Lifetime (อายุการใช้งาน) ซึ่งเป็นตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซ CO ที่อยู่ในเกณฑ์อันตรายมาก

ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นที่ตัวแปรอธิบายหรือปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวจะส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซ CO ที่สูงกว่าเกณฑ์ สามารถเขียนตัวแบบในเทอมความน่าจะเป็นในกลุ่มที่สนใจ หรือ $P(Y \leq 1 | x)$ ได้ดังนี้

$$P(Y \leq 1 | x) = \frac{e^{-3.1338 - 0.7786 \text{ Driven} (1) - 1.7939 \text{ Lifetime} (1) + 0.1622 \text{ Lifetime} (2)}}{1 + e^{-3.1338 - 0.7786 \text{ Driven} (1) - 1.7939 \text{ Lifetime} (1) + 0.1622 \text{ Lifetime} (2)}}$$

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก, 2555, แหล่งที่มา : <http://www.dlt.go.th/th/index.php>, 31 ธันวาคม 2555.
- [2] สุรีพร จิตต์เชื้อ, 2550, มลพิษทางอากาศ, แหล่งที่มา : http://www.thaigoodview.com/library/sema/sukhothai/sureporn_j/toxic/sec01p02.html, 13 ธันวาคม 2555.
- [3] ศิริกัลยา สุจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, ชิกาโอะ คานาโอกะ และจุฑามาศ เกตุทัต, 2549, มลภาวะอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [4] ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ, 2555, แหล่งที่มา : http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpollution5.htm, 13 ธันวาคม 2555.
- [5] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552, แหล่งที่มา : <http://>

- www.pcd.go.th/public/Publications/print_journal.cfm?task=pollnote, 13 ธันวาคม 2555.
- [6] Agresti, A., 2007, Introduction to Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 372 p.
- [7] วีรนนท์ พงศาภักดี, 2555, การวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกประเภท: ทฤษฎีและการประยุกต์ด้วย GLIM, SPSS, SAS และ MTB, พิมพ์ครั้งที่ 3, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 495 น.
- [8] พิชัย ศิริสุโขดม, 2552, การเปรียบเทียบก๊าซ CO กับก๊าซไฮโดรคาร์บอน, โครงการพิเศษปริญญาตรี, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- [9] Walker, S. H. and Duncan, D. B., 1967, Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables, *Biometrika* 54: 167-179.
- [10] McCullagh, P., 1980, Regression models for ordinal data, *J. Royal Statist. Soc. Ser.B42*: 109-142.
- [11] Agresti, A., 2002, Categorical Data Analysis, John Wiley & Sons, Inc., New York, 710 p.
- [12] Pongsapukdee, V. and Sukgumphaphan, S., 2008, Three cumulative link models for ordinal responses: A review of methods and power comparisons, *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30: 805-811.