

แบบจำลองวัดระดับความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยกโดยศึกษาจากการรับรู้ของผู้เดินเท้า

A Model of Intersection Crossing Difficulty Perceived by Pedestrians

ชิตทิพัทธ์ อินทรวิมลเมธา, พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล

Chitipat Intraravimonmata, Pongsak Suriyavanagul

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทร 081-406-2927, 02-511-2292

E-mail: chitipat_vaan@hotmail.co.th, fengpssg@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการวิจัยที่บ่งชี้ค่าความยากในการข้ามถนนกับระดับความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยก โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทางแยกที่ศึกษาได้แก่ ทางแยกถนนศรีนครินทร์-ถนนพัฒนาการ (แยกพัฒนาการ) และทางแยกถนนพระราม 9-ถนนวิเทศนคร (แยกฝั่งเมือง) ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างประชากรจากผู้เดินเท้าที่สัญจรไปมาในบริเวณทางแยกดังกล่าวเป็นผู้ประเมินได้ชายหญิงจำนวน 130 คน อายุตั้งแต่ 11-60 ปี ทำการประเมินระดับความยากเป็นสเกล 1 ถึง 6 (1 = ข้ามง่ายที่สุด ถึง 6 = ข้ามยากที่สุด) ปัจจัยที่ผู้วิจัยนำมาเป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 1.ปัจจัยด้านการจราจร 2.ปัจจัยด้านลักษณะทางกายของทางแยก 3.ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้เดินเท้า โดยงานวิจัยได้ใช้แบบจำลองโพรบิตลำดับมาอธิบายความสัมพันธ์พบตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยก ได้แก่ ความกว้างของเกาะกลาง, ประเภทของเกาะกลาง, จำนวนช่องจราจรรวมสองทิศทาง, ปริมาณรถเลี้ยวขวาด้านใกล้จุดประเมิน, เพศและความถี่ในการข้ามถนนของผู้ประเมินโดยตัวแปรทั้งสองอยู่ในรูปของกลุ่มตัวแปรที่เรียกว่า "องค์ประกอบ"

Abstract

This research aims to study the relationship between the indicators of the difficulty of crossing the road and the level of difficulty in crossing the road at the junction.

The relationship is expressed in terms of mathematical models. Intersections are studied which Srinakarindra – Pattanakarn intersection and Rama 9 – Watthana Tham intersection. The surveys consist of 130 who are eleven to sixty year old male and female. The respondents evaluated the difficulty of crossing by marking 1 to 6 with 1 being the easiest and 6 the most difficult. Indicators were used as variables in this study including Roadway Characteristic, Traffic Characteristic, and Socio-Economic Personal Characteristics. The research has used the Ordered/Ordinal Probit Model to explain relationship and has found variables that correlated significantly to the difficulty of crossing the road at the intersection including median width, type of median, number of traffic lane, volume of turn right traffic, gender and number of crossing frequency that two variables in the form of a variable called "Factor".

1. บทนำ

เมื่อกล่าวถึงสภาพการจราจรปัจจุบันในเขตเมืองทั้งกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมีปริมาณหนาแน่น เป็นเหตุให้มีผลกระทบไปถึงผู้เดินเท้า (Pedestrian) ที่จะทำการข้ามถนนทั้งในบริเวณทางแยก (Intersection) และบริเวณช่วงถนน (Mid-Block) เพื่อที่จะทำกิจกรรมที่อยู่อีกฟากฝั่งของถนนเป็นไปอย่างยากลำบากอันเป็นเหตุให้เกิดการตัดขาดชุมชน (Social Severance) ส่งผลกระทบทวนคือทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุมชนลดลง และยังมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุกับผู้ข้ามถนนได้

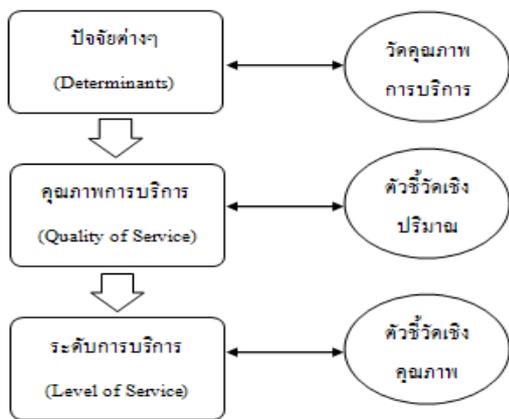
ทุกเมื่อ จากปัญหาที่กล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงการขาดการวางแผนในการจัดการระบบการจราจรและระบบขนส่งที่ให้ความสำคัญกับผู้เดินเท้า โดยหากมีการศึกษาประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service, LOS) ของระบบที่กล่าว ก็จะนำไปสู่การวางแผนและจัดการที่ดี ซึ่งสามารถบรรเทาปัญหาที่กล่าวได้ เนื่องจากการประเมินวัดระดับการให้บริการจะทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการบริการของระบบว่าจะอยู่ในเกณฑ์สูงหรือต่ำ เช่น หากผลประเมินการให้บริการของถนนปรากฏว่า ระยะทางในการข้ามถนนส่งผลให้ผู้ข้ามถนนส่วนใหญ่ประเมินการให้บริการของถนนเส้นที่กล่าวอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ซึ่งอาจจะแก้ปัญหาระดับการบริการที่ต่ำโดยการสร้างสะพานลอยให้กับผู้เดินเท้าหรือเพิ่มสัญญาณไฟกวดให้ผู้เดินเท้า ซึ่งจะทำให้ระดับการบริการที่ต่ำเพิ่มสูงขึ้นได้ ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีตัวอย่างการศึกษาวัดระดับการให้บริการของถนนในแง่ของความยากง่ายในการข้ามถนนบริเวณช่วงทาง [1] แต่การข้ามถนนของผู้เดินเท้าตามสภาพความเป็นจริง ส่วนใหญ่ก็มีผู้ข้ามถนนไม่น้อยที่ข้ามถนนบริเวณทางแยกด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะศึกษาวัดระดับการให้บริการของถนนที่คำนึงถึงผู้เดินเท้าให้สมบูรณ์ จึงต้องศึกษาการข้ามถนนของผู้เดินเท้าในหลายๆบริเวณที่ผู้เดินเท้ามีโอกาสจะข้ามได้ และศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อผู้เดินเท้าที่จะทำการข้ามถนนบริเวณทางแยกด้วยเช่นกัน การข้ามถนนที่บริเวณทางแยกจะเกิดขึ้นได้ใน สองกรณี คือ กรณีที่หนึ่งผู้ข้ามจะข้ามถนน โดยไม่รอให้การจราจรหยุดนิ่ง ซึ่งกรณีนี้เกิดขึ้นได้ยากกับทางแยกในเขตเมืองที่มีปริมาณจราจรสูง รอบสัญญาณไฟยาวนาน ระยะห่างระหว่างรถยนต์ไม่เพียงพอที่จะให้ผู้ข้ามถนนทำการข้ามได้ กรณีที่สอง ผู้ข้ามถนนจะรอให้การจราจรหยุดนิ่งก่อนจึงเริ่มข้ามซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในครั้งนี้และเนื่องจากทางแยกภายในเขตเมืองของกรุงเทพมหานครมีจำนวนมาก การศึกษาจึงกำหนดแยกฝั่งเมืองและแยกพัฒนาการซึ่งผู้เดินเท้าที่ทำการประเมินจะเริ่มข้ามจากฝั่งที่การจราจรเข้าถึง (Approach) ทางแยกไปยังฝั่งที่

การจราจรออกจากทางแยก (Departure) และศึกษาเฉพาะทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรเท่านั้น

2. ระดับการบริการ (LOS) คุณภาพการบริการ (QOS) และปัจจัยที่บ่งชี้ถึงคุณภาพการบริการ (Determinants)

การศึกษาวัดระดับ (การให้) บริการของถนนในแง่ของความยากง่ายในการข้ามถนนของคนเดินเท้า (Pedestrian) บริเวณทางแยกประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบดังนี้ องค์ประกอบแรกคือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ถึงคุณภาพการบริการ (Quality of Service, QOS) ของถนน กับปัจจัยที่ผู้วิจัยกำหนดได้แก่ ปัจจัยด้านสังคมและเศรษฐกิจของผู้เดินเท้า ปัจจัยด้านการจราจรและปัจจัยลักษณะทางกายภาพของทางแยก เมื่อหาความสัมพันธ์นี้ได้ก็จะสามารถทราบถึงคุณภาพการบริการในการข้ามถนนบริเวณทางแยก องค์ประกอบที่สองคือ การศึกษาทั่วโลกในการแปลงคุณภาพการบริการ (QOS) ไปสู่ระดับการบริการ (Level of Service, LOS) ในแต่ละระดับ ซึ่งพื้นฐานความรู้ในการศึกษาถึงความยากง่ายในการข้ามถนนจะต้องอาศัยการเข้าใจถึงความหมายของ ระดับการบริการ (LOS) คุณภาพการบริการ (QOS) และปัจจัยต่างๆ (Determinants) ที่มีผลต่อการวัดคุณภาพการบริการ Highway Capacity Manual [4] ให้ความหมายของระดับการบริการ คือ ตัววัดเชิงคุณภาพที่บ่งบอกถึงลักษณะของความคล่องตัวหรือสภาพที่ดำเนินการ (Operational Condition) ของสิ่งที่อำนวยความสะดวกหรือการบริการใดๆก็ตาม เช่น เมื่อกล่าวถึงระดับการบริการของรถยนต์ส่วนตัว ปัจจัยที่จะมาแสดงถึงระดับการบริการ คือ ความเร็ว (Speed) เวลาในการเดินทาง (Travel Time) การรบกวนของกระแสจราจร (Traffic Interruption) เป็นต้น Highway Capacity Manual [4] ให้ความหมายของคุณภาพการบริการ คือ ตัววัดเชิงปริมาณที่บ่งบอกถึงสภาพที่ใช้งาน เช่น ความคล่องตัวของสิ่งอำนวยความสะดวกหรือการบริการ และบอกถึงการรับรู้ของผู้ใช้บริการตามสภาพต่างๆ คุณภาพการบริการ (QOS)

จะแตกต่างจากระดับการบริการ (LOS) ซึ่งเป็นตัววัดเชิงคุณภาพของสภาพที่เกิดขึ้นและการรับรู้ต่างๆ (Perception) ของผู้ใช้บริการ Highway Research Board (1966) [3] ได้กำหนดแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการในการบอกถึงระดับการบริการ (LOS) ว่าจำเป็นต้องอาศัยการอธิบายบนพื้นฐานของการวัดคุณภาพการบริการ (QOS) ซึ่งถือเป็นตัววัดได้ดีที่สุด ที่จะบ่งบอกถึงสภาพที่ใช้งานของสิ่งอำนวยความสะดวกและการให้บริการนั้นๆ ได้



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการบริการ คุณภาพการบริการและปัจจัยบ่งชี้คุณภาพ

การวัดคุณภาพการบริการ (QOS) สามารถวัดโดยอาศัยปัจจัยตัวหนึ่งตัวใดหรือหลายตัว การที่จะเลือกปัจจัยตัวใดก็ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการอธิบายถึงคุณภาพการบริการสำหรับสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility) หรือการบริการ (Service) นั้นๆ และจะต้องสะท้อนถึงการรับรู้ของผู้ใช้ ระดับการบริการ (LOS) ของสิ่งอำนวยความสะดวกจะหาได้จาก การแบ่งคุณภาพการบริการ (QOS) ออกเป็นช่วงๆ เช่น การวัดระดับการให้บริการของถนน ใน Highway Capacity Manual [4] ได้แบ่งระดับบริการ ออกเป็น 6 ระดับตามตัวอักษร A-F โดยที่กำหนดให้ A หมายถึง คุณภาพการให้บริการสูงสุด และ F หมายถึง คุณภาพที่ต่ำที่สุด ความสัมพันธ์ของระดับการบริการ คุณภาพการบริการและปัจจัยที่มีผลต่อการวัดคุณภาพการบริการดังแสดงในรูปที่ 1

3. การสร้างแบบจำลองทางสถิติเพื่อวัดระดับการให้บริการ

การรับรู้ระดับการบริการในการข้ามถนนปกติจะให้สเกล (Scale) โดยแบ่งระดับการบริการออกเป็นขั้นๆ เช่น ตั้งแต่ 1 ถึง 6 เป็นต้น โดยการแบ่งข้อมูลแต่ละขั้นจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Variable) หรืออยู่ในมาตราวัดข้อมูลประเภทสเกลอันดับ (Ordinal Scale) ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติ เพื่อที่จะอธิบายพฤติกรรมในการประเมินระดับความยากง่ายในการข้ามถนนบริเวณทางแยกมีอยู่ 2 ขั้นตอน [1] ดังนี้

1. การสร้างฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) จากข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อระดับความยากง่ายในการข้ามถนน โดยในการสร้างฟังก์ชันอรรถประโยชน์ผู้วิจัยสามารถสังเกตหรือวัดปัจจัยได้บางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการประเมินระดับการบริการ แต่มีบางปัจจัยที่ไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้ ดังนั้นค่าอรรถประโยชน์หรือฟังก์ชันอรรถประโยชน์จึงถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ได้จากปัจจัยที่สังเกตได้ (Observed Factor, $x\beta$) กับปัจจัยที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Unobserved Factor, ϵ) ดังสมการที่ (1)

2. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอรรถประโยชน์ (คุณภาพการบริการ) กับพฤติกรรมในการตัดสินใจเลือกตอบระดับบริการตามช่วงที่กำหนด ตัวอย่างการเชื่อมโยงค่าอรรถประโยชน์กับพฤติกรรมในการตัดสินใจเลือก คือ ผู้ประเมินจะบอกเรตติ้ง (Rating) ระดับการบริการ (LOS) ว่ามีค่าเท่ากับ 1 (ง่ายที่สุด) ก็ต่อเมื่อค่าอรรถประโยชน์ (y^*) ของเขาน้อยกว่า k_1 และจะบอกว่าเป็นระดับการบริการ (LOS) มีค่าเท่ากับ M (ค่าสูงสุด) ก็ต่อเมื่อค่าอรรถประโยชน์ (y^*) ของเขามีค่ามากกว่า k_{M-1} ดังสมการ (2) เป็นต้น

$$y^* = x\beta + \epsilon \quad (1)$$

โดยที่ y^* ค่าอรรถประโยชน์หรือค่าของคุณภาพการบริการในการข้ามถนนที่แท้จริง

x ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการบริการในการข้ามถนน

β ค่าพารามิเตอร์ของปัจจัย

ε ค่าผิดพลาด (Error)

$$LOS = 1 \text{ if } y^* \leq k_1$$

$$2 \text{ if } k_1 \leq y^* \leq k_2$$

.....

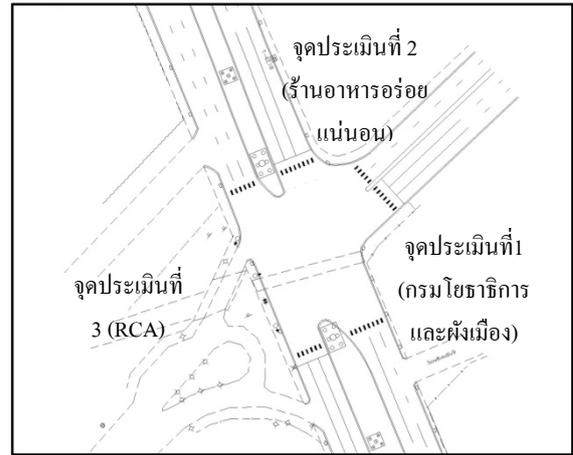
$$M \text{ if } k_{M-1} \leq y^*$$

$$(0 \leq k_1 \leq k_2 \leq \dots \leq k_{M-1}) \quad (2)$$

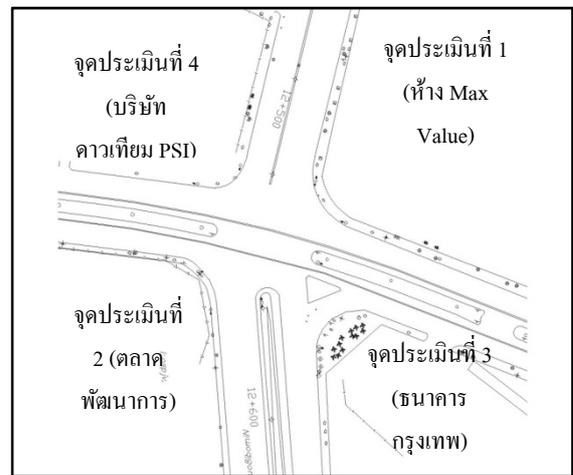
การสร้างแบบจำลองดังที่กล่าวมา สามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงลำดับ (Ordinal/Ordered Regression Analysis) และผู้วิจัยเลือกใช้ฟังก์ชันการเชื่อมต่อ (Link Function) เป็นโพรบิตฟังก์ชัน (Probit Function) โดยเรียกแบบจำลองดังกล่าวว่า แบบจำลองโพรบิตลำดับ (Ordinal/Ordered Probit Model) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้คือ แบบจำลองวัดระดับความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยก

4. การเก็บข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ซึ่งได้จากการสุ่มมาเป็นตัวแทนของประชากร (population) ที่จะข้ามถนนบริเวณทางแยกฝั่งเมือง (มีจุดประเมิน 3 จุด) และแยกพัฒนาการ (มีจุดประเมิน 4 จุด) คือผู้ที่สัญจรในบริเวณดังกล่าวเป็นผู้ประเมินระดับความยากในการข้าม โดยให้เวลาผู้ประเมินได้ทำสังเกตสภาพการจราจรจุดประเมินต่างๆที่กำหนด ดังรูปที่ 2 และ 3 โดยใช้แบบสอบถาม 2 ตอน ตอนแรกใช้ทำการเก็บข้อมูลด้านเศรษฐกิจ สังคมและพฤติกรรมในการข้ามถนนของผู้ประเมิน ประกอบด้วย อายุ เพศ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส จำนวนบุตร รายได้ รายจ่าย ความถี่ในการข้ามถนน



รูปที่ 2 ทางแยกฝั่งเมือง

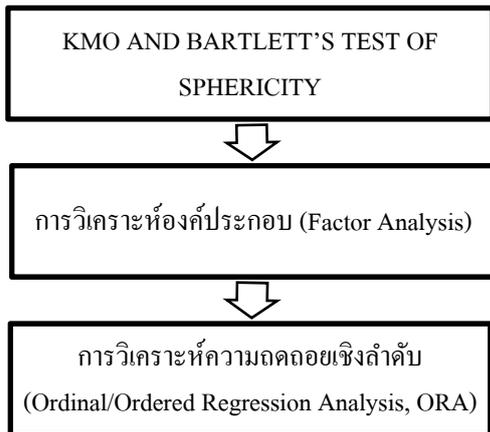


รูปที่ 3 ทางแยกพัฒนาการ

ตอนที่สองใช้เก็บค่าระดับความยากในการข้ามถนน ณ จุดประเมินต่างๆ การข้ามกำหนดให้ผู้ประเมินข้ามจากฝั่งการจราจรเข้าถึงแยก (Approach) ไปฝั่งการจราจรออกจากทางแยก (Departure) โดยกำหนดค่าตัวแปรและความหมายของระดับความยากในการข้ามถนนดังต่อไปนี้ 1 = “ง่ายที่สุด”, 2 = “ง่าย”, 3 = “ง่ายปานกลาง”, 4 = “ยากปานกลาง”, 5 = “ยาก”, 6 = “ยากที่สุด” [1-2] สำหรับข้อมูลด้านการจราจรและข้อมูลทางกายภาพของทางแยก ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก สำนักการจราจรและขนส่ง สำนักการโยธา กรุงเทพมหานครตามลำดับ (ตัวแปรแสดงในภาคผนวก)

5. การสร้างแบบจำลองวัดระดับความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยก

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลอง โดยขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองโพรบิตลำดับมี 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองโพรบิตลำดับ

5.1 KMO and Bartlett's Test of Sphericity

การศึกษาได้ผลการทดสอบค่า KMO เท่ากับ 0.762 และ การทดสอบ Bartlett's Test ได้ค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.000 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติว่าง (Null Hypothesis, H_0) ที่ว่าตัวแปรในการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน และยอมรับสมมติแย้ง (Alternative Hypothesis, H_1) ที่ว่าตัวแปรในการศึกษามีความสัมพันธ์ต่อกัน ดังนั้นผลการทดสอบจึงแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัว (สภาวะร่วมหลายตัวแปร, Multicollinearity) ในกลุ่มปัจจัยสภาพเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประเมิน

5.2 การวิเคราะห์หองค์ประกอบ (Factor Analysis)

การลดปัญหาสภาวะร่วมหลายตัวแปรสามารถทำได้ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หองค์ประกอบ และจะทำการวิเคราะห์เพียงปัจจัย (ตัวแปรต้น, Determinants) ประเภทข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประเมินเท่านั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาตัวแปรอีกสองประเภทที่เหลือเป็นการเฉพาะ จากการวิเคราะห์ได้จำนวนกลุ่มตัวแปรที่เหมาะสมในการแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 กลุ่ม ดังตารางที่ 1

โดยหากค่า Factor loading ของตัวแปรใดแสดงค่ามากในองค์ประกอบใด (ตามที่แรเงาไว้) ก็ให้จัดตัวแปรนั้นเข้าองค์ประกอบดังกล่าว และสามารถจัดกลุ่มตัวแปรได้ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ได้แก่ อายุ การศึกษา รายได้ รายจ่าย สถานภาพการสมรส จำนวนบุตร และ องค์ประกอบที่ 2 ได้แก่ เพศ ความถี่ในการข้ามถนน

ตารางที่ 1 ค่า Factor loading ที่ทำการหมุนแกนแล้ว

ตัวแปร	Rotated Component Matrix	
	1	2
อายุ	0.863	0.112
เพศ	0.110	0.794
การศึกษา	0.620	-0.175
รายได้	0.890	-0.232
รายจ่าย	0.810	-0.279
สถานภาพสมรส	0.812	0.182
จำนวนบุตร	0.746	-0.003
ความถี่ในการข้ามถนน	-0.220	0.759

5.3 การสร้างแบบจำลองโพรบิตลำดับ (Ordinal/Ordered Regression Analysis, ORA)

แบบจำลองโพรบิตลำดับได้รับการพัฒนาโดย Zavoina และ McKelvey (1975) [5] ซึ่งมีสมมติฐานให้การกระจายตัวของค่าปัจจัยที่ไม่สามารถสังเกตได้ (ε) เป็นแบบโค้งปกติ (Normal Distribution) และมีรูปแบบฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF, $\Psi(\varepsilon)$) ตามสมการ

$$\Psi(\varepsilon) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (3)$$

เมื่อ $-\infty < \varepsilon < \infty$

จาก สมการ (1) และ (2) เห็นได้ว่าค่าอรรถประโยชน์, y^* มีการกระจายรอบๆ ค่า $x\beta$ พร้อมกับรูปแบบของ

การกระจายของ \mathcal{E} ซึ่งเป็นการกระจายแบบแจกแจงปกติ โดยหากแบ่งช่วงระดับของ, y^* หรือในที่นี้เป็นความยากง่ายในการข้ามถนนออกเป็น 6 ระดับ จะทำให้มีจุดแบ่ง 5 จุด การหาความน่าจะเป็นที่ผู้ประเมินจะบอกว่าค่าอัตราประโยชน์ของตน, y^* จะตรงกับระดับการบริการในระดับใดๆ (LOS) หาได้จากการแทนค่าลงตัวแปรลงในสมการที่ (1) แล้วจัดรูปแบบสมการใหม่ซึ่งจะหาค่าของความน่าจะเป็นในการบอกระดับการบริการได้ดังสมการที่ (4)

$$P(LOS = 1|x\beta, k) = \Phi(k_1 - x\beta)$$

$$P(LOS = 2|x\beta, k) = \Phi(k_2 - x\beta) - \Phi(k_1 - x\beta)$$

.....

$$P(LOS = j|x\beta, k) = 1 - \Phi(k_{j-1} - x\beta) \quad (4)$$

ซึ่ง
$$\Phi = \int \Psi(\varepsilon) d\varepsilon \quad (5)$$

เมื่อพิจารณาจากสมการ (4) และ (5) สามารถหาความน่าจะเป็นในการที่บุคคลใดๆจะบอกระดับการบริการระดับที่ j ได้จากสมการ (6)

$$P(LOS = j) = \Phi(k_j - x\beta) - \Phi(k_{j-1} - x\beta) \quad (6)$$

โดยที่ $P(LOS=j)$ ความน่าจะเป็นที่ผู้ประเมินแต่ละคนจะบอกระดับความยากที่ j

Φ ฟังก์ชันสะสมของค่าความน่าจะเป็นแบบโพรบิท

k_j จุดแบ่งความยากในการข้ามถนนระหว่างระดับที่ j กับ j+1

k_{j-1} จุดแบ่งความยากในการข้ามถนนระหว่างระดับที่ j-1 กับ j

x ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความยากในการข้ามถนน

β ค่าพารามิเตอร์

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงลำดับ

Parameter Estimates		Estimate	Wald	Sig.
Threshold	[K ₁ = 1]	5.032	25.832	0.000
	[K ₂ = 2]	5.860	35.135	0.000
	[K ₃ = 3]	6.613	43.978	0.000
	[K ₄ = 4]	7.651	56.862	0.000
	[K ₅ = 5]	8.594	69.693	0.000
Location	องค์ประกอบที่ 2	-0.130	4.409	0.036
	ปริมาณรถเฉลี่ยขวาด้านใกล้	0.001	33.262	0.000
	จำนวนช่องจราจรรวมสองทิศทาง	0.929	78.328	0.000
	ความกว้างเกาะกลาง	-0.045	5.004	0.025
	ประเภทเกาะกลาง	0.878	8.946	0.003

จากผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงลำดับ (ORA) ด้วยโปรแกรม SPSS แสดงค่าในตารางที่ 2 โดยส่วนแรกเป็นค่าประมาณของ Threshold (breakpoint, Cutpoint) หรือจุดแบ่งค่าความยาก (QOS) และส่วนที่สองเป็นค่าประมาณของปัจจัย (Determinants, ตัวแปรต้น) ที่ได้จากการวิเคราะห์ความถดถอยห้ด้วยวิธี BACKWARD สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการทั่วไปและสมการความน่าจะเป็น ได้ดังสมการที่ (7) และ (8)

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยากในการข้ามถนน (QOS)} = & \\ & (-0.130 \times \text{Fac2_1}) \\ & (+0.878 \times \text{Mode_Mid}) \\ & (-0.045 \times \text{Mid_Width}) \\ & (+0.929 \times \text{Total_lane}) \\ & (+0.001 \times \text{Traffic turn right}) \quad (7) \end{aligned}$$

โดยที่	Fac2_1	องค์ประกอบที่2 (มีค่าเท่ากับ0.794 × เพศ + 0.759 × ความถี่ในการข้ามถนน)
	Mode_Mid	ชนิดของเกาะกลาง (แบบคอนกรีต = 1, แบบทาสี = 2)
	Mid_Width	ความกว้างเกาะกลาง (เมตร)
	Total_lane	จำนวนช่องจราจรรวมสองทิศทาง (ช่องจราจร)
	Traffic turn right	ปริมาณรถเลี้ยวขวาของการจราจรด้านใกล้ (คันต่อชั่วโมง)

สมการความน่าจะเป็นในการแปลงค่าความยากการข้ามถนนบริเวณทางแยก (QOS) ไปสู่ค่าระดับการบริการ =

$$\begin{aligned} P(y = 1) &= \Phi(5.032 - QOS) \\ P(y = 2) &= \Phi(5.860 - QOS) - \Phi(5.032 - QOS) \\ P(y = 3) &= \Phi(6.613 - QOS) - \Phi(5.860 - QOS) \\ P(y = 4) &= \Phi(7.651 - QOS) - \Phi(6.613 - QOS) \\ P(y = 5) &= \Phi(8.594 - QOS) - \Phi(7.651 - QOS) \\ P(y = 6) &= 1 - \Phi(8.594 - QOS) \quad (8) \end{aligned}$$

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงลำดับสามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1. ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบได้แก่ ตัวแปรองค์ประกอบที่2 (ตัวแปรเพศและตัวความถี่ในการข้ามถนน) และตัวแปรความกว้างของเกาะกลาง ซึ่ง

หมายความว่าตัวแปรในกลุ่มนี้ยิ่งมีค่ามากจะส่งผลทำให้ค่าความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยกของผู้เดินเท้ามีค่าต่ำ (ข้ามง่าย) 2. ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกได้แก่ ชนิดของเกาะกลาง (เกาะกลางชนิดทาสีจะทำให้ค่าความยากในการข้ามถนนมีค่าสูงขึ้น) จำนวนช่องจราจรรวมสองทิศทาง ปริมาณรถเลี้ยวขวาของการจราจรด้านใกล้ (ด้านใกล้ หมายความว่าถึง การจราจรฝั่งที่ปริมาณรถยนต์เข้าสู่ทางแยก) ซึ่งหมายความว่าตัวแปรในกลุ่มนี้ยิ่งมีค่ามากจะส่งผลในทางตรงข้ามกับกลุ่มตัวแปรในกลุ่มข้างต้น คือยิ่งมีค่ามากจะส่งผลทำให้ค่าความยากในการข้ามถนนบริเวณทางแยกของผู้เดินเท้ามีค่าต่ำ (ข้ามง่าย) ฉะนั้นหากมีการออกแบบทางแยกจะต้องมีการควบคุมไม่ให้ค่าของตัวแปรทั้งสองกลุ่มมีค่าสูงเกินไป ในกลุ่มตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกหรือต่ำเกินไป ในกลุ่มตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบซึ่งหากจำเป็นที่จะต้องออกแบบตัวแปรในกลุ่มดังกล่าวให้มีค่ามากหรือน้อยอันเนื่องจากสาเหตุด้านการจราจรหรือทางด้านกรออกแบบอันจะทำให้ความสามารถในการบริการของทางแยกในแง่ของผู้เดินเท้าลดลง อาจแก้ไขด้วยการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกเช่น สะพานลอย หรือเพิ่มสัญญาณไฟคนข้ามถนนในรอบสัญญาณปกติ เป็นต้น 3. ตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบจำลอง (ค่านี้ขสำคัญน้อยกว่า 0.05, ดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งอาจสรุปได้ว่า ตัวแปรในกลุ่มนี้ไม่ส่งผลต่อการประเมินค่าระดับความยากในการข้ามถนนของผู้เดินเท้าหรืออาจกล่าวได้ว่าผู้เดินเท้า (ผู้ประเมิน) ไม่สามารถรับรู้ปริมาณมากหรือน้อยของตัวแปรในกลุ่มนี้ได้ คือ ตัวแปรในกลุ่มนี้จะมีความมากหรือน้อยก็ไม่มีผลต่อความพอใจหรือความรู้สึกปลอดภัยของผู้เดินเท้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักการจราจรและขนส่ง สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในข้อมูล

บรรณานุกรม

[1] วีระยุทธ สวนผกา 2547, แบบจำลองความยากในการ

ข้ามบริเวณช่วงถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยศึกษาจากการรับรู้ของผู้ข้ามถนน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2] National Center for Transit Research (NCTR) University of South Florida. 2001, "Pedestrian Mid-Block Crossing Difficulty", Research Report NCTR-392-09, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

[3] Highway Research Board (HRB). 1966, "Highway Capacity Manual 1965", Special Report 87, National Research Council, Washington, D.C.

[4] Transportation Research Board (TRB). 1998, "Highway Capacity Manual", 3rdEd, Special Report 209, National Research Council, Washington D.C.

[5] Zavoina R and McKelvey w 1975, "A Statistical Model for the Analysis of Ordinal Level Dependent Variables", Journal of Mathematic sociology, pp103-120

ภาคผนวก

ตารางที่ 3 อธิบายตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา (หมายเหตุ ด้านใกล้คือ ฟัง Approach ด้านไกลคือ ฟัง Departure)

ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลเกี่ยวกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม (Socio-Economic Personal Characteristics)	
ปัจจัย	คำอธิบาย
อายุ	ช่วงอายุ 11-60 ปี
ระดับการศึกษา	1 ไม่ได้รับการศึกษา 2 จบชั้นประถมศึกษา (ป.1-ป.6) หรือกำลังเรียนชั้นมัธยมต้น (ก.ศ.น. , ม.1-3) 3 จบมัธยมต้นหรือกำลังเรียนมัธยมปลาย (ม.4-6)

ระดับการศึกษา	4 จบมัธยมปลาย หรือกำลังเรียนระดับอนุปริญญา (ปกศ./ปวท./ปวส.ฯลฯ) , กำลังเรียนปริญญาตรี 5 จบอนุปริญญา (ปกศ./ปวท./ปวส.ฯลฯ)
เพศ	1 เพศชาย 2 เพศหญิง
สถานะภาพการสมรส	1 โสด 2 สมรส
จำนวนบุตร	จำนวนบุตร (คน)
รายได้	บาทต่อเดือน
รายจ่าย	บาทต่อเดือน
ความถี่ในการข้ามถนน	จำนวนครั้งในการข้ามถนนต่อวัน
ลักษณะทางกายของถนน (Roadway Characteristic)	
ระยะข้าม (เมตร)	- ระยะข้ามด้านไกล - ระยะรวมสองทิศทาง - ระยะข้ามด้านใกล้
จำนวนช่องการจราจร (ช่องจราจร)	- ด้านใกล้จุดประเมิน - ด้านไกลจุดประเมิน - รวมสองทิศทาง
ความกว้างเกาะกลาง	ความของเกาะกลาง (เมตร)
ชนิดของเกาะกลาง	1 เกาะกลางแบบคอนกรีต 2 แบบทาสี
ข้อมูลการจราจร (Traffic Characteristic)	
ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)	- ทางตรงด้านใกล้ - เลี้ยวขวาด้านใกล้ - เลี้ยวซ้ายด้านใกล้ - ปริมาณรถรวมด้านไกล
ความล่าช้าที่ผู้เดินเท้าเผชิญในการข้ามถนน	ระยะเวลาความล่าช้าที่เกิดขึ้น (วินาที/ครั้ง)