

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำและที่มาของปัญหา

นับตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีนโยบายขยายแนวเส้นทาง และปรับปรุง บูรณะยกระดับมาตรฐานถนนภายในประเทศ เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณจราจร และการขยายตัวของเศรษฐกิจภายในประเทศที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบถนน จึงต้องพิจารณาความสะดวกสบายและความปลอดภัยที่เกิดขึ้นแก่ผู้ขับขี่ให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานถนนให้สูงมากขึ้น

การออกแบบแนวเส้นทางโดยพิจารณาความปลอดภัยและความสะดวกสบายแก่ผู้ขับขี่ ถือเป็นเป้าหมายหลักในการออกแบบแนวเส้นทาง (AASHTO, 1994) ผู้ออกแบบต้องเข้าใจพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ใช้ถนนว่าเป็นอย่างไร เช่น ควรมีระยะหยุดที่ปลอดภัยเท่าไร ระยะมองเห็นควรเป็นเท่าไร หรือ องศาของโค้งราบที่เปลี่ยนไปจะทำให้ผู้ขับขี่มีความรู้สึกอย่างไร สิ่งเหล่านี้ผู้ออกแบบควรทราบและออกแบบลักษณะทางเรขาคณิต ของแนวเส้นทางให้เหมาะสม และสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ เพื่อบรรลุเป้าหมายหลักในการออกแบบแนวเส้นทางให้มากที่สุด

การคัดเลือกและออกแบบแนวเส้นทาง นักวางแผน และผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม การจราจร และด้านวิศวกรรม เป็นต้น โดยเฉพาะความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมนี้ เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องโดยตรงแก่ผู้ที่ขับขี่ยานพาหนะในแนวเส้นทาง กรมทางหลวงให้ความสำคัญกับการพิจารณาด้านวิศวกรรม เนื่องจากเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงแก่ผู้ขับขี่ และในการประเมินความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมนี้ จะต้องพิจารณาถึงความสะดวกสบาย และความปลอดภัยที่จะเกิดขึ้นแก่ผู้ขับขี่ แต่การพิจารณาความเหมาะสมด้านวิศวกรรมนั้น กรมทางหลวงใช้วิธีการพิจารณาโดยเปรียบเทียบในแต่ละแนวเส้นทางที่เลือก เช่นการเปรียบเทียบจำนวนโค้งราบ และโค้งดิ่งของแนวเส้นทาง กล่าวคือ ในแนวเส้น

ทางใดมีจำนวนโค้งราบ และ โค้งค้งมาก จะถือว่าแนวเส้นทางนั้นจะให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ขับขี่ได้น้อยกว่าในแนวเส้นทางเลือก จึงให้คะแนนน้อยกว่าแนวเส้นทางที่มีจำนวนโค้งราบ และ โค้งค้งที่น้อยกว่า และการเปรียบเทียบความลาดชันของแนวเส้นทาง คือ แนวเส้นทางใดมีความลาดชันมากจะถือว่าแนวเส้นทางนั้นจะให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ขับขี่ได้น้อยจึงให้คะแนนน้อยกว่าแนวเส้นทางเลือกอื่นที่มีความลาดชันที่น้อยกว่า และการเปรียบเทียบความยากง่ายในการก่อสร้าง คือ จะให้คะแนนมากในแนวเส้นทางที่สามารถก่อสร้างได้ง่าย และการเปรียบเทียบรูปตัดและเขตทาง โดยพิจารณาว่าแนวเส้นทางใดมีเขตทาง และรูปตัดที่สามารถขยายจำนวนช่องจราจรเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นในอนาคต ก็จะทำให้คะแนนมากในแนวเส้นทางที่สามารถทำได้ ส่วนในแนวเส้นทางที่ขยายไม่ได้หรือสามารถขยายได้น้อยกว่าก็จะให้คะแนนในแนวเส้นทางนั้นน้อยกว่าเช่นกัน จากนั้นจะรวบรวมคะแนนแต่ละข้อ แล้วเลือกแนวเส้นทางที่มีคะแนนรวมมากที่สุด เป็นแนวเส้นทางที่มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมมากที่สุด

จะเห็นว่าการพิจารณาความเหมาะสมด้านวิศวกรรมของกรมทางหลวงที่ผ่านมา เป็นการพิจารณาในเชิงคุณภาพ เช่นการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทางในภาพรวม โดยเปรียบเทียบเพียงจำนวน โค้งราบและ โค้งค้งเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางโดยตรง ซึ่งการพิจารณาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมนั้น ควรจะพิจารณาถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง และตัวแปรที่บอกถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการขับขี่ได้เป็นอย่างดีตัวแปรหนึ่งคือความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในแนวเส้นทาง (Oppenlander, 1978)

ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้ความเร็วในการขับขี่ได้อย่างอิสระ โดยปราศจากข้อจำกัดในด้านต่างๆ เช่น ข้อจำกัดของคนขับเอง ได้แก่ อายุ เพศ การมองเห็น ความเหนื่อยล้า เป็นต้น ข้อจำกัดของยานพาหนะ ถนน ลักษณะการจราจร และลักษณะทางสภาพแวดล้อมของแนวเส้นทาง แต่ในความเป็นจริงนั้น ผู้ขับขี่จำเป็นต้องเลือกใช้ความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่น ข้อจำกัดของคนขับเอง ข้อจำกัดด้านการจราจร สภาพแวดล้อมของถนน และลักษณะทางเรขาคณิต เป็นต้น (TRB, 1994)

ในงานวิจัยหลายๆ ฉบับได้รวบรวมลักษณะการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่พบว่าความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้เมื่อต้องขับผ่านไปภายใต้กระแสการจราจรที่อิสระ (Free Flow Traffic Stream) จะมีค่ามากกว่าความเร็วภายใต้ข้อจำกัดของกระแสจราจร (Non-Free Flow Traffic Stream) และยังแสดงตัวอย่างให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ กับข้อจำกัดของกระแสจราจร พบว่าความเร็วเฉลี่ยที่ผู้ขับขี่เลือกใช้จะแปรผกผันกับข้อจำกัดของการ

จราจรที่เพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความลาดชันติดลบ ซึ่งความสัมพันธ์ในลักษณะนี้ต้องเป็นความสัมพันธ์ที่มีเงื่อนไขของการไหลของการจราจรที่คงที่ และต้องจำกัดจำนวนการพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อความเร็วของผู้ขับขี่ (Matson, et al., 1980)

จะเห็นว่าความเร็วในการขับขี่เป็นตัวแปรสำคัญตัวแปรหนึ่งที่ใช้พิจารณาถึงความสะดวกสบายในการขับขี่ ส่วนความปลอดภัยในการขับขี่จะพิจารณาความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงเมื่อต้องขับขี่ผ่านไปในช่วงของแนวเส้นทางที่มีลักษณะทางการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือถ้าผู้ขับขี่ได้ขับขี่ยานพาหนะไปในช่วงที่ลักษณะการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป และทำให้ต้องเปลี่ยนความเร็วในการขับขี่มากในเวลาสั้นๆ นั้นอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นกัน ดังนั้นเมื่อต้องการประเมินความเหมาะสมด้านวิศวกรรมนั้นควรพิจารณาถึงความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในแนวเส้นทางนั้น และความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่ในช่วงที่มีลักษณะทางการจราจรที่เปลี่ยนไป

ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต (Geometric Modulus) เป็นค่าโมดูลัสที่พิจารณาจากความเร็วเฉลี่ยที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ กับความเร็วที่เปลี่ยนไปเมื่อผู้ขับขี่ได้ขับขี่ผ่านช่วงที่มีลักษณะทางการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป โดยค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตดังกล่าวจะหาได้จากผลต่างระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในรูปของลอการิทึม (Logarithm) กับความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปในรูปของลอการิทึม เช่นกัน จะเห็นว่าถ้าในช่วงที่พิจารณาอยู่นั้นมีการใช้ความเร็วในการขับขี่ที่สูง ก็จะทำให้ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่สูง และยิ่งถ้าการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ผ่านแนวเส้นทางในอีกช่วงหนึ่งมีค่าน้อย ก็จะทำให้ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต มีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นถ้าการประเมินแนวเส้นทางแล้วได้ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่มีค่ามาก แสดงว่าช่วงแนวเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น มีความสะดวกสบายและมีความปลอดภัยในการขับขี่มาก และในทางกลับกันถ้าได้ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่น้อย นั้นหมายถึงแนวเส้นทางที่กำลังพิจารณาจะมีความสะดวกสบายและมีความปลอดภัยในการขับขี่น้อยเช่นเดียวกัน (Oppenlander, and Dawson, 1967)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ต้องการประเมินความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมของแนวเส้นทางในเชิงปริมาณ โดยการนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตมาเป็นค่าที่พิจารณาว่าในแนวเส้นทางดังกล่าวมีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมมากน้อยเพียงใด แต่เนื่องจากค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตเป็นค่าโมดูลัสที่ต้องใช้ตัวแปรสองชนิดในการประเมิน ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ กับความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงไปเมื่อต้องขับขี่ผ่านไปในอีกช่วงของแนวเส้นทางที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการจราจร ดังนั้นจึงต้องประเมินหาความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ และความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้ขับขี่ ซึ่งในการประเมินหาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมในครั้งนี้ เป็นการประเมินเพื่อให้ผู้ออกแบบแนวเส้นทาง ทราบถึงความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมของการออก

แบบแนวเส้นทาง ดังนั้นความเร็วยานพาหนะที่จะประเมินออกมานั้น จะเป็นความเร็วที่ผู้ขับขี่ตัดสินใจโดยได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางเรขาคณิตเป็นประเด็นหลัก ซึ่งในการวิจัยจะประเมินหาความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ภายใต้อิทธิพลของลักษณะทางด้านเรขาคณิต จากนั้นนำความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ และความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปประเมินหาค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถทราบว่าแนวเส้นทางที่ออกแบบอยู่นั้นมีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมมากน้อยเพียงใดโดยพิจารณาจากค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต

1.2 ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

1.2.1 การประเมินผลการออกแบบแนวเส้นทาง

Abishai, et al. (1984) ได้ศึกษาวิธีการประเมินหาความเร็วเฉลี่ยของผู้ขับขี่ที่ได้รับผลกระทบจากลักษณะทางเรขาคณิต โดยเก็บข้อมูลจากถนนสองช่องจราจร ใน 16 เส้นทางบริเวณทางตอนเหนือของประเทศอิสราเอล ซึ่งในแต่ละช่วงของการเก็บข้อมูลจะมีความยาวตั้งแต่ 1.0 ถึง 3.4 กิโลเมตร และบริเวณที่เก็บข้อมูลจะต้องอยู่ห่างจากทางแยกอย่างน้อย 500 เมตร เพื่อให้ความเร็วที่เก็บได้เป็นความเร็วที่ไม่ได้รับผลกระทบจากทางแยก ส่วนตัวแปรที่พิจารณานั้นเป็นตัวแปรทั้งที่เป็นตัวแปรทางลักษณะทางเรขาคณิต และลักษณะการจราจร ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยความโค้ง (Average curvature of a section ; α (องศา/กิโลเมตร))

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i / L \quad (1.1)$$

โดยที่ α_i = มุมภายนอกระหว่างแนวทางตรงที่ i. กับทางตรงที่ i+1 (องศา)

L = ความยาวของช่วง (กิโลเมตร)

n = จำนวนแนวทางตรง

- ค่าเฉลี่ยของความเป็นเนินเขา (Average hilliness of a section ; β (ม./กม.))

$$\beta = \sum_{i=1}^{m-1} \beta_i / L \quad (1.2)$$

โดยที่ β_i = ระยะทางตามแนวโค้งระหว่างจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของ
โค้งที่ i. กับจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของโค้งที่ i+1
(เมตร)

L = ความยาวของช่วง (กิโลเมตร)

m = จำนวน โค้ง

- ความลาดชัน (γ)

$$\gamma = h/L \quad (1.3)$$

โดยที่ h = ระยะทางในแนวโค้งระหว่างจุดที่เริ่มต้นพิจารณา ถึง
จุดสุดท้ายที่พิจารณาในแต่ละช่วง

L = ความยาวของช่วง (กิโลเมตร)

- ความกว้างของช่องจราจร (w (เมตร))
- ปริมาณรถบรรทุกในกระแสดจราจร (f)
- ค่าการกระจายในแต่ละทิศทางของกระแสดจราจร (Directional Distribution of Traffic; E)
- ปริมาณการจราจร (Q (คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร))

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้ง 16 แนวเส้นทางมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่ และนำมาสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะโดยสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรง ด้วยโปรแกรม SPSS โดยแบ่งตามปริมาณการจราจรของถนน ดังนี้

แบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะเมื่อปริมาณการจราจร ≤ 200 คันต่อชั่วโมง

$$S = 90.485 - 0.010\alpha - 0.591\beta - 0.029\gamma - 0.231f \quad (r^2 = 0.900) \quad (1.4)$$

แบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะเมื่อปริมาณการจราจร > 200 คันต่อชั่วโมง

$$S = 87.409 - 0.137\alpha - 0.191\beta - 0.072\gamma - 2.746\varepsilon \quad (r^2 = 0.774) \quad (1.5)$$

จากแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยที่ได้ทั้งสองสมการนี้ มีรูปแบบในรูปสมการเชิงเส้นตรง ความเร็วเฉลี่ยที่ได้มีหน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง และจากการวิจัยในครั้งนี้ยังได้ข้อสรุปอีกว่า ความกว้างของช่องจราจรไม่มีผลกระทบใดๆ ในการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ อีกทั้งยังมีตัวแปรทางด้านการออกแบบทางเรขาคณิตอื่นๆ อีกที่มีผลกระทบต่อการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ที่การวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้นำมาพิจารณา เช่น ความสม่ำเสมอในการออกแบบโค้งราบ และ โค้งคัง อัตราการยกโค้ง (Superelevation) เป็นต้น

Kanelladis, et al. (1990) ต้องการประเมินหาพฤติกรรม การเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ในบริเวณโค้งของถนนนอกเมืองในประเทศกรีซ จึงได้เก็บข้อมูลความเร็วของรถยนต์จำนวน 58 โค้งในประเทศกรีซ และในแต่ละโค้งจะเก็บข้อมูลความเร็ว ไม่น้อยกว่า 200 ตัวอย่าง เพื่อนำไปหาค่าความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ (85th Percentile Speed) ของผู้ขับขี่ในแต่ละโค้ง เพื่อนำมาประเมินหาแบบจำลองความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้เมื่อขับขี่ผ่านบริเวณ โค้งของถนนนอกเมือง โดยตัวแปรที่พิจารณาในแต่ละโค้งได้แก่ รัศมีโค้ง องศาของโค้งราบ อัตราการยกโค้ง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง และความลาดชัน โดยมีเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลดังนี้

- ในบริเวณที่เก็บข้อมูลต้องไม่มีทางแยกอยู่ใกล้ๆ
- ความลาดชันไม่เกิน 3 เพอร์เซ็นต์
- ในช่วงที่เก็บข้อมูลจะต้องมีความกว้างของช่องจราจร และความกว้างของไหล่ทางที่คงที่
- ลักษณะของผิวทางในบริเวณที่เก็บข้อมูลต้องมีสภาพที่ดี
- เก็บข้อมูลเฉพาะรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

เมื่อได้ข้อมูลจำนวน 56 โค้งแล้วในแต่ละโค้งจะเลือกใช้ความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์เป็นตัวแทนความเร็วของแต่ละโค้ง จากนั้นจึงนำตัวแปรที่พิจารณาทั้งหมดไปสร้างแบบจำลองความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ขับขี่ผ่านบริเวณ โค้งราบ ในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรง ได้แบบจำลองความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ดังนี้

$$V_{ss} = 109.085 - 2.197(DC) \quad (r^2 = 0.647) \quad (1.6)$$

หรือ

$$V_{ss} = 109.085 - 3837.554(1/R) \quad (r^2 = 0.647) \quad (1.7)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} V_{ss} &= \text{ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)} \\ DC &= \text{องศาของโค้งราบ (องศา)} \\ R &= \text{รัศมีของโค้งราบ (เมตร)} \end{aligned}$$

จากแบบจำลองความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ขับผ่านในบริเวณ โค้งในทางหลวงนอกเมืองนั้นผู้วิจัยยังได้ข้อสรุปอีกว่า ในลักษณะทางเรขาคณิตด้านอื่นๆ เช่น อัตราการยกโค้ง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง และความลาดชันไม่ได้มีผลกระทบต่อการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

Hashem, et al. (1995) ต้องการหาวิธีการประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในแต่ละช่วงของแนวเส้นทาง โดยแยกยานพาหนะเป็นประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถบรรทุกเบา รถบรรทุก และแยกประเภทของแนวเส้นทางออกเป็นในแนวทางตรง แนวทางโค้ง และในแนวทางโค้งที่มีลักษณะต่อเนื่องกัน โดยเก็บข้อมูลความเร็ว จำนวน 57 โค้งเดี่ยว 36 โค้งต่อเนื่อง ซึ่งในการเก็บข้อมูลความเร็วในทางโค้งก็จะเก็บข้อมูลความเร็วในทางตรงด้วยเช่นกัน และมีเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลดังนี้

- จะต้องเป็นแนวเส้นทางที่ไม่มีลักษณะทางเรขาคณิตใดๆรอบกวน เช่น มีร่องน้ำในบริเวณข้างเคียงหรือเป็นเส้นทางที่มีสะพานแคบๆ เป็นต้น
- ลักษณะพื้นผิวทาง ความกว้างของช่องจราจร และความกว้างของไหล่ทางต้องมีค่าคงที่ตลอดทั้งแนวเส้นทาง
- สภาพของพื้นผิวในแนวทางตรง และพื้นผิวในแนวทางโค้งต้องมีลักษณะเหมือนกัน
- ช่วงของแนวทางตรงที่เก็บข้อมูล ต้องมีความยาวอย่างน้อย 800 เมตร เพื่อให้ได้ความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้จากแนวทางตรงนั้น โดยแท้จริง

- ในโค้งที่มีลักษณะเป็นโค้งต่อเนื่องกัน จะต้องมีความยาวตรงที่เชื่อมต่อกันไม่เกิน 300 เมตร จึงจะถือว่าโค้ง 2 โค้งนั้นเป็นโค้งต่อเนื่องกัน

เมื่อเก็บข้อมูลความเร็วทั้งหมดแล้ว เลือกใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวแทนความเร็วในแต่ละพื้นที่เพื่อให้สร้างแบบจำลองความเร็วที่ลดลงในแต่ละช่วงของแนวเส้นทาง และแบบจำลองความเร็วที่เปลี่ยนแปลงโดยแยกประเภทของยานพาหนะจะแบ่งเป็น 3 พื้นที่ คือ (1) ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขับขึ้นทางโค้งเดียว (2) ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขับขึ้นทางโค้งต่อเนื่อง และ (3) ความเร็วในแนวทางตรง ซึ่งแบบจำลองความเร็วมีดังนี้

- แบบจำลองความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในโค้งเดียว

$$\Delta V_P = 3.64 + 1.78DC \quad (R^2 = 0.510) \quad (1.8)$$

$$\Delta V_L = 2.0DC \quad (R^2 = 0.690) \quad (1.9)$$

$$\Delta V_T = 4.32 + 1.44DC \quad (R^2 = 0.420) \quad (1.10)$$

$$\Delta V_A = 3.30 + 1.58DC \quad (R^2 = 0.620) \quad (1.11)$$

โดยที่

$$\Delta V_P = \text{ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (กม./ชม.)}$$

$$\Delta V_L = \text{ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของรถบรรทุกเบา (กม./ชม.)}$$

$$\Delta V_T = \text{ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของรถบรรทุก (กม./ชม.)}$$

$$\Delta V_A = \text{ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของรถทั้งหมด (กม./ชม.)}$$

$$DC = \text{องศาของโค้งราบ (องศา)}$$

และเมื่อนำลักษณะทางเรขาคณิตในแนวดิ่งมาพิจารณาร่วมด้วยจะทำให้ค่า R^2 ที่สูงมากขึ้น โดยแบบจำลองความเร็วที่เปลี่ยนแปลงมีรูปแบบดังนี้

$$\Delta V_A = 1.84 + 1.39DC + 0.07G^2 \quad (R^2 = 0.770) \quad (1.12)$$

หรือ

$$\Delta V_A = 1.45 + 1.55DC + 0.00004V_C^2 \quad (R^2 = 0.760) \quad (1.13)$$

โดยที่

G = ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์)

V_c = ความสูงของโค้งตั้งในบริเวณโค้งราบ (เมตร)

- แบบจำลองความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในโค้งต่อเนื่อง

$$\Delta V_P = \frac{5.708}{R_2} - \frac{5.689}{R_1} \quad (R^2 = 0.720) \quad (1.14)$$

$$\Delta V_L = \frac{4.957}{R_2} - \frac{4.888}{R_1} \quad (R^2 = 0.770) \quad (1.15)$$

$$\Delta V_T = \frac{5.463}{R_2} - \frac{5.463}{R_1} \quad (R^2 = 0.660) \quad (1.16)$$

$$\Delta V_A = \frac{5.081}{R_2} - \frac{5.081}{R_1} \quad (R^2 = 0.810) \quad (1.17)$$

โดยที่

R_1 และ R_2 = รัศมีของโค้งราบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (เมตร)

- แบบจำลองความเร็วในแนวทางตรง

$$V_P = 115.0 - \frac{3.722}{LT} - 0.70 \left(\frac{DF_1 \times DF_2}{DF_1 + DF_2} \right) \quad (R^2=0.680) \quad (1.18)$$

$$V_L = 106.0 - \frac{3.391}{LT} - 0.73 \left(\frac{DF_1 \times DF_2}{DF_1 + DF_2} \right) \quad (R^2=0.710) \quad (1.19)$$

$$V_T = 99.3 - \frac{3.099}{LT} - 0.75 \left(\frac{DF_1 \times DF_2}{DF_1 + DF_2} \right) \quad (R^2=0.720) \quad (1.20)$$

$$V_A = 108.3 - \frac{3.498}{LT} - 0.71 \left(\frac{DF_1 \times DF_2}{DF_1 + DF_2} \right) \quad (R^2=0.720) \quad (1.21)$$

โดยที่

V_P	=	ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (กม./ชม.)
V_L	=	ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ ของรถบรรทุกเบา (กม./ชม.)
V_T	=	ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ ของรถบรรทุก (กม./ชม.)
V_A	=	ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ ของรถทั้งหมด (กม./ชม.)
LT	=	ความยาวของแนวทางตรง (เมตร)
DF_1 และ DF_2	=	มุมที่หักเห (Deflection Angles) ของโค้งราบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (องศา)

ในการวิจัยในนี้ ได้พยายามหาความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในการขับขี่ผ่านในบริเวณโค้ง ทั้งโค้งเดี่ยวและโค้งที่ต่อเนื่องกัน เพื่อเสนอเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยพิจารณาจากความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงเมื่อได้ขับขี่ผ่านไปในช่วงที่มีลักษณะทางจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป

Fitzpatrick, et al. (1997) ต้องการประเมินหาความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ขับขี่ในบริเวณโค้งในทางหลวงที่มี 4 ช่องจราจรบริเวณนอกเมือง โดยนำลักษณะทางเรขาคณิตเป็นตัวแปรที่พิจารณาร่วมกับปริมาณความหนาแน่นของสัญญาณจราจรในช่วง 1 กิโลเมตร (Approaches Densities) ในหน่วย (จำนวน/กิโลเมตร) โดยเก็บข้อมูลทางโค้งที่มี 4 ช่องจราจรในทางหลวงนอกเมืองในมลรัฐเท็กซัส โดยตัวแปรที่เก็บข้อมูลมาได้แก่ รัศมีโค้งราบ อัตราการยกโค้ง ความเร็วที่ออกแบบ ปริมาณสัญญาณไฟในช่วง 1 กิโลเมตร โดยในการเก็บความเร็วของยานพาหนะนั้นมีเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลดังนี้

- ใช้ปืนจับความเร็ว (Radar Gun) เป็นเครื่องวัดความเร็วของยานพาหนะ โดยการตั้งปืนจับความเร็วขึ้น ผู้ขับขี่จะต้องไม่สามารถมองเห็นได้ว่ากำลังวัดความเร็วของยานพาหนะที่ตนเองขับอยู่
- เก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะในแต่ละโค้งไม่น้อยกว่า 150 ข้อมูล
- ลักษณะของการจราจรในขณะวัดความเร็วต้องเป็นการไหลของกระแสจราจรที่เป็นอิสระ (Free Flow Traffic Stream) โดยมีระยะเสถียรภาพมากกว่า 5 วินาที
- ความเร็วของยานพาหนะที่วัดได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถกระบะ รถบรรทุก
- เก็บข้อมูลความเร็วในเวลากลางวัน และสภาพภูมิอากาศสามารถมองเห็นสภาพแนวเส้นทางได้ดี
- สภาพพื้นผิวถนนต้องอยู่ในสภาพที่ดี

จากนั้นเลือกใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวแทนความเร็วในแต่ละโค้งเพื่อนำมาประเมินหาแบบจำลองความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในการขับขี่เข้าทางโค้ง โดยมีรูปแบบสมการของแบบจำลองในรูปสมการเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$V_{ss} = 56.34 + 0.808R^{0.5} + 9.34/AD \quad (1.22)$$

โดยที่

V_{ss} = ความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้บนโค้งที่ 85 เปอร์เซ็นต์ (กม./ชม.)

R = รัศมีของโค้งราบ (เมตร)

AD = ปริมาณความหนาแน่นของสัญญาณจราจรในช่วง 1 กิโลเมตร (Approaches Densities) ในหน่วย (จำนวน/กิโลเมตร)

จะเห็นว่าแบบจำลองความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้เมื่อขับผ่านบริเวณโค้งของถนน 4 ช่องจราจร ในบริเวณนอกเมือง ในการวิจัยครั้งนี้ไม่เพียงแต่พิจารณาตัวแปรที่เป็นลักษณะทางเรขาคณิตเพียงอย่างเดียว ยังได้นำตัวแปรลักษณะทางการจราจรคือปริมาณสัญญาณไฟในช่วง 1 กิโลเมตร มาเป็นตัวแปรที่พิจารณาร่วมกับลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง แต่ยังคงรูปแบบสมการที่มีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้นตรง

Moshe (1987) ต้องการหาวิธีการประเมินความสม่ำเสมอในการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางโดยพิจารณาจากความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงไปในขณะขับขี่ผ่านบริเวณโค้ง โดยเก็บตัวอย่างความเร็วของยานพาหนะบนถนนในออสเตรเลียประมาณ 1,000 จุดทั้งในทางตรง และในทางโค้ง โดยในทางเลือกเก็บความเร็วในบริเวณกึ่งกลางของโค้งที่มีรัศมีโค้ง 50 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร จากนั้นจึงนำความเร็วที่ได้ในทางตรง และทางโค้งทั้งหมดมาพล็อตลงในกราฟเพื่อหาความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วง เมื่อได้ความเร็วจากการเก็บข้อมูลแล้วนำความเร็วดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับความเร็วที่ได้จากแบบจำลองความเร็วที่ Mclean (1974) ได้สร้างไว้ ดังนี้

$$V_c = 74[1 - \exp(-0.017R)] \quad (1.23)$$

โดยที่

V_c = ความเร็วในบริเวณกึ่งกลางโค้ง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

R = รัศมีของโค้งราบ (เมตร)

โดยแบบจำลองนี้จะใช้ประเมินหาความเร็วของยานพาหนะที่ขับผ่านในบริเวณกึ่งกลางของโค้ง และเมื่อนำความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลองความเร็ว เปรียบเทียบกับความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงจากการเก็บข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตาราง 1.1.

ตาราง 1.1. แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงจากการเก็บข้อมูล และจากการคำนวณ โดยแบบจำลองความเร็วที่บริเวณกึ่งกลางโค้ง

ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในโค้งที่มีรัศมีต่างๆ (กม./ชม.)		
	50 เมตร	100 เมตร	200 เมตร
ความเร็วจากการเก็บข้อมูล	28.5	12.7	5.0
ความเร็วจากแบบจำลองความเร็ว	31.5	13.9	2.2

จะเห็นว่าความเร็วที่เปลี่ยนแปลงที่ได้จากแบบจำลองความเร็วในบริเวณกึ่งกลางโค้ง กับความเร็วที่ได้จากการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไม่เกิน 3.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และจากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำว่า ความสม่ำเสมอในการออกแบบลักษณะทางเรขาคณิตของ แนวเส้นทาง เป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้ออกแบบควรพิจารณา มิใช่พิจารณาแต่เพียงความเร็วที่ให้ออกแบบเท่านั้น เนื่องจากความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในการขับขี่ มักจะมีค่ามากกว่าความเร็วที่ผู้ออกแบบให้อยู่มาก อีกทั้งในการออกแบบแนวเส้นทางควรคำนึงถึงความยาวของช่วงแนวทางตรง ประกอบกับรัศมีของโค้งเนื่องจากถ้าแนวทางตรงมีระยะทางมากๆ จะทำให้ผู้ขับขี่ขับผ่านเข้ามา ในบริเวณ โค้งที่ความเร็วสูงมากจะทำให้เกิดการต้องเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ผ่านโค้ง นั้นๆ มากด้วยอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้เช่นกัน

Krammes, et al. (1995) ต้องการประเมินความสม่ำเสมอในการออกแบบทาง เรขาคณิตของแนวเส้นทางโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม เพื่อพิจารณาหาความสม่ำเสมอในการ ออกแบบแนวเส้นทาง ของทางหลวง 2 ช่องจราจร ในบริเวณนอกเมือง โดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม ดังกล่าวจะประกอบด้วยแบบจำลอง 2 ชนิด คือ (1) แบบจำลองความเร็วยานพาหนะ และ (2) แบบ จำลองหาค่าเวอร์กโหลด (Workload) ของผู้ขับขี่ โดยรายละเอียดในการจัดทำแบบจำลองต่างๆ มี ดังนี้

- แบบจำลองความเร็วยานพาหนะ

ได้เก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะในบริเวณ โค้งในกระแสดจราจรที่ไหลอย่าง อิสระ (Free Flow Traffic Stream) เป็นจำนวน 138 โค้ง ในพื้นที่ 5 มลรัฐ ได้แก่ นิวเจอร์ซีย์ โอริกอน เพนซิลวาเนีย เท็กซัส และ วอชิงตัน โดยมีเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลดังนี้

- ต้องเป็นถนน 2 ช่องจราจรบริเวณนอกเมืองที่มีปริมาณการจราจรต่ำ
- สภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบ หรือเนินเขา กล่าวคือ ความลาดชันต้องไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์
- ความเร็วที่ให้ออกแบบถนนไม่เกิน 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- ความกว้างของช่องจราจร ตั้งแต่ 3.05 – 3.66 เมตร (10 – 12 ฟุต)
- ความกว้างของไหล่ทาง ตั้งแต่ 0.00 – 2.44 เมตร (0 – 8 ฟุต)

เมื่อได้ข้อมูลในแต่ละโค้งแล้ว เลือกใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละพื้นที่ เป็นตัวแทนความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ เพื่อหาแบบจำลองความเร็วที่ผู้ขับขี่ได้ขับผ่านในบริเวณ โค้ง ซึ่งแบบจำลองความเร็วที่ได้จะมีลักษณะในรูปของสมการเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$V_{ss} = 102.45 - 1.54D + 0.0037L - 0.10I \quad (R^2 = 0.820) \quad (1.24)$$

โดยที่

$$V_{ss} = \text{ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของผู้ขับขี่เลือกใช้ขณะขับผ่านทางโค้ง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)}$$

$$D = \text{องศาของโค้งราบ (องศา)}$$

$$I = \text{มุมที่เปลี่ยนแปลงของโค้ง (Deflection Angle) (องศา)}$$

ส่วนแบบจำลองความเร็วของผู้ขับในทางตรง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในแนวทางตรงที่มีความยาวเพียงพอที่จะทำให้ผู้ขับขี่เลือกใช้ความเร็วในแนวทางตรงได้มากที่สุด โดยได้เก็บข้อมูลความเร็วในแนวทางตรง จำนวน 78 แนวทางตรง โดยที่มีเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลความเร็วเหมือนการเก็บข้อมูลในทางโค้ง และได้หาความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้ในแนวทางตรงที่ 85 เปอร์เซ็นต์เป็นแบบจำลองความเร็วคือที่ ความเร็ว 97.9 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถือว่าเป็นความเร็วที่ใช้ประเมินเมื่อผู้ขับขี่ได้ขับขี่ในแนวทางตรง

- แบบจำลองหาค่าเวิร์กโหลด (Workload) ของผู้ขับขี่

ค่าเวิร์กโหลด (Workload) ของผู้ขับขี่ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงอัตราส่วนของเวลาทั้งหมดที่ผู้ขับขี่จำเป็นต้องมองมาที่บริเวณถนนที่กำลังขับขี่อยู่ ซึ่งแบบจำลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาหาค่าเวิร์กโหลดของ Shafer, M. A., et al. (1994) มาพิจารณาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งแบบจำลองหาค่าเวิร์กโหลดของผู้ขับขี่ในทางโค้ง จะมีรูปแบบในรูปของสมการเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$WL = 0.193 + 0.0016D \quad (R^2 = 0.900) \quad (1.25)$$

โดยที่

$$WL = \text{ค่าเวิร์กโหลดของผู้ขับขี่}$$

$$D = \text{องศาของโค้งราบ (องศา)}$$

ส่วนค่าเวิร์กโหลดของผู้ขับในทางตรง จากการเก็บข้อมูลของ Shafer เลือกใช้ที่ค่า 0.176 นั้นหมายความว่า ในการที่ผู้ขับขี่ได้ขับขี่ไปในแนวทางตรงต้องการระยะเวลาในการมองมาที่ถนนเพียง 17.6 เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่ได้ขับขี่ในแนวทางตรง

เมื่อได้แบบจำลองทั้งสองชนิดแล้ว จึงสร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรม โดยการทำงานของคอมพิวเตอร์โปรแกรมผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลดังนี้

- ลำดับที่ของโค้ง
- จุดเริ่มต้นโค้ง (PC Station)
- จุดสิ้นสุดโค้ง (PT Station)
- รัศมีโค้ง (เมตร)

จากนั้นคอมพิวเตอร์โปรแกรมจะคำนวณหาค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของผู้ขับขี่ที่ขับผ่านในทางตรง และทางโค้ง และค่าเวอร์กโหลดของผู้ขับขี่ในแต่ละช่วง และสามารถพล็อตกราฟของสปีดโพรไฟล์ (Speed Profile) และเวอร์กโหลดโพรไฟล์ (Workload Profile) ให้ผู้ออกแบบได้พิจารณาค่าทั้งสอง เพื่อปรับปรุงให้แนวเส้นทางมีความสม่ำเสมอในการออกแบบมากยิ่งขึ้น

Miaou and Lum (1993) ต้องการประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางมีความเหมาะสมเพียงใด โดยพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแนวเส้นทางต่างๆ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุในแนวเส้นทางโดยพิจารณาจากลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง จึงเก็บข้อมูลอุบัติเหตุรถบรรทุกบนแนวเส้นทางต่างๆ โดยรถบรรทุกที่พิจารณา จะเป็นรถบรรทุกที่ขนาดมากกว่า 4,545 กิโลกรัม (10,000 lb.) ซึ่งแบบจำลองจะมีรูปแบบสมการในรูปปัวซอง แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกเนื่องจากลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ดังนี้

$$p(Y_i = y_i) = p(y_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{y_i!} \quad (1.26)$$

$$\mu_i = E(Y_i) = v_i (e^{x_i \beta_y}) \quad (1.27)$$

โดยที่	Y_i	=	จำนวนอุบัติเหตุที่ได้จากการคำนวณในถนนช่วง i. ช่วงเวลา 1 ปี
	y_i	=	จำนวนอุบัติเหตุที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน
	Y_i	=	1,2,3,...,i
	i.	=	1,2,3,...,n
	v_i	=	จำนวนรถบรรทุกในถนนช่วง i.

$$= 365 \times AADT_i \times (T\%/100) \times \ell_i$$

$AADT_i$ = ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวัน
 $T\%$ = ปริมาณรถบรรทุก (เปอร์เซ็นต์)
 ℓ_i = ความยาวของถนนในช่วง i .
 x_{ij} = ตัวแปรในแต่ละแบบจำลอง i . แยกเป็น j ตัวแปร ดังตาราง 1.
 β_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง

และ แบบจำลอง i . ประเภท จะมีทั้งหมด 8 แบบจำลองดังนี้

แบบจำลอง 0 : เป็นแบบจำลองในรูปสมการปัวซองที่หาความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลจากตัวแปร (v_i) เพียงอย่างเดียว

แบบจำลอง 1 : เป็นแบบจำลองในรูปสมการปัวซองที่หาความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลจากตัวแปร (v_i) และตัวแปร ($x_{ij} : j = 2, 3, 4, 5$)

แบบจำลอง 2 : เป็นแบบจำลองในรูปสมการปัวซองที่หาความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลจากตัวแปร (v_i), ตัวแปร ($x_{ij} : j = 2, 3, 4, 5$) รวมทั้งตัวแปรทางด้านการจราจรคือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อช่องจราจร (x_{i6}) และปริมาณรถบรรทุก (x_{i12})

แบบจำลอง 3-5 : เป็นแบบจำลองในรูปสมการปัวซองที่หาความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลจาก ตัวแปร (v_i), ตัวแปร ($x_{ij} : j = 2, 3, 4, 5$) รวมทั้งตัวแปรทางด้านการจราจรคือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อช่องจราจร (x_{i6}) และตัวแปรทางด้านลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง คือ โค้งราบ, ความยาวโค้งราบ, ความลาดชัน, ความยาวความลาดชันและ ความกว้างของไหล่ทาง ($x_{ij} : j = 7, 8, 9, 10, 11$) (แบบจำลอง 3) และรวมความสัมพันธ์ระหว่าง โค้งราบและ ความยาวโค้งราบ (x_{i13}) (แบบจำลอง 4) และรวมความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชัน และความยาวความลาดชัน (x_{i14}) (แบบจำลอง 5)

แบบจำลอง 6 : จะเหมือน แบบจำลอง 5 แต่จะไม่พิจารณาผลกระทบของลักษณะทางเรขาคณิตที่มีช่วงสั้นๆ (มากกว่า 0.08 km. หรือ 0.05 mi.)

แบบจำลอง 7 : จะเป็นแบบจำลองที่พิจารณาหาความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลจากตัวแปรทั้งหมด

ตาราง 1.2 แสดงค่าทางสถิติของตัวแปรของถนนที่ใช้ในแบบจำลอง

Variable	Notation & Definition (for section i)	Min.	Max	Mean	%Zero
Number of Trucks involved in Accidents	y_i	0	8	0.20	86
Section Length (in mi.)	l_i	0.01	7.77	0.45	0
Truck Miles or Truck Exposure (in 10^6 truck-mile)	$v_i = [365 * AADT_i * (T\%/100) * l_i / 10^6]$ where T% is percent trucks (365 for leap years)	8×10^{-4}	5.03	0.25	0
Dummy Intercept	$x_{i1} = 1$				
Dummy Variable for Year 1986, respecting year-to-year changes due to random fluctuations, annual trend, and omitted variables such as weather	$x_{i2} = 1$, if the section is in year 1986 $= 0$, otherwise				
Dummy Variable for Year 1987 (See above explanation)	$x_{i3} = 1$, if the section is in year 1987 $= 0$, otherwise				
Dummy Variable for Year 1988 (See above explanation)	$x_{i4} = 1$, if the section is in year 1988 $= 0$, otherwise				
Dummy Variable for Year 1989 (See above explanation)	$x_{i5} = 1$, if the section is in year 1989 $= 0$, otherwise				
AADT per Lane (in 1000's of vehicles), a surrogate variable to indicate traffic conditions or traffic density.	$x_{i6} = (AADT_i / \text{number of lanes}) / 1000$	0.35	12.04	1.80	0
Horizontal Curvature, HC, (in degree per 10-ft arc)	x_{i7}	0	12.00	1.00	67
Length of Origin Horizontal Curvature, LHC, (in mi.) from which this curve was subdivided for creating homogeneous section; only for HC > 1 and LHC ≤ 1	$x_{i8} = \text{LHC}$, if $x_{i7} > 1$ and $\text{LHC} \leq 1$ mi. $= 1.0$, if $x_{i7} > 1$ and $\text{LHC} > 1$ mi. $= 0$, if $x_{i7} \leq 1$	0	0.96	0.05	81
Vertical Grade, VG, (in percent)	x_{i9}	0	8.00	2.14	20
Length of Origin Vertical Grade, LVG, (in mi.) from which this section was subdivided for creating homogeneous section; only for VG > 2 and LVG ≤ 2	$x_{i10} = \text{LVG}$, if $x_{i9} > 2$ and $\text{LVG} \leq 2$ mi. $= 2.0$, if $x_{i9} > 2$ and $\text{LVG} > 2$ mi. $= 0$, if $x_{i9} \leq 2$	0	2.00	0.21	74
Deviation of Paved Inside Shoulder Width (per direction) from an "ideal" width of 12 ft. (3.66 m.)	$x_{i11} = \max\{0, 12 - \text{paved inside shoulder width}\}$	4.00	12.00	8.16	0
Percent Trucks in the traffic stream (e.g., 15)	x_{i12}	7.00	57.00	24.13	0
HC x LHC	$x_{i13} = x_{i7} * x_{i8}$	0	2.88	0.18	81
VG x LVG	$x_{i14} = x_{i9} * x_{i10}$	0	13.37	0.97	74

ที่มา : Miaou and Lum (1993)

ในการวิจัยนี้ พบว่าลักษณะทางเรขาคณิตได้แก่ องศาของโค้งราบ ความยาวโค้งราบความลาดชัน ความกว้างของผิวทางจราจร และความกว้างของไหล่ทาง เป็นตัวแปรที่มีผลต่อพฤติกรรมผู้ขับขี่ ดังนั้นแบบจำลองความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุที่พิจารณาจากตัวแปรทางลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง สามารถช่วยให้ผู้ออกแบบแนวเส้นทางได้นำไปพิจารณาแก้ไข ปรับปรุงแนวเส้นทางเพื่อหาทางลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุกับรถบรรทุก ได้เช่นกัน

1.2.2 โมดูลีสทางเรขาคณิตและการประยุกต์ใช้

Oppenlander and Dawson (1967) ต้องการประเมินผลลักษณะทางเรขาคณิตของถนน 2 ช่องจราจร จึงใช้โมดูลีสทางเรขาคณิตของ Tharp (1963) มาประเมินผลแนวเส้นทาง จากนั้นจึงหาความเร็วเฉลี่ยโดยนำแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยที่ Oppenlander ได้เคยสร้างไว้ในรูปสมการเส้นตรงเพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยที่จุด และความเร็วที่ลดลง ซึ่งแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยมีรูปแบบดังนี้

$$v_0 = 39.34 + 0.0267X_1 + 0.1396X_2 + 0.8125X_3 - 0.1126X_4 + 0.0007X_5 + 0.6444X_6 + 0.5451X_7 + 0.0082X_8 \quad (1.28)$$

โดยที่	v_0	=	ความเร็วเฉลี่ยที่จุด (ไมล์ต่อชั่วโมง)
	X_1	=	ปริมาณรถยนต์ที่อยู่ภายนอกมลรัฐ (เปอร์เซ็นต์)
	X_2	=	ปริมาณรถบรรทุกในกระแสดำเนินการ (เปอร์เซ็นต์)
	X_3	=	องศาของโค้ง (องศา)
	X_4	=	ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์)
	X_5	=	ระยะหยุดปลอดภัยน้อยที่สุด (ฟุต)
	X_6	=	ความกว้างของช่องจราจร (ฟุต)
	X_7	=	ปริมาณร้านค้าบริเวณข้างทาง (จำนวนร้านค้าต่อไมล์)
	X_8	=	ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)

จากนั้นนำค่าความเร็วเฉลี่ยที่จุด และความเร็วที่ลดลงมาหาค่าโมดูลีสทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของแนวเส้นทาง และการหาค่าโมดูลีสทางเรขาคณิตตลอดทั้งแนวเส้นทางนั้น จะนำโมดูลีสทางเรขาคณิตในแต่ละส่วนของแนวเส้นทางคูณด้วยหน่วยน้ำหนักเป็นความยาว

ของแต่ละส่วนของแนวเส้นทาง ในการวิจัยครั้งนี้ได้ เลือกตัวแปรลักษณะทางเรขาคณิตที่ผู้ออกแบบสามารถควบคุมได้ เช่น องศาของโค้ง ความลาดชัน ระยะหยุดปลอดภัยน้อยที่สุด และความกว้างของผิวทางจราจร ใช้หาความเร็วที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของแนวเส้นทาง จากนั้นนำความเร็วที่ได้ไปหาโมดูลัสทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยให้หน่วยน้ำหนักตามความยาวในแต่ละส่วนของแนวเส้นทาง

1.2.3 สรุปผลการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาข้างต้น ได้ข้อสรุปว่าในงานผู้ทำการวิจัยต้องการ ประเมินผลลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยนำลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ไปประเมินเป็นความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้เมื่อได้ขับเข้าไปในแนวเส้นทางในช่วงดังกล่าว ซึ่งความเร็วที่ผู้วิจัยมุ่งให้ความสำคัญก็คือความเร็วที่ผู้ขับขี่เลือกใช้จริงบนแนวเส้นทาง มิใช่ความเร็วที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบ เนื่องจากความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้มักจะมีค่ามากกว่าความเร็วที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้เสมอ ประมาณมากกว่า 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง (Leis , et al., 1978) อีกทั้งความเร็วที่ผู้ออกแบบพิจารณาออกแบบในมาตรฐานของ AASHTO นั้น เป็นความเร็วที่พิจารณาจากค่าอัตราการยกโค้ง เป็นปัจจัยสำคัญ กล่าวคือ ในโค้งที่มีรัศมีเท่ากัน แต่มีอัตราการยกโค้งที่แตกต่างกัน ก็จะทำให้ความเร็วที่ผู้ออกแบบพิจารณาเลือกใช้ที่ไม่เท่ากัน (Liveh , et al.,1980) ในการพิจารณาสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง นั้น รูปแบบของสมการของแบบจำลองความเร็วเป็นไปในรูปของสมการเชิงเส้นตรงเป็นส่วนมาก โดยต้องพิจารณาการไหลของกระแสจราจรให้เป็น ไปแบบอิสระ (Free Flow Traffic Stream) และต้องจำกัดเงื่อนไขในการเก็บข้อมูลเพื่อให้เป็นข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.3.1 เพื่อนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตมาประยุกต์ใช้ประเมินผลการออกแบบเรขาคณิตของแนวเส้นทาง
- 1.3.2 เพื่อจัดทำคอมพิวเตอร์โปรแกรมวิเคราะห์หาโมดูลัสทางเรขาคณิตใช้ประเมินผลการออกแบบเรขาคณิตของแนวเส้นทาง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ ต้องการสร้างแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิตบนพื้นฐานข้อมูลของถนนนอกเมือง ลักษณะ 2 ช่องจราจร ที่มีสภาพภูมิประเทศพื้นที่ราบ และภูมิประเทศพื้นที่เนินเขา จากนั้นจะนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้ประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยจะเก็บข้อมูลถนนนอกเมือง ลักษณะ 2 ช่องจราจร ที่มีสภาพภูมิประเทศพื้นที่ราบ และพื้นที่เนินเขาในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานหลวงที่ 4 (พิษณุโลก) และเมื่อได้แบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิตแล้ว จะนำหลักการในการประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางด้วยค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตไปสร้างคอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง

1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 การศึกษาแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิต

งานวิจัยที่จะทำขึ้นมานี้ต้องการประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางจึงนำโมดูลัสทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางที่คิดค้นขึ้นมาโดย Tharp (1963) ที่พัฒนามาจากทฤษฎีที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของกระแสจราจร ซึ่งค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตมีรูปแบบดังนี้

$$F_0 = \ln(4v_0 - 2\Delta v) - \ln \Delta v \quad (1.29)$$

โดยที่

F_0	=	ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต
v_0	=	ความเร็วเฉลี่ยเมื่อรถวิ่งผ่านเข้าไปในองค์ประกอบทางเรขาคณิต
Δv	=	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลง เมื่อรถได้รับผลกระทบจากรูปแบบทางเรขาคณิตที่เปลี่ยนแปลงไป

จะเห็นว่าปัจจัยสำคัญที่จะนำมาวิเคราะห์หาโมดูลัสทางเรขาคณิตได้แก่ความเร็วเฉลี่ยและความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิต ดังนั้นในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองนี้ จึงสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยที่เกิดจากผลกระทบจาก

ลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยจะเลือกตัวแปรคือองค์ประกอบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางที่มีผลกระทบต่อความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งบนเส้นทาง เช่น องศาของโค้ง, ความกว้างของผิวทางจราจร, ความกว้างของไหล่ทาง และความลาดชันเป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ล้วนแต่เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการใช้ความเร็วยานพาหนะทั้งสิ้น โดยเฉพาะองศาของโค้งจะเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบมากที่สุด (Gibree, et al., 1999)

ส่วนตัวแปรภายนอกที่ไม่ใช่องค์ประกอบทางเรขาคณิตของเส้นทาง เช่น ปริมาณการจราจร, ปริมาณรถบรรทุก, เป็นต้น ที่มีผลกระทบต่อการใช้ความเร็วยานพาหนะก็จะถูกนำมาพิจารณาด้วยซึ่งจะถือว่าตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวแปรรองที่นำมาพิจารณาประกอบเท่านั้น จะพิจารณาเก็บข้อมูลตัวแปรหลักคือ ตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบทางเรขาคณิตของเส้นทาง

ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะทำการเก็บนั้นจะแยกตามสภาพภูมิประเทศเป็น 2 ลักษณะ คือ สภาพภูมิประเทศทางราบ และสภาพภูมิประเทศเนินเขา และแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยก็จะแยกตามสภาพภูมิประเทศเช่นกัน โดยแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยในแต่ละสภาพภูมิประเทศจะมีรูปแบบดังนี้

$$v_0 = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (1.30)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } v_0 &= \text{ความเร็วเฉลี่ยเมื่อรถวิ่งเข้าองค์ประกอบทางเรขาคณิต} \\ X_n &= \text{ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเร็วเฉลี่ยที่สุด} \end{aligned}$$

1.5.2 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองหาความเร็วเฉลี่ยที่เกิดจากผลกระทบจากลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง จะเก็บข้อมูลความเร็วที่จุดตามวิธีการศึกษาความเร็วที่จุดของ Pual and Oppenlander (1976) โดยจะเก็บข้อมูลตามตัวแปรหลักคือตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ได้แก่ องศาของโค้ง, ความกว้างของผิวทางจราจร, ความกว้างของไหล่ทาง และความลาดชัน เป็นต้น ส่วนตัวแปรรองนั้นจะเก็บเป็นข้อมูลเสริมเพื่อนำมาพิจารณาร่วมกับตัวแปรหลัก โดยจะเก็บในทุกพื้นที่ที่ได้เก็บข้อมูลของตัวแปรหลัก และรายละเอียดในการเก็บข้อมูลดังแสดงในตาราง 1.3

โดยจะพิจารณาเป็นตัวแปรหลักทีละตัว ซึ่งเลือกในสภาพแวดล้อมตัวแปรหลักอื่น ๆ ที่มีค่าใกล้เคียงกัน เช่น เมื่อจะเก็บข้อมูลองศาของโค้งที่จะส่งผลกระทบต่อความเร็วที่จุดของผู้ขับขี ก็จะต้องเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่มีองศาของโค้งต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 30 พื้นที่ ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะเลือกใน

สภาพตัวแปรหลักอื่น ๆ เช่น ความลาดชัน, ความกว้างผิวจราจรและความกว้างไหล่ทางที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และในแต่ละพื้นที่จะเก็บข้อมูลความเร็วที่จุดของยานพาหนะไม่ต่ำกว่า 70 ตัวอย่าง เป็นต้น โดยแยกตามสภาพภูมิประเทศ คือ ภูมิประเทศทางราบ และภูมิประเทศเนินเขา

ตาราง 1.3 แสดงรายละเอียดในการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยในแต่ละสภาพภูมิประเทศ

ตัวแปร	สภาพภูมิประเทศ	
	ภูมิประเทศพื้นที่ราบ	ภูมิประเทศพื้นที่เนินเขา
องศาของโค้ง	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง
ความกว้างผิวทางจราจร	3.00-7.00	3.00-7.00
ความกว้างไหล่ทาง	0.50-2.50	0.50-2.50
ความลาดชัน	0.000-3.000	3.001-6.000
ปริมาณการจราจร	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง
ปริมาณรถบรรทุก	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง	เก็บตลอดทั้งแนวเส้นทาง

อนึ่งในการเก็บข้อมูลในแต่ละจุดนั้น จะเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นอีกจุดละ 30 ตัวอย่างเพื่อใช้ตรวจสอบแบบจำลองที่ได้

กล่าวโดยสรุป รายละเอียด และจำนวนข้อมูลที่เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองจะมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 1.4

ตาราง 1.4 แสดงรายละเอียดจำนวนตัวอย่างในการเก็บข้อมูลความเร็วที่จุดเพื่อสร้าง
แบบจำลองความเร็วเฉลี่ยในแต่ละสภาพภูมิประเทศ

ตัวแปร	จำนวนพื้นที่ที่เก็บข้อมูล	จำนวนตัวอย่างที่เก็บข้อมูล
องศาของโค้ง	อย่างน้อย 30 พื้นที่	อย่างน้อย 70 ตัวอย่าง (ในแต่ละพื้นที่ หรือ อย่างน้อย 2,100 ตัวอย่างเมื่อรวมทุกพื้นที่)
ความกว้างผิวทางจราจร	อย่างน้อย 30 พื้นที่	อย่างน้อย 70 ตัวอย่าง (ในแต่ละพื้นที่ หรือ อย่างน้อย 2,100 ตัวอย่างเมื่อรวมทุกพื้นที่)
ความกว้างไหล่ทาง	อย่างน้อย 30 พื้นที่	อย่างน้อย 70 ตัวอย่าง (ในแต่ละพื้นที่ หรือ อย่างน้อย 2,100 ตัวอย่างเมื่อรวมทุกพื้นที่)
ความลาดชัน	อย่างน้อย 30 พื้นที่	อย่างน้อย 70 ตัวอย่าง (ในแต่ละพื้นที่ หรือ อย่างน้อย 2,100 ตัวอย่างเมื่อรวมทุกพื้นที่)
รวมจำนวนข้อมูลในแต่ละสภาพ ภูมิประเทศ	อย่างน้อย 120 พื้นที่	อย่างน้อย 8,400 ตัวอย่าง
รวมข้อมูลทั้ง 2 ภูมิประเทศ	อย่างน้อย 240 พื้นที่	อย่างน้อย 16,800 ตัวอย่าง

หมายเหตุ ในการเก็บข้อมูลในแต่ละพื้นที่จะวัดปริมาณการจราจร และปริมาณรถบรรทุกที่เกิดขึ้นในทุกพื้นที่

1.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการปรับแก้แบบจำลอง

เมื่อเก็บข้อมูลทั้งหมดแล้ว จะนำตัวอย่างข้อมูลที่ได้ในแต่ละจุดมาหาความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรใดบ้างที่มีผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยที่จุด จากนั้นจะเลือกตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยที่จุดไปคาถิเบรทแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยที่จุดโดยแยกตามสภาพภูมิประเทศ 2 ประเภท คือ ภูมิประเทศทางราบ และ ภูมิประเทศเนินเขา เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาโมดูลัสทางเรขาคณิต

1.5.4 การทดสอบแบบจำลอง

เมื่อได้แบบจำลองความเร็วทั้ง 2 ประเภทแล้ว จะนำแบบจำลองที่ได้ไปทดสอบกับข้อมูลที่เก็บมาอีกชุดหนึ่ง เพื่อประเมินผลแบบจำลองที่ได้ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

1.5.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

เมื่อทดสอบแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยแล้ว จะนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการหาเส้นทางที่ได้ออกแบบไว้แล้ว เพื่อพิจารณาความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานออกแบบ ซึ่งการนำแบบจำลองไปใช้งานนี้ จะเขียนคอมพิวเตอร์โปรแกรม (Computer Program) เพื่อช่วยวิเคราะห์หาค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตซึ่งจะทำให้สามารถประเมินแนวเส้นทางได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

1.5.6 เขียนรายงานการศึกษา

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

- 1.6.1 ได้หลักเกณฑ์ในการประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางโดยใช้ค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต ซึ่งจะพิจารณาจากพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะเรขาคณิตของแนวเส้นทาง
- 1.6.2 สามารถนำโมดูลัสทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้กับงานวางแผนเลือกแนวเส้นทางในการก่อสร้าง และได้แนวเส้นทางที่เหมาะสมด้านวิศวกรรม โดยนักวางแผนมีความมั่นใจในการตัดสินใจเพิ่มมากขึ้น
- 1.6.3 เมื่อได้คอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยวิเคราะห์หาโมดูลัสทางเรขาคณิตเพื่อประเมินผลการออกแบบเรขาคณิตของแนวเส้นทางแล้ว ผู้ออกแบบสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงแนวเส้นทางเพื่อให้สามารถออกแบบแนวเส้นทางที่มีความสะดวกสบาย และปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่มากยิ่งขึ้น