

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัย
ในการออกแบบความเร็ว และระยะมองเห็น สำหรับทางหลวงนอกเมืองสองช่องทาง
(Development of Computer Program for Safety Evaluation on
Speed and Sight Distance for Two-lane Rural Highways)

สรวิต นฤปิติ และ อัมรลักษณ์ จงกมลวิวัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0-2218-6473, 0-9669-3524

E-Mail : kong@chula.ac.th, thamrongluckj@udc-civil.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการนำเอาหลักการออกแบบแนวเส้นทางให้มีความปลอดภัยมาพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา AutoLISP ซึ่งเป็นโปรแกรมคำสั่งที่ทำงานภายใต้โปรแกรม AutoCAD เพื่อใช้ประเมินความปลอดภัยในการออกแบบความเร็วและระยะมองเห็น และกำหนดแนวเส้นทางสำหรับทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องทางเกณฑ์ประเมินความปลอดภัยพิจารณาจากความสอดคล้องในการออกแบบ ความสอดคล้องของความเร็ว ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการหยุดรถ และ แข่งอย่างปลอดภัยโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้มี 2 ส่วน คือ

1. โปรแกรมประเมินความเร็วที่เป็นไปได้ : หาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งและรถบรรทุกที่เคลื่อนที่บนแนวเส้นทาง โดยใช้วิธีการหาความเร็วจากเกณฑ์การประเมินความปลอดภัยของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน และ Leisch ตามลำดับ
2. โปรแกรมประเมินระยะมองเห็น : คำนวณหาระยะมองเห็นโดยใช้วิธีการกราฟฟิก แบ่งเป็นระยะมองเห็นแนวทางตั้งและแนวทางราบ ตามวิธีการของ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) และทำการประเมินประสิทธิภาพการมองเห็นตาม Highway Capacity Manual (HCM)

วิธีการตรวจสอบความปลอดภัย และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแสดงโดยการนำไปใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางของโครงการสะพานข้ามลำน้ำแควน้อยให้มีความปลอดภัย ซึ่งพบว่าช่วยให้วิศวกรทราบจุดบกพร่องของแนวเส้นทาง ลดระยะเวลาในการตรวจสอบ ทำให้ออกแบบแนวทางได้อย่างรวดเร็ว และได้แนวเส้นทางที่ปลอดภัย

Abstract

This research is the introduction of safety design concept in highway alignment design. A computer program is written by AutoLISP language under AutoCAD environments for evaluating potential speed and sight distance of a two-lane rural highway. The safety criteria for consideration are design consistency, speed consistency, stopping sight distance, and passing sight distance. The program consists of two modules :

1. Potential speed evaluation module: The module evaluates potential speeds of vehicle traveling on the alignment. Passenger car and truck potential speeds are determined by Germany's safety criteria and Leisch method, respectively.
2. Sight distance evaluation module: Using the graphic calculation method, vertical and horizontal sight distances are determined by American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) concept and evaluated by Highway Capacity Manual (HCM) criteria.

The safety design procedure and the developed program are demonstrated in a Kwae Noi bridge design project. The application of the safety design procedure and the program assists design engineers to pinpoint potential unsafe alignment, resulting in time saving, more effective design procedure, and a safer highway alignment.

1. บทนำ

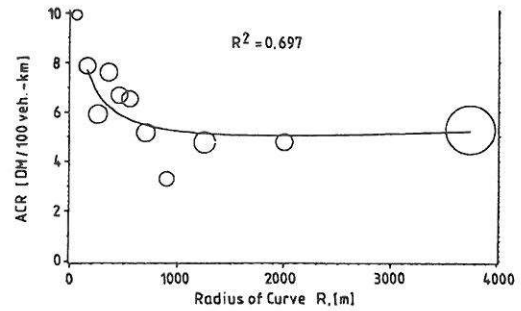
RECEIVED 2 JULY, 2002

ACCEPTED 3 SEPTEMBER, 2002

จากสถิติผู้ที่ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนทั่วโลกในแต่ละปีเฉลี่ยได้ว่าทุกๆ 1 นาทีจะมีผู้สูญเสียชีวิต 1 คนจากอุบัติเหตุทางรถยนต์ และมากกว่า 50 % ของผู้สูญเสียชีวิตเกิดจากอุบัติเหตุบนทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องทาง [17] ก่อให้เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจ ชีวิต และทรัพย์สิน ประเทศไทยก็มีปัญหาด้านความปลอดภัยบนท้องถนนเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ จากสถิติอุบัติเหตุของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2543 พบว่าทุกๆ 1 ชั่วโมงจะมีผู้สูญเสียชีวิต 1 คนโดยเฉลี่ยจากอุบัติเหตุบนท้องถนน แม้ว่าสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการไม่มีสติ และขาดความระมัดระวังในการขับขี่ของผู้ใช้รถใช้ถนนเองก็ตาม แต่หากถนนออกแบบไว้ไม่เหมาะสม หรือไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆ ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

การออกแบบทางเรขาคณิตของถนนเป็นการจัดวางองค์ประกอบของถนนเพื่อให้เกิดความปลอดภัย และมีความคล่องตัวในการขับขี่ ถนนที่ดีนั้นต้องออกแบบให้สอดคล้องกับการคาดคะเนของผู้ขับขี่ หลักเลียงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของถนนอย่างทันทีทันใด ในกรณีที่มีความจำเป็น จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยเตือน เช่น ป้ายสัญญาณ เครื่องหมายจราจร เตือนให้ผู้ขับขี่ใช้ถนนระมัดระวัง และรู้ตัวล่วงหน้า แนวทางราบและแนวทางตั้งต้องประสานสอดคล้องกันเป็นอย่างดี

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถนนจะมีผลต่อการขับขี่ และความปลอดภัย ในอดีตจึงมีการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าองค์ประกอบต่างๆ ของถนนกับจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ รายงานการศึกษาหลายรายงานแสดงให้เห็นว่าค่าองค์ประกอบของถนนสามารถแสดงถึงโอกาสและความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุได้ ตัวอย่างดังรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีโค้งกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากบริเวณช่วงทางโค้งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแนวเคลื่อนที่มีแรงหนีศูนย์กลางกระทำต่อรถ ทำให้บริเวณนี้มีข้อจำกัดเรื่องการทรงตัวอันเนื่องมาจากความเร็ว และ ระยะมองเห็นมีจำกัด



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกประเภทกับรัศมีความโค้ง

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999 : 9.26)

การออกแบบทางเรขาคณิตของถนนนั้น ขั้นแรกจะกำหนดความเร็วออกแบบจากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาลักษณะภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน และการคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต รวมทั้งพิจารณาร่วมกับงบประมาณในการก่อสร้าง โดยที่ความเร็วออกแบบ จะเป็นหลักเบื้องต้นในการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการออกแบบแนวทางราบ และแนวทางตั้ง เช่น รัศมีโค้ง ความยาวโค้ง เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน เป็นต้น จากข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบของแต่ละหน่วยงาน จากนั้นผู้ออกแบบจะใช้ประสบการณ์และวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อให้ได้องค์ประกอบของถนนที่ปลอดภัย และมีความเหมาะสม

ในขั้นตอนของการลองผิดลองถูก เมื่อออกแบบแนวทางเบื้องต้นแล้วเสร็จ เพื่อให้แต่ละองค์ประกอบมีความปลอดภัยภายใต้ความเร็วออกแบบ จะต้องตรวจสอบความต่อเนื่องและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแนวเส้นทางที่ออกแบบ โดยอาศัยค่าความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential Speed) ที่ประเมินได้จากค่ารัศมีโค้ง ความยาวโค้ง ความยาวเส้นสัมผัสโค้ง โดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่เป็นไปได้อัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งของแนวเส้นทาง ซึ่งแบบจำลองนี้แตกต่างกันไปตามแต่ละสถาบันการศึกษา นำมาประยุกต์ในการตรวจสอบระดับของความปลอดภัยที่ตำแหน่งต่างๆ บนแนวเส้นทาง

ระยะมองเห็นนั้นเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และประสิทธิภาพในการขับขี่ เป็นค่าพื้นฐานที่ใช้ออกแบบค่าความยาวโค้งตั้ง และ ค่ารัศมีโค้ง (ในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางบดบังการมองเห็นอยู่ใกล้แนวทาง) ถนนที่ดีจะต้องมีระยะมองเห็นเพียงพอสำหรับการหยุดหรือแซงได้อย่างปลอดภัย ระยะมองเห็นสามารถหาได้ทั้งจากวิธีการคำนวณ และด้วยวิธีการกราฟฟิก ซึ่งวิธีการกราฟฟิกเหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น เนื่องจากการหาระยะ

มองเห็นที่จุดต่างๆตลอดแนวเส้นทาง สามารถบ่งชี้ระดับการให้บริการของถนนได้จากค่าดัชนีระยะมองเห็น (Sight Distance Index) และค่าเปอร์เซ็นต์ช่วงที่ไม่สามารถแข่งได้ (Present No Passing Zone) นำมาประเมินค่าความปลอดภัยของแนวเส้นทาง

ในปัจจุบันซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD (Computer Aided Design and drafting) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในฐานะเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ เนื่องจากซอฟต์แวร์ดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลคุณสมบัติของวัตถุคือ ตำแหน่ง และขนาด รวมทั้งการวิเคราะห์ค่าที่เป็นผลจากรูปทรงหรือพื้นที่ได้ดี ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD ถูกพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเป็นโปรแกรมเฉพาะที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนน ซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปประเภทนี้อยู่มากมาย เช่น MOSS Softdesk NovaCAD Eagle Point Intergraph Geopak Inroads เป็นต้น ความสามารถโดยทั่วไปของโปรแกรมประเภทนี้ในการออกแบบถนน คือ สามารถเก็บข้อมูลทางด้านภูมิประเทศ สร้างพื้นผิวของสภาพภูมิประเทศ สร้างรูปตัดถนน รูปแปลน รูปตัดตามยาว คำนวณงานดินตัดดินถม หากแต่ละโปรแกรมมีขีดความสามารถไม่เท่ากัน และมีลักษณะการแสดงผลแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีโปรแกรมใดที่ช่วยในการคำนวณหาและตรวจสอบความเร็ว หรือระยะมองเห็น แล้วประเมินความปลอดภัยจากแนวเส้นทางที่ได้ทำการออกแบบ ซึ่งช่วยให้วิศวกรออกแบบได้แนวเส้นทางที่มีความปลอดภัยสูงขึ้น

จากเหตุผลที่กล่าวมา หากมีเครื่องมือและหลักการในการตรวจสอบความปลอดภัยของถนนที่จะก่อให้เกิดผลดีต่อการออกแบบ ผลลัพธ์ก็คือจะได้ถนนที่มีความปลอดภัย ช่วยลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการออกแบบถนนที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการวิจัยจึงตั้งจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ประเมินความปลอดภัยในการออกแบบความเร็ว และระยะมองเห็น สำหรับทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องทาง โดยนำเทคโนโลยีทางด้าน CAD มาประยุกต์ใช้

2. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเร็วที่เป็นไปได้

Leisch (1977) เสนอรายงานการศึกษาเริ่มแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีแนวคิดว่าการใช้เพียงแต่ค่าความเร็วออกแบบเป็นค่าที่ควบคุมการออกแบบ อาจนำไปสู่การออกแบบที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเกิดการ

เปลี่ยนลักษณะแนวเส้นทาง นอกจากนี้พบว่าในบางครั้งค่าความเร็วออกแบบอาจจะมีค่าต่ำกว่าความเร็วที่ใช้ในการขับทำให้แนวเส้นทางที่ออกแบบไม่ปลอดภัย Leisch จึงให้ข้อคิดเห็นและนิยาม "ความเร็วที่เป็นไปได้ หรือ Potential speed" ว่าเป็นความเร็วจากการคาดการณ์อุปนิสัยในการขับที่ โดยคำนึงถึงผลกระทบทางเรขาคณิตของถนนที่มีต่อความเร็วที่ใช้ในการขับที่กล่าวคือคำนึงถึงรัศมีโค้งทางราบ ความลาดชันที่มีผลกระทบต่อความเร็วในการขับขึ้น ในขณะที่ถนนมีปริมาณจราจรน้อย หรือไม่มีผลกระทบระหว่างรถด้วยกัน (Free-flow condition) เพื่อใช้ในการคาดการณ์ความเร็วที่จะเกิดขึ้นบนช่วงถนนที่ออกแบบ และใช้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วในแต่ละส่วนขององค์ประกอบถนนในการตรวจสอบความสอดคล้องของความเร็ว (Consistency) ของแนวเส้นทาง

การคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้จากองค์ประกอบของแนวเส้นทางมีแนวคิดสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่วิ่งในช่วงทางตรงของรถยนต์นั่ง ขึ้นกับชนิดของเส้นทาง และปริมาณการจราจร
2. ความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งในทางโค้งของรถยนต์นั่ง ขึ้นกับรัศมีความโค้ง
3. ระยะทางที่ต้องใช้ลดความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้งขึ้นกับความเร็วก่อนเข้าสู่ทางโค้ง ความเร็วที่วิ่งในทางโค้ง และอัตราหน่วง
4. ระยะทางที่ใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้ง ขึ้นกับความเร็วก่อนเข้าสู่ทางโค้ง ความเร็วที่วิ่งในทางโค้ง ระยะมองเห็น และความลาดชัน
5. ค่าความเร็วสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งในทางโค้งสำหรับรถบรรทุกจะน้อยกว่ารถยนต์นั่ง อยู่ 5 mph (หรือ 8 km/h)
6. เนื่องจากความลาดชันของถนนจะมีผลอย่างมากต่อความเร็วของรถบรรทุก จึงต้องคำนวณหาความเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากรถบรรทุกวิ่งบนทางลาดชัน ทำให้ในส่วนของการบรรทุกนั้น จะมีเส้นฝั่งความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆ อยู่ 2 ค่า คือ ค่าที่คำนวณจากแนวทางราบและค่าที่คำนวณจากแนวทางโค้ง โดยจะเลือกค่าความเร็วต่ำสุดเป็นค่าความเร็วที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่งนั้น

ในการประเมินความปลอดภัยที่ตำแหน่งต่างๆของถนนจะใช้เทคนิคการเขียนผังเส้นความเร็ว (Speed Profile) และเกณฑ์ "The 10 mph Rule" ดังนี้

1. ความเร็วที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ควรมีค่าแตกต่างจากค่าความเร็วออกแบบ เกินกว่า ± 10 mph
2. ความเร็วที่เป็นไปได้ในช่วงถนนที่ต่อเนื่องกัน ไม่ควรแตกต่างกันเกินกว่า ± 10 mph
3. ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่ตำแหน่งเดียวกันไม่ควรต่ำกว่ารถยนต์นั่ง เกินกว่า 10 mph

Ruediger, Basil, และ Theodor (1999) เสนอวิธีการคำนวณค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ หรือความเร็ว V85 จากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้ง (Curvature Change Rate, CCR) ซึ่งสามารถแปลงองค์ประกอบในแนวราบทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น ทางตรง โค้งกลม โค้งสไปรอล โค้งกลับ และโค้งประกอบ ให้เป็นค่า CCR เพื่อนำไปคำนวณหาความเร็ว V85 ได้จากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับความเร็ว V85 ของประเทศต่างๆดังตารางที่ 1 โดยค่า CCR คือ ค่าสัมบูรณ์รวมของมุมที่เปลี่ยนแปลงในแนวราบหารด้วยระยะทางในแนวราบภายในช่วงนั้น ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$CCR_s = \frac{(L_{C11}/2R + L_{Cr}/R + L_{C12}/2R)63,700}{L} \quad (1)$$

เมื่อ CCRs = อัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งของโค้งกลมกับโค้งสไปรอล (Full Spiral Curve) หน่วย gon / km

R = รัศมีของโค้งกลม หน่วย m

L = ความยาวทั้งหมดของโค้ง หน่วย m

L_{Cr} = ความยาวของโค้งกลม หน่วย m

L_{C11}, L_{C12} = ความยาวของโค้งสไปรอล หน่วย m

63,700 = $200/\pi \times 10^3$ เป็นค่าที่ใช้แปลงหน่วยจาก

Rad/m เป็นหน่วย gon/km

หมายเหตุ กำหนดค่า CCR ในช่วงที่เป็นทางตรง เท่ากับ 0

ตารางที่ 1 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว V85 กับ CCR ของประเทศต่างๆ

Countries	Regression Models	Remark
Germany ISE	$V85 = \frac{10^6}{8270 + 8.01CCR_s}$	$R^2 = 0.73$
United States	$V85 = 103.04 - 0.53CCR_s$	$R^2 = 0.80$

Australia	$V85 = 101.2 - 0.043CCR_s$	$R^2 = 0.87$
-----------	----------------------------	--------------

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 8.31)

สำหรับระยะทางที่ใช้ในการลดความเร็วลงเมื่อรถทำการเข้าโค้งและเพิ่มความเร็วเมื่อรถวิ่งออกจากโค้งนั้นจะใช้สมการที่ (2)

$$TL = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{2 \times 3.6^2 a} \quad (2)$$

เมื่อ TL = ระยะทางที่ใช้เร่ง/ลดความเร็วระหว่างองค์ประกอบที่ 1 ไปยังองค์ประกอบที่ 2 หน่วย m

$V85_1$ = ความเร็ว V85 ขององค์ประกอบที่ 1 หน่วย km/h

$V85_2$ = ความเร็ว V85 ขององค์ประกอบที่ 2 หน่วย km/h

a = อัตราเร่งหรือความหน่วง โดยทั่วไปใช้ค่าเท่ากับ 0.85 หน่วย m/s^2

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยมี 2 ลักษณะ คือ

Criteria I ความสอดคล้องในการออกแบบ (Design Consistency)

Criteria II ความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency)

ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัย

Criteria CCRs class	Good (≤ 180 gon/km)	Fair (> 180 gon/km ≤ 360 gon/km)	Poor (> 360 gon/km)
I	$ V85_i - V_o \leq 10$	$10 < V85_i - V_o \leq 20$	$ V85_i - V_o > 20$
II	$ V85_i - V85_{i-1} \leq 10$	$10 < V85_i - V85_{i-1} \leq 20$	$ V85_i - V85_{i-1} > 20$

หมายเหตุ V_o คือ ความเร็วออกแบบ หน่วยเป็น km/h

การคำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางจะแสดงในลักษณะเส้นผังความเร็ว ใช้สมมติฐานดังนี้

1. ความเร็ว V85 ในช่วงทางโค้งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2. ความเร็ว V85 ในช่วงทางตรงจะมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณเข้าสู่ทางโค้งและออกจากทางโค้ง โดยค่าความเร็วสูงสุดในช่วงทางตรง จะขึ้นกับแบบจำลองของแต่ละประเทศ
3. ความเร่งที่ใช้ออกจากทางโค้ง และเข้าสู่ทางโค้งจะถูกกำหนดโดยความเร็วในช่วงทางโค้ง 2 ทางโค้งที่ทางตรงนั้นต่อเชื่อมอยู่ หากระยะทางตรงนั้นมีระยะมากกว่า Short Tangent Length (TLs) ความเร่งในการออกจากโค้ง และเข้าสู่โค้งจะใช้ค่าความเร่งเท่ากับ $0.85 m/s^2$

ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางตรงที่ใช้ลดหรือเร่งความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้ง

Condition	Equation	Result on V85
$TL \leq TL_s$ (NIT)	$TL_s = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{25.92a}$ $V85_1 > V85_2$	$V85_{Tmax}$ not met
$TL > 2TL_L$ (IT)	$TL_L = \frac{V85_{Tmax}^2 - V85_1^2}{25.92a}$ $TL_i = \frac{V85_{Tmax}^2 - V85_1^2}{25.92a}$	$V85_{Tmax}$ met and held, respectively, met and not held
$TL < 2TL_L$ $TL > TL_c \geq TL_s$ (IT)	$TL_c = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{25.92a}$ $V85_1 = V85_1 + \Delta V85_1$ $\Delta V85_1 = \frac{-2V85_1 + [4V85_1^2 + 44.06(TL - TL_c)]^2}{2}$ $V85_1 > V85_2$ Not that when calculating $V85_1$ The curve with the lower CCR ₃ value must be selected.	$V85_{Tmax}$ not met

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.9)

Ruediger, John, และ Jeffrey (1986) เปรียบเทียบผลความเร็วที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธีการ กับถนนสายหนึ่ง พบว่าแต่ละวิธีจะให้ความเร็วในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน แต่สามารถแสดงตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมของแนวเส้นทางได้ตรงกัน

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ในสหรัฐอเมริกา โดยองค์กร Transportation Research Board (TRB) ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางเรขาคณิตของถนน 5 ส่วนคือ ระยะมองเห็น ทางแยกต่างระดับ ทางแยก แนวเส้นทาง และ รูปตัดถนน ภายใต้โครงการ National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) ในขณะเดียวกันกับที่ Federal Highway Administration (FHWA) ได้ศึกษาเพื่อนำเอาความสามารถของซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD มาทำการประเมินค่าความปลอดภัยจากลักษณะทางเรขาคณิตของถนนภายใต้ชื่อโครงการ "Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM)" ด้วยการเปรียบเทียบทางเลือกในการออกแบบ 2 แห่งคือ ราคาต่ำก่อสร้างและความปลอดภัย โดยได้พัฒนาระบบการออกแบบเพื่อใช้กับทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องทาง และอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของ

อุบัติเหตุกับลักษณะขององค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนนภายใต้โปรแกรม Gopak ซึ่งเป็นโปรแกรมของค่าย Bentley

2.2 ระยะมองเห็น

2.2.1 ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)

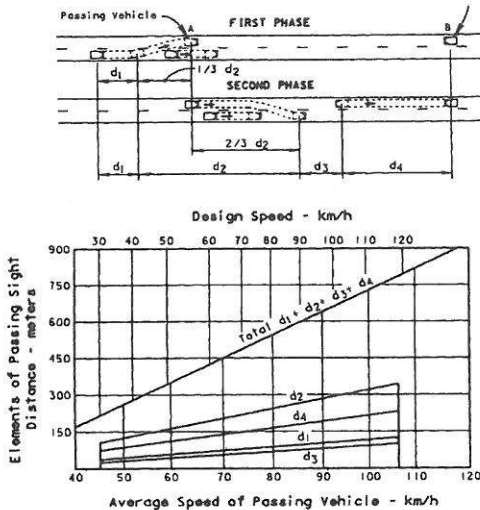
มาตรฐานการออกแบบของ AASHTO ได้ระบุระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยเกิดจากการรวมเอาระยะรับรู้-สั่งการ (Perception-Reaction time) เข้ากับระยะเบรก

$$SSD = \frac{10}{36}ut + \frac{u^2}{254(f \pm G)} \quad (3)$$

เมื่อ SSD = ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย หน่วยเป็น m
 u = ความเร็วที่ใช้ออกแบบ หน่วยเป็น km/h
 t = เวลารับรู้-สั่งการ (P-R Time) หน่วยเป็น s
 f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวถนน
 G = ความลาดเอียง

2.2.2 ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)

ระยะมองเห็นนี้ใช้สำหรับพิจารณาออกแบบถนน 2 ช่องจราจร แต่ไม่จำเป็นในการพิจารณาออกแบบถนนที่มีจำนวนมากกว่า 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง เนื่องจากผู้ขับขี่สามารถทำการแซงได้โดยไม่ต้องสังเกตรถที่สวนมาอีกทิศทางหนึ่ง การคำนวณหาระยะมองเห็นเพื่อการแซงนี้ต้องสมมติสถานการณ์ขึ้นเพื่อให้สะดวกแก่การคำนวณได้แก่ รถที่จะถูกแซงต้องวิ่งด้วยความเร็วคงที่ รถที่แซงต้องลดความเร็วลงก่อนทำการแซง รถที่แซงต้องมีเวลาเพื่อตัดสินใจว่าจะแซงหรือไม่แซง รถที่แซงต้องมีความเร็วมากกว่าคันที่จะถูกแซงอย่างน้อย 15 กม./ชม. ขณะที่อยู่ในช่องทางทิศทางการตรงกันข้าม และต้องมีระยะห่างพอสมควรจากยานยนต์ที่แล่นสวนมาในทิศทางตรงกันข้ามเพื่อป้องกันไม่ให้ชนกัน จากข้อสมมุติฐานดังกล่าวระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยประกอบด้วยระยะทางทั้งหมด 4 ระยะทางแสดงดังรูปที่ 2



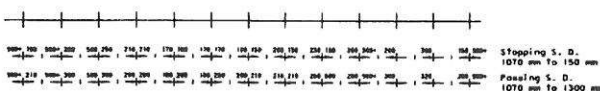
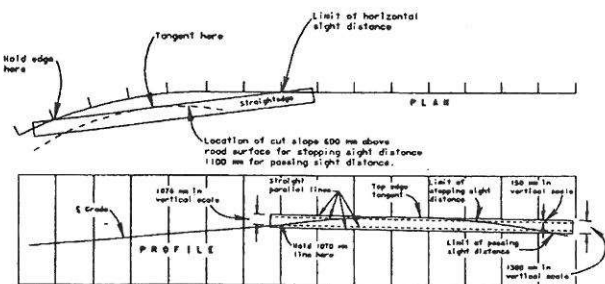
รูปที่ 2 ชนิดของระยะทางที่ประกอบเป็นระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย
ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highway and Streets (1994: 130)

2.2.3 เกณฑ์ในการหาระยะมองเห็น

ระยะมองเห็นเป็นระยะทางที่วัดไปตามแนวทางราบของถนน โดยการวางวัตถุที่มีความสูงขนาดหนึ่ง ระยะมองเห็นขึ้นกับความสูงของตาผู้ขับขี่เหนือพื้นผิวถนน ความสูงของวัตถุเหนือพื้นผิวถนน และความสูงของสิ่งกีดขวางที่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น ตารางที่ 4 ค่าความสูงของวัตถุและตาผู้ขับขี่ที่ใช้ในการหาระยะมองเห็น ตามมาตรฐาน AASHTO

ระยะมองเห็นเพื่อการ	หยุดที่ปลอดภัย	แซงที่ปลอดภัย
ความสูงตาผู้ขับขี่ (รถยนต์นั่ง)	1.07 ม.	1.07 ม.
ความสูงตาผู้ขับขี่ (บรรทุก)	2.40 ม.	2.40 ม.
ความสูงของวัตถุ	0.15 ม.	1.30 ม.

วิธีการหาระยะมองเห็นโดยวิธีกราฟฟิก แสดงดังในรูปที่ 3 ระยะมองเห็นในแนวราบสามารถหาได้จากแปลนและระยะมองเห็นในแนวตั้งสามารถหาได้จากแบบรูปตัดตามยาว แล้วเลือกใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งดังกล่าว



รูปที่ 3 การหาระยะมองเห็นด้วยวิธีกราฟฟิก ในลักษณะ 2 มิติ

ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highways and Streets (1994: 140)

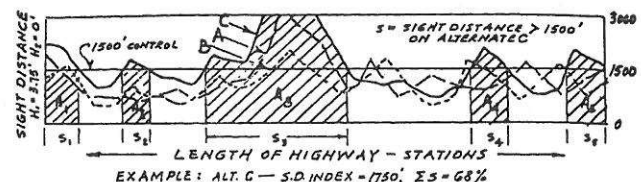
จากรูปที่ 3 การพิจารณาระยะมองเห็นในแนวทางราบมีข้อจำกัดเมื่อเวลารถอยู่ในบริเวณช่วงทางโค้ง หากมีสิ่งกีดขวางการมองเห็นอยู่ใกล้ทาง เช่น สิ่งปลูกสร้าง รั้ว ต้นไม้ ไหล่เขา ฯลฯ โดยในรูปได้แสดงถึงเส้นดินตัดดินถมที่มีระดับสูง 600 มิลลิเมตรเหนือพื้นผิวถนน ซึ่งระยะมองเห็นได้จากการวัดระยะไปตามแนวเส้นกึ่งกลางถนน บางที่หากต้องการความละเอียดในการหาระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัย ก็จะต้องวัดระยะจากจุดกึ่งกลางในช่องทางเดียวกัน ในกรณีระยะมองเห็นเพื่อการแซงก็จะต้องวัดระยะจากจุดกึ่งกลางช่องทางหนึ่งไปยังจุดกึ่งกลางช่องทางตรงข้ามเป็นต้น

จากรูปที่ 3 การพิจารณาระยะมองเห็นในแนวทางตั้งทำได้โดยสร้างเส้นขนานกับแนวราบขึ้นมา 3 เส้นคือเส้นความสูงของตาผู้ขับขี่ 1070 มิลลิเมตร เส้นความสูงของวัตถุ 150 และ 1300 มิลลิเมตรขึ้นโดยลากเส้นออกจากตำแหน่งที่ต้องการหาระยะมองเห็น เมื่อไปตัดกับแนวทางตั้งที่ตำแหน่งใดก็วัดระยะนั้นตามแนวราบเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้น

เนื่องจากบริเวณถนนตรงราบเรียบไม่มีโค้ง จะไม่มีปัญหาเรื่องการมองเห็นและอาจมีระยะมองเห็น มากกว่า 900 เมตร ในการแสดงระยะมองเห็นจะไม่ให้ความสำคัญกับระยะดังกล่าวดังจะสังเกตได้จากรูปที่ 3 หากมีระยะมองเห็นที่เกินกว่า 900 เมตรจะแสดงเป็น 900+ ซึ่งมาตรฐาน AASHTO แนะนำว่ากรณีถ้าระยะมองเห็นน้อยกว่า 500 เมตรควรตรวจสอบระยะมองเห็นทุกระยะ 10 เมตร กรณีที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 500 เมตรอาจจะทำการตรวจสอบทุกระยะ 50 เมตร

2.2.4 การประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น

การประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น ทำได้โดยการนำเอาระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆมา แสดงเป็นเส้นผ้ง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆบนถนน

Highway Capacity Manual; HCM (1994) ได้เสนอว่าระยะมองเห็นที่หาได้จากการกำหนดขนาดวัตถุสูง 0 ม. และความ

สูงของตาผู้ขับขี่ 3.75 ฟุต (1.15 ม.) หากมีระยะมองเห็นมากกว่า 1500 ฟุต (460 ม.) ระยะมองเห็นดังกล่าวจะเป็นระยะที่สามารถบอกถึงระดับการให้บริการของถนน 2 ช่องจราจร ซึ่ง HCM ปี ค.ศ.1965 เรียกค่านี้ว่า Sight Distance index หาได้จากการนำพื้นที่ใต้กราฟเฉพาะช่วงที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 1500 ฟุต รวมกันแล้วหารด้วยความยาวของถนนทั้งหมดจากรูปที่ 4 จะได้

$$\text{Sight Distance Index} = [A1 + A2 + A3 + A4 + A5] / L \quad (4)$$

HCM (1994) เสนอค่าระดับการให้บริการ ซึ่งเรียกว่า Percent No Passing Zones ซึ่งมาจากการรวมระยะมองเห็นที่ต่ำกว่า 1500 ฟุต หารด้วยความยาวของถนนทั้งหมด แล้วคูณด้วยร้อย ซึ่งจะใช้ค่านี้นับรวมกับความเร็วเฉลี่ย ลักษณะของภูมิประเทศ และ V/C Ratio ก็จะสามารถหาระดับการให้บริการได้ ซึ่งจากรูปที่ 4 จะได้

$$\text{Percent No Passing Zones} = [L - S1 + S2 + S3 + S4 + S5] / L \quad (5)$$

3. วิธีการและการพัฒนาโปรแกรม

3.1 โปรแกรมที่นำมาใช้ในการพัฒนา

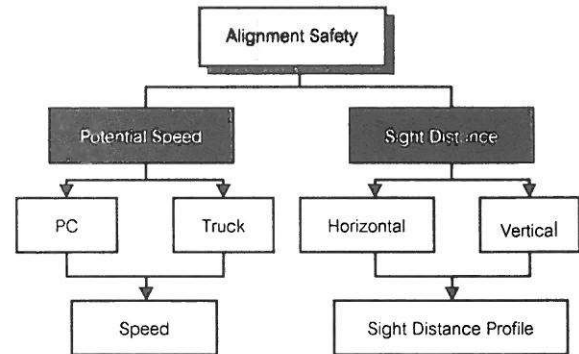
AutoCAD เป็นโปรแกรมทางด้าน CAD ที่มีการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง มีโปรแกรม AutoLISP เป็นเครื่องมือที่ใช้เขียนรหัสคำสั่งใช้งานขึ้นมาใหม่ภายใต้ AutoCAD เพื่อดัดแปลงให้สะดวกแก่การใช้งาน ซึ่งมีรูปแบบของรหัสคำสั่งที่ไม่ซับซ้อน และมีจำนวนรหัสคำสั่งไม่มากนัก จึงเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการพัฒนา ปัจจุบันได้มีการพัฒนา VisualLISP ซึ่งช่วยในการเขียนรหัสคำสั่ง AutoLISP ให้สะดวกขึ้นเป็นอย่างมาก และสามารถคอมไพล์รหัสคำสั่ง AutoLISP ให้เป็นไฟล์ .arx และ .vlx ซึ่งทำให้สามารถประมวลผลได้เร็วกว่ารหัสคำสั่งของ AutoLISP เนื่องจากเป็นภาษาที่ถูกคอมไพล์ ไม่ต้องถูกอินเตอร์พรีทเมื่อทำการประมวลผล

ในการเตรียมข้อมูลแนวเส้นทางและตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางที่ใช้สำหรับการคำนวณ ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Softdesk ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานร่วมกับ AutoCAD R14 ที่ประกอบด้วย Module ต่างๆที่ใช้สำหรับงานวิศวกรรมเฉพาะด้าน จุดเด่นของโปรแกรมที่เลือกใช้เพราะ รูปแบบผลการคำนวณที่ได้จาก

Advance Design Module เป็นรูปแบบมาตรฐานซึ่งสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาได้ง่าย

3.2 โปรแกรมที่พัฒนา

โปรแกรมที่พัฒนามีโครงสร้างหลักแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังรูป



รูปที่ 5 แผนผังหลักแสดงส่วนประกอบของโปรแกรมที่พัฒนา

3.2.1 แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาความเร็วการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง

วิธีการของ Ruediger เป็นวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้หาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง เนื่องจากองค์ประกอบแนวทางราบทุกประเภทสามารถแปลงเป็นค่า CRR เพื่อนำไปคำนวณหาความเร็ว V85 จากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง CRR กับความเร็ว V85 ของประเทศต่างๆ และมีเกณฑ์ประเมินความปลอดภัยหลายวิธี แต่ไม่เหมาะสมกับแนวเส้นทางที่มีความลาดชันมากกว่า 6 % เพราะความลาดชันเริ่มมีผลกระทบต่อความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งซึ่งจะทำให้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง CRR กับความเร็ว V85 ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมเกิดขึ้นจริง

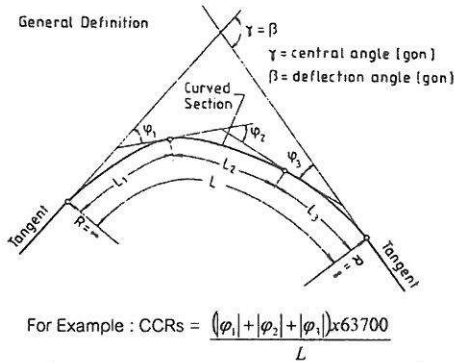
แนวคิดในการหาความเร็ว V85 ของรถยนต์นั่ง มีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรม ได้แก่ แนวทางราบ ซึ่งเตรียมในโปรแกรม Softdesk โดยใช้คำสั่ง Define Alignment เพื่อสร้างข้อมูลแนวเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล Point Station Spiral/Curve Data Tangent Data Azimuth Northing และ Easting ข้อมูลต่างๆนี้มีรูปแบบเป็นไฟล์ข้อความ แล้วนำข้อมูลที่ได้นำไปคำนวณหา CCR

ขั้นตอนการคำนวณ

1. จากข้อมูลแนวเส้นทางนำมาจำแนกทางโค้งออกจากแนวเส้นทางเป็นส่วนๆ ทางโค้งที่ต่อเนื่องกันหลายโค้ง สามารถคำนวณหา CCR ได้ 1 ค่าตามวิธีการของ Ruediger ดังรูปที่ 6

2. คำนวณหา CCR ของแต่ละส่วนโค้งที่ได้ทำการจำแนก โดยใช้คาร์คิมโค้ง และความยาวโค้ง จากรูปที่ 6 สามารถคำนวณค่า CCR ได้ตามสมการที่ 1



รูปที่ 6 สมการสำหรับคำนวณค่า CCR ของโค้งทั่วไป
ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 8.4)

3. คำนวณหาความเร็ว V85 จากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง CCR กับ ความเร็ว V85 ของประเทศต่างๆ โดยในการพัฒนาโปรแกรมครั้งนี้ได้นำแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และออสเตรเลีย มาใช้ในการพัฒนา ตามตารางที่ 1

4. คำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทาง โดยใช้เทคนิคเขียนเส้นผ้งความเร็ว

5. ประเมินความปลอดภัยของแนวเส้นทางที่ตรวจสอบ โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 2

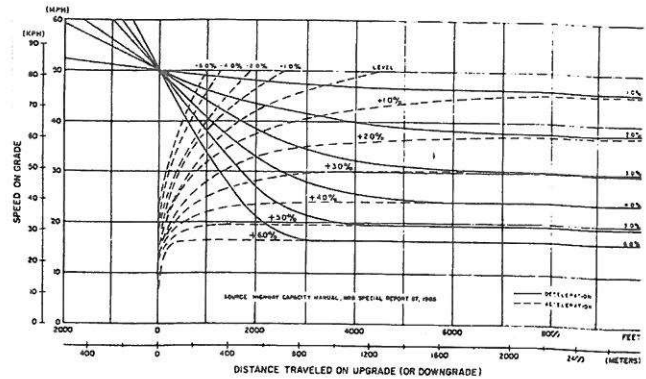
ข้อมูลส่งออก คือ เส้นผ้งความเร็ว และ ตารางข้อมูลแสดงผลการประเมินความปลอดภัย

การคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก

เนื่องจากความลาดชันของถนนจะมีผลอย่างมากต่อความเร็วของรถบรรทุก ฉะนั้นจึงต้องแบ่งการพิจารณาเป็นการหาความเร็วในแนวทางตั้ง และ แนวทางราบ ความเร็วในแนวทางราบนั้นจะใช้ค่าความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนถนนของรถยนต์นิ่งด้วย 5 mph (8 km/h) และ ความเร็วในแนวทางตั้งจะใช้ข้อมูลความลาดชัน และระยะความลาดชัน ร่วมกับ แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง และความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน คำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆ แล้วใช้ค่าความเร็วต่ำสุดระหว่างผลกระทบเนื่องจากแนวทางราบและแนวทางตั้ง เป็นความเร็วของรถบรรทุกที่ตำแหน่งนั้น

แนวคิดในการหาความเร็ว V85 ของรถบรรทุก มีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรม ได้แก่ แนวทางตั้ง ซึ่งเตรียมได้จากโปรแกรม Softdesk โดยใช้เมนูคำสั่ง Profile แล้วใช้คำสั่ง Define FG Centerline ในโปรแกรม Softdesk เพื่อสร้างข้อมูลแนวทางตั้ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล Station Elevation Grade in Grade Out Vertical Curve Information และ Low-Height Station Elevation ข้อมูลต่างๆนี้มีรูปแบบเป็นไฟล์ข้อความ และความเร็วเริ่มต้นของรถบรรทุกเมื่อเข้าสู่แนวทางตั้ง ซึ่งโดยมากมักกำหนดให้น้อยกว่าความเร็วออกแบบในช่วงเข้าสู่ทางตั้งนั้นอยู่ประมาณ 5 mph (8 km/h) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาความเร็วของรถบรรทุก จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน ที่มีค่า Weight-Power ratio เฉลี่ยเท่ากับ 200 lb/hz
ที่มา : Leisch (1977 : 27)

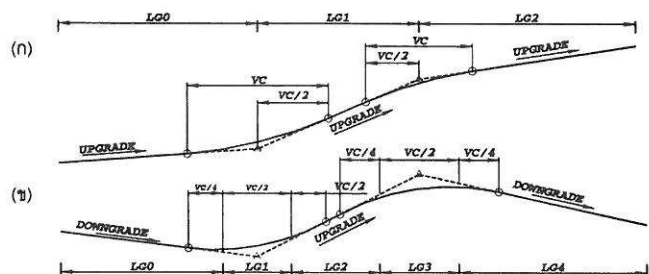
ผู้วิจัยได้แปลงความสัมพันธ์ดังกล่าวมาเป็นสมการ Polynomial ยกกำลัง 6 เพื่อให้สะดวกในการพัฒนาโปรแกรม

ขั้นตอนการคำนวณ

1. เตรียมข้อมูลความลาดชัน และความยาวทางลาด จากข้อมูลแนวทางตั้งที่ได้จากโปรแกรม Softdesk นำมาจำแนกข้อมูลเฉพาะข้อมูลระยะความลาดชัน ความลาดชัน ความยาวโค้งตั้ง และ ค่าระดับ

2. คำนวณหาระยะความลาดชันเสมือน ซึ่ง Leisch (1977) เสนอวิธีการแปลงโค้งทางตั้งให้เป็นเส้นแนวความลาดชัน เพื่อให้สามารถหาความเร็วของรถบรรทุกจากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันดังนี้

- หากผลคูณระหว่างความลาดชันมีค่าเป็น บวก จะแบ่งความยาวโค้งตั้งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันค่าระยะความลาดชันเสมือน (L_0) จะวัดจากจุด PVI ดังรูปที่ 8 (ก)
- หากผลคูณระหว่างความลาดชันมีค่าเป็น ลบ จะแบ่งความยาวโค้งตั้งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกันค่าระยะความลาดชันเสมือน (L_0) จะวัดจากจุด PVI ออกไปด้านและ $L/4$ และจะเกิดระยะความลาดชันสั้นๆ อีกหนึ่งความลาดชัน ดังรูปที่ 8 (ข)



VC = Vertical Curve Length LG = Length of Equivalent Uniform Grade

รูปที่ 8 แนวคิดในการหาระยะความลาดชันเสมือน โดยวิธีการของ Leisch

3. คำนวณหาความเร็วของรถบรรทุก จากข้อมูลระยะความลาดชันเสมือน และสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง

และความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน สามารถคำนวณหาความเร็วของรถบรรทุก ด้วยค่าความลาดชันต่างๆ ซึ่งความลาดชันจะเป็นตัวกำหนดสมการที่จะเลือกนำมาใช้ หลังจากได้สมการแล้ว แทนค่าระยะความลาดชันเสมือนลงในสมการเพื่อให้ได้ความเร็วของรถบรรทุกเมื่อวิ่งสู่ความลาดชัน

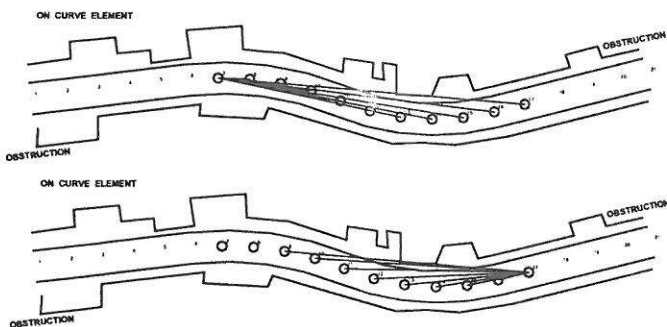
ข้อมูลส่งออก คือ เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน

3.2.2 แนวคิดและหลักการการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็น

การคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวราบ

หลักการของ AASHTO Geometric Design Policy (1994) นำมาพัฒนาโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวราบ โดยมีแนวคิดดังนี้

ข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรม ได้แก่ แนวทางราบ ซึ่งเตรียมจากโปรแกรม AutoCAD และ Softdesk จากนั้นหาค่าพิกัดต่างๆบนแนวทางราบ จากคำสั่ง Align>Locate Point>Measure Alignment ในโปรแกรม Softdesk โดยระยะห่างระหว่างจุดจะเป็นความละเอียดในการคำนวณหาระยะการมองเห็น ซึ่งเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามความเหมาะสม และ แนวสิ่งกีดขวาง ซึ่งเป็นข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง หรือ สิ่งบดบังมองเห็น ที่ได้จากการสำรวจนำมาเตรียมโดยใช้เฉพาะคำสั่ง Line ในโปรแกรม AutoCAD



รูปที่ 9 แนวคิดและหลักการการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวราบ

ขั้นตอนการคำนวณ

1. สร้างฐานข้อมูลแนวสิ่งกีดขวาง จากแนวสิ่งกีดขวางที่เป็นเส้นตรง ใช้ฟังก์ชัน ssget ใน AutoLISP ที่รวบรวมรายชื่อ entity ที่ต้องการเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วดึงคุณสมบัติของ entity ที่รวบรวมไว้ด้วยฟังก์ชัน enget ใน AutoLISP ซึ่งในการวิจัยนี้จะดึงเอาค่าพิกัดจุดต้น และจุดปลาย ของเส้นแนวสิ่งกีดขวางแต่ละเส้นไว้ เป็นฐานข้อมูลแนวสิ่งกีดขวาง

2. จากข้อมูลพิกัดบนแนวทางราบ กำหนดจุดหาระยะมองเห็นโดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นแนวทางราบดำเนินการหาระยะมองเห็นของทุกจุดตลอดแนวเส้นทางไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางราบ

3. กำหนดจุดตรวจสอบจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางราบ ตรวจสอบว่าจุดหาระยะมองเห็นอยู่ในช่วงทางตรงหรือทางโค้ง โดยตรวจสอบจากค่ามุม Azimuth กับจุดข้างเคียง หากพบว่าจุดหาระยะมองเห็นอยู่ในทางตรง จะกำหนดจุดตรวจสอบระยะมองเห็นจุดแรกเป็นจุดหลังจุด Tangent to Curve (TC) หรือ Tangent to Spiral (TS) แต่หากจุดหาระยะมองเห็นอยู่ในทางโค้ง จะกำหนดจุดตรวจสอบระยะมองเห็นจุดแรกเป็นจุดหลังจุดหาระยะมองเห็น

4. จากจุดหาและจุดตรวจสอบระยะมองเห็น สร้างเส้นแนวมองเห็น ระหว่างจุดดังกล่าว แล้วตรวจสอบว่าแนวดังกล่าวตัดกับแนวสิ่งกีดขวางซึ่งเก็บไว้ในฐานข้อมูลหรือไม่ โดยใช้ฟังก์ชัน inters ใน AutoLISP ทำหน้าที่หาจุดตัดระหว่างเส้นตรง 2 เส้น หากพบว่าเส้นแนวมองเห็นไม่ตัดกับแนวสิ่งกีดขวางจะกำหนดจุดตรวจสอบเป็นจุดถัดไปหลังจุดตรวจสอบแรก แล้วดำเนินการตรวจสอบเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งเส้นแนวมองเห็นตัดกับแนวสิ่งกีดขวาง หรือ จนกระทั่งสิ้นสุดแนวทางราบ แต่หากพบว่าเส้นแนวมองเห็นตัดกับแนวสิ่งกีดขวางก็จะกำหนดระยะห่างตามแนวเส้นทางระหว่างจุดหาและจุดตรวจสอบก่อนหน้าเป็นระยะการมองเห็นในแนวราบของจุดหาระยะมองเห็นนั้น และจะเปลี่ยนจุดหาระยะมองเห็นเป็นจุดถัดไปและดำเนินการซ้ำไปเรื่อยๆจนกระทั่งสิ้นสุดแนวทางราบ

5. จากข้อมูลพิกัดบนแนวทางราบ จะจัดเรียงข้อมูลพิกัดบนแนวทางราบจากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้นแนวเส้นทาง เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวราบจากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้นแนวทางราบ จากนั้นจะทำการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 ซ้ำ

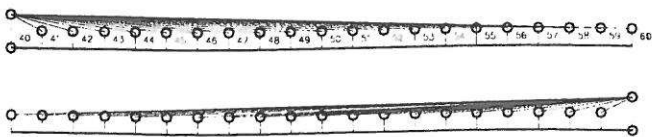
ข้อมูลส่งออก คือ ผังเส้นระยะมองเห็นในแนวราบที่ตำแหน่งต่างๆ 2 เส้น คือ จากจุดเริ่มต้นแนวทางราบไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางราบ และ จากจุดสิ้นสุดแนวทางราบไปยังจุดเริ่มต้นแนวทางราบ

การคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวตั้ง

จากหลักการของ AASHTO Geometric Design Policy (1994) นำมาพัฒนาโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวตั้ง โดยมีแนวคิดดังนี้

ข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรม ได้แก่ แนวทางตั้ง ซึ่งเตรียมจากโปรแกรม Softdesk แล้วใช้คำสั่ง Define FG Centerline ในโปรแกรม Softdesk เพื่อกำหนดแนวเส้นทางดังกล่าวเป็นแนวทางตั้ง จากนั้นจึงสร้างแนวทางตั้งมีระดับความสูงตามจริง (อัตราส่วนทางตั้งต่อทางราบ เท่ากับ 1:1) โดยใช้คำสั่ง Profile > Create Profile ซึ่งแนวทางตั้งที่ได้จะเป็นแนวสิ่งบดบังการมองเห็นในแนวทางตั้ง เนื่องจากโปรแกรม Softdesk ไม่มีฟังก์ชันใน

การหาค่าพิกัดต่างๆบนแนวทางตั้ง จึงต้อง Define Alignment แนวทางตั้งให้มีลักษณะเป็นแนวทางราบ แล้วจึงเตรียมข้อมูลค่าพิกัดต่างๆบนแนวทางตั้ง จากคำสั่ง Align>Locate Point>Measure Alignment โดยระยะห่างระหว่างจุดจะเป็นความละเอียดในการคำนวณหาระยะการมองเห็นซึ่งเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามความเหมาะสม ต่อจากนั้นต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้แก่ ความสูงของตาซึ่งขึ้นกับชนิดของรถยนต์ และความสูงของวัตถุ ซึ่งขึ้นกับประเภทของระยะมองเห็น ดังแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 10 แนวคิดและหลักการการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวตั้ง

ขั้นตอนการคำนวณ

1. สร้างฐานข้อมูลแนวทางตั้ง โดยใช้ฟังก์ชัน tblsearch, ssget และ enget ใน AutoLISP เพื่อสร้างข้อมูลพิกัดจุดต้น และจุดปลายของเส้นแนวทางตั้งแต่ละเส้นไว้ เป็นฐานข้อมูลแนวตั้งกึ่งกลาง

2. กำหนดชนิดของการมองเห็นว่าเป็นระยะมองเห็นเพื่อการหยุดหรือแซงที่ปลอดภัย เพื่อนำไปกำหนดความสูงของวัตถุ

3. กำหนดจุดหาระยะมองเห็นจากจุดเริ่มต้นแนวทางตั้ง จากข้อมูลพิกัดบนแนวทางตั้ง ดำเนินการหาระยะมองเห็นของทุกๆพิกัด โดยนำจุดพิกัดดังกล่าวบวกด้วยความสูงของตาผู้ขับเพื่อเป็นจุดหาระยะมองเห็น

4. กำหนดจุดตรวจสอบจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางตั้ง โดยจุดแรกจะเป็นจุดหลังจุดหาระยะมองเห็นแล้วบวกระยะความสูงของวัตถุ ซึ่งขึ้นกับชนิดของระยะมองเห็น เริ่มจากด้านจุดเริ่มต้นแนวทางตั้งไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางตั้ง

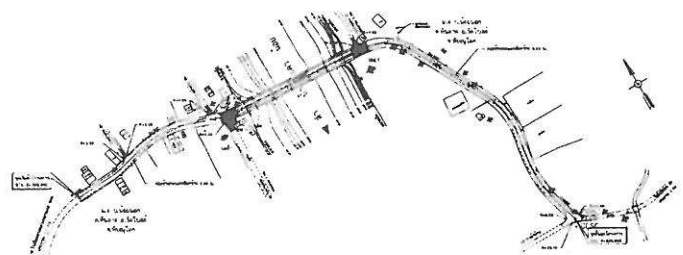
5. จากจุดหาและจุดตรวจสอบระยะมองเห็น สร้างเส้นแนวมองเห็น ระหว่างจุดดังกล่าว แล้วตรวจสอบว่าแนวดังกล่าวตัดกับแนวทางตั้งหรือไม่ โดยการใช้ฟังก์ชัน inters หากพบว่าเส้นแนวมองเห็นไม่ตัดกับแนวทางตั้งจะกำหนดจุดตรวจสอบเป็นจุดถัดไปหลังจุดตรวจสอบแรก แล้วดำเนินการตรวจสอบเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งเส้นแนวมองเห็นตัดกับแนวทางตั้ง หรือ จนกระทั่งสิ้นสุดแนวทางตั้ง แต่หากพบว่าเส้นแนวมองเห็นตัดกับแนวทางตั้งก็จะกำหนดระยะระหว่างจุดหาและจุดตรวจสอบก่อนหน้าเป็นระยะการมองเห็นในแนวตั้งของจุดหาระยะมองเห็นนั้น และจะเปลี่ยนจุดหาระยะมองเห็นเป็นจุดถัดไป และดำเนินการซ้ำไปเรื่อยๆจนกระทั่งสิ้นสุดแนวทางตั้ง

6. จากข้อมูลพิกัดบนแนวทางตั้ง จะจัดเรียงข้อมูลพิกัดบนแนวทางตั้ง จากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้นแนวทางตั้ง เพื่อเป็นข้อมูลคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวตั้งจากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้นแนวทางตั้ง จากนั้นจะทำการคำนวณในขั้นตอนที่ 3 ถึงขั้นตอนที่ 5 ซ้ำ

ข้อมูลส่งออก คือ เส้นผังระยะมองเห็นในแนวตั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆ 2 เส้น คือ จากจุดเริ่มต้นแนวทางตั้งไปยังจุดสิ้นสุดแนวทางตั้ง และจากจุดสิ้นสุดแนวทางตั้งไปยังจุดเริ่มต้นแนวทางตั้ง

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนากับถนนทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องทาง โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก ของกรมโยธาธิการ ความยาวโครงการรวมทั้งสิ้น 620 เมตร แนวเส้นทางของโครงและสภาพภูมิประเทศโดยสังเขปแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย

4.1 ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั้น

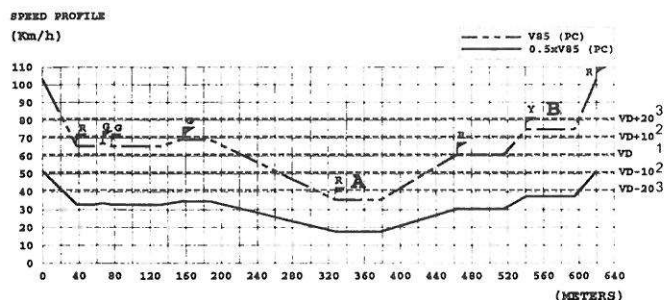
เมนูคำสั่ง Alignment Safety>Potential Speed>Potential Speed of PC ของโปรแกรมที่พัฒนา ใช้คำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั้นได้ข้อมูลส่งออกใน 2 ลักษณะคือ

1. ตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย
2. เส้นผังความเร็ว

ตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัยเป็นข้อมูลเบื้องต้น ที่คำนวณหาความเร็วโดยใช้ค่า CCR และแบบจำลองความสัมพันธ์ของประเทศต่างๆ ซึ่งความเร็วขององค์ประกอบทางตรงอาจไม่เกิดตามตารางเนื่องจากค่าความเร็ว V85 ในทางตรงคำนวณได้จากแบบจำลองโดยการแทนค่า CCR เท่ากับ 0 ที่ไม่ได้คำนึงถึงความเร็วในช่วงโค้งขององค์ประกอบข้างเคียงที่จะส่งผลต่อความเร็วในช่วงทางตรงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง ฉะนั้นในการประเมินความปลอดภัยจึงพิจารณาจากข้อมูลส่งออกในลักษณะเส้นผังความเร็วเป็นหลัก

อย่างไรก็ตามค่าความเร็วออกแบบที่คำนวณได้ ซึ่งแสดงในตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย จะนำไปใช้เลือกแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ให้ผลค่าความเร็วออกแบบที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าความเร็วออกแบบของโครงการที่เลือกใช้ โดยโครงการนี้ใช้มาตรฐานทางหลวงชนบทขั้นที่ 2 ของกรมโยธาธิการ ซึ่งกำหนดค่าความเร็วออกแบบเท่ากับ 60 กม./ชม. แบบ

จำลองความสัมพันธ์ที่ให้ผลความเร็วออกแบบใกล้เคียงที่สุดสำหรับโครงการคือ แบบจำลองความสัมพันธ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งคำนวณค่าความเร็วออกแบบได้เท่ากับ 61 กม./ชม.



รูปที่ 12 เส้นผังความเร็วที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา

จากรูปที่ 12 จะประกอบด้วยแนวเส้นสี่ (เส้นประ) ต่างๆดังนี้

- คือ ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง
 - คือ ครึ่งหนึ่งของความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง
- ใช้ร่วมกับความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน เพื่อตรวจสอบว่าจำเป็นต้องมีช่องทางพิเศษสำหรับให้รถบรรทุกวิ่งบนทางลาดชัน หรือ ไม่

โดยโปรแกรมที่พัฒนาแสดงผลการประเมินความปลอดภัย 2 ลักษณะคือ

1. ความสอดคล้องในการออกแบบ

เมื่อ เส้นประ 1 เป็นค่าความเร็วออกแบบ VD

เส้นประ 2 เป็นค่า VD+10 และ VD-10 กม./ชม.

เส้นประ 3 เป็นค่า VD+20 และ VD-20 กม./ชม.

- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่ระหว่างเส้นประ 1 และ เส้นประ 2 ประเมินระดับความปลอดภัยว่า ดี
- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่ระหว่างเส้นประ 2 และ เส้นประ 3 ประเมินระดับความปลอดภัยว่า พอใช้
- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่นอหรือใต้เส้นประ 3 ประเมินระดับความปลอดภัยว่า ไม่ดี

จากรูปที่ 12 พบว่าจุด A จะต้องดำเนินการแก้ไข และจุด B ควรดำเนินการตรวจสอบ

2. ความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency) ในลักษณะของสิ่งต่างๆ กล่าวคือ

ธงสี่เหลี่ยม G คือ มีความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกัน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 กม./ชม.

$(V85 - V85_{+1} \leq 10)$ ประเมินความปลอดภัยว่า ดี

ธงสี่เหลี่ยม Y คือ มีความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกัน มากกว่า 10 แต่ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กม./ชม.

$(10 < V85 - V85_{+1} \leq 20)$ ประเมินความปลอดภัยว่า พอใช้

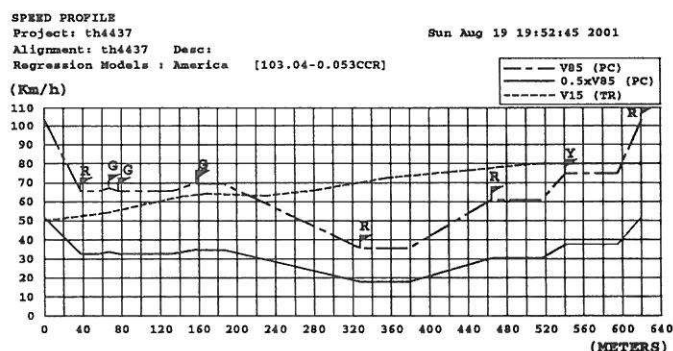
ธงสีแดง R คือ มีความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกัน มากกว่า 20 กม./ชม. $(V85 - V85_{+1} > 20)$ ประเมินความปลอดภัยว่า ไม่ดี

จากรูปที่ 12 พบว่าจุด A จะต้องดำเนินการแก้ไข โดยอาจจะเพิ่มรัศมีโค้งที่จุด A หรือปรับลดรัศมีโค้งของโค้งข้างเคียงลง

4.2 ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก

จากเมนูคำสั่ง Alignment Safety>Potential Speed>Potential Speed of Truck ของโปรแกรมที่พัฒนา ใช้คำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันได้ข้อมูลส่งออก คือ เส้นผังความเร็ว ซึ่งในการประเมินความปลอดภัยจากเส้นผังความเร็วของรถบรรทุก จะต้องนำข้อมูลเส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งมารวมเป็นข้อมูลประกอบในการประเมิน ดังรูปที่ 13

จากรูปที่ 13 เส้นกราฟ (เส้นประ V15 TR) แสดงความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก ที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน จะเห็นว่าเส้นดังกล่าวอยู่เหนือเส้นความเร็ว 0.5xV85 ของรถยนต์นั่ง (เส้นทึบล่าง) แสดงว่าแนวเส้นทางโครงการไม่มีความจำเป็นต้องออกแบบช่องทางจราจรพิเศษให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นบนทางลาดชัน



รูปที่ 13 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน และเส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งจากแบบจำลองของสหรัฐอเมริกา

4.3 ผลการคำนวณระยะมองเห็น

ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา แบ่งเป็น

- 1) ระยะมองเห็นในแนวราบ
- 2) ระยะมองเห็นในแนวตั้ง แบ่งเป็น เพื่อการหยุดที่ปลอดภัย และเพื่อการแซงที่ปลอดภัย
- 3) ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัย
- 4) ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย

โดย 1) และ 2) เป็นระยะมองเห็นที่หาจากแนวเส้นทาง (ระยะมองเห็นที่มีอยู่) ในส่วน 3) และ 4) เป็นระยะมองเห็นที่ต้องการเพื่อการหยุดหรือแซงอย่างปลอดภัยตามลำดับ ซึ่งระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัยคำนวณจากสมการที่ 3 โดยกำหนดเวลารับรู้-สั่งการ 2.5 วินาที สัมประสิทธิ์ความเสียหายน 0.3 และความลาดเอียง 0 % (ไม่คำนึงถึงผลของแนวทางตั้ง) ส่วนความเร็วนั้นใช้ความเร็ว V85 ของรถยนต์นั่งซึ่งคำนวณได้จากโปรแกรมที่

พัฒนา ส่วนระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย จำนวนจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยกับความเร็ว รูปที่ 2 โดยความเร็วนั้นใช้ความเร็ว V85 ของรถยนต์นั่งซึ่งคำนวณได้จากโปรแกรมที่พัฒนาเช่นกัน

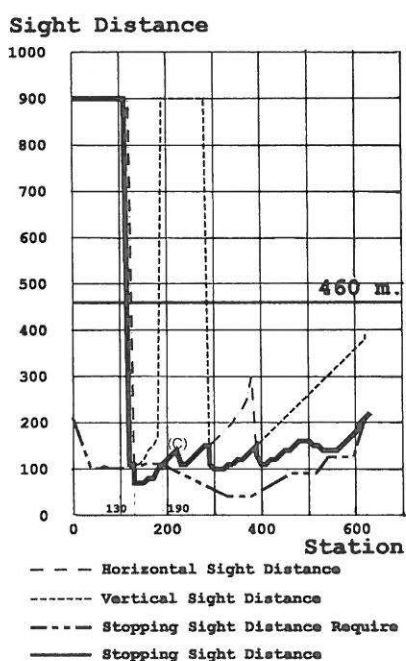
AASHTO ได้แนะนำค่าความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็นไว้ว่า หากระยะมองเห็นในช่วงนั้นมีค่าต่ำกว่า 900 เมตร ควรกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆ 10 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็นทุกๆ 10 เมตร นั้นเหมาะสมเพียงพอ เนื่องจากให้ผลการคำนวณไม่แตกต่างจากการคำนวณทุกระยะ 1 เมตรมากนัก แต่ค่าความละเอียดในการคำนวณจะส่งผลอย่างมากต่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาระยะมองเห็นโดยโปรแกรมที่พัฒนา แสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวนอน

ค่าความละเอียด ในการคำนวณ	เวลาที่ใช้ในการคำนวณ	
	นาที่	วินาที
ทุกๆ ระยะ 30 เมตร	-	4
ทุกๆ ระยะ 10 เมตร	-	20
ทุกๆ ระยะ 1 เมตร	40	15

หมายเหตุ คำนวณจากเครื่องคอมพิวเตอร์เพนเทียม 900 MHz RAM 128 MB
Hard disk 10 GB ความยาวถนนเท่ากับ 620 เมตร (รูปที่ 11)

จากเมนูคำสั่ง Alignment Safety> Sight Distance > Sight Distance Profile ของโปรแกรมที่พัฒนา แสดงผลการคำนวณหาระยะมองเห็นในทิศทางจากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้นแสดงได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 เส้นผ้งระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดไปยังจุดเริ่มต้น

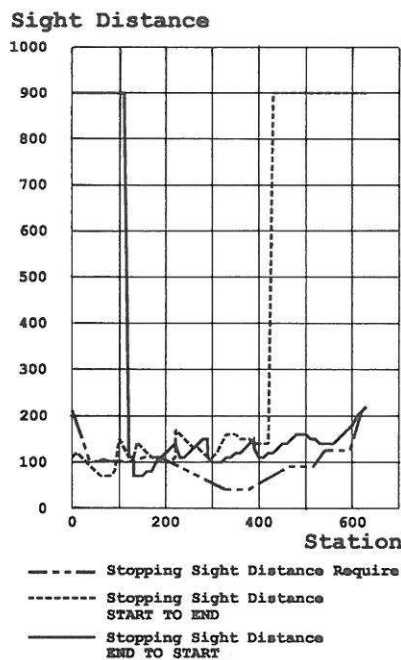
จากรูปที่ 14 พบว่าแนวเส้นทางมีช่วงที่มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดรถอย่างปลอดภัย ตั้งแต่ กม.ที่ 0+130 ถึง 0+190 เนื่องจากแนวทางราบ ตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็นคือ กม.ที่ 0+110 ซึ่งไม่ปลอดภัยและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข

ทิศทางการคำนวณมีผลต่อระยะมองเห็น เนื่องจากระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด มีค่าแตกต่างจากจุดสิ้นสุดมายังจุดเริ่มต้น แสดงได้ดังรูปที่ 15

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์วิธีการหาและตรวจสอบความปลอดภัยของทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจรในเรื่องความเร็วและระยะมองเห็นของแนวเส้นทางที่ออกแบบ ซึ่งจากเดิมจะใช้วิธีการลองผิดลองถูก แล้วมาตรวจสอบความปลอดภัยด้วยวิธีการคำนวณ และวิธีกราฟฟิก วิธีการตรวจสอบพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD ตามแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบให้ถูกต้อง และ ลดระยะเวลาจากขั้นตอนการลองผิดลองถูก การตรวจสอบคำนึงถึงผลของความปลอดภัยในการขับขี่อันเกิดจากการใช้ความเร็วและการมองเห็น ช่วยให้แนวเส้นทางมีความปลอดภัย ลดอุบัติเหตุ ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการออกแบบถนนที่ไม่เหมาะสม

ผลการวิจัย พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาสามารถประเมินค่าความปลอดภัยของแนวเส้นทางที่ทำการออกแบบ ในเรื่องความเร็วและระยะมองเห็น รวมทั้งสามารถตรวจสอบหาจุดบกพร่องของแนวเส้นทางที่ออกแบบได้ ลดระยะเวลาในการตรวจสอบจากวิธีการลองผิดลองถูก ทำให้วิศวกรออกแบบแนวเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 15 เส้นฝั่งระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย
พิจารณาตามทิศทางการจราจร

อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีการออกแบบ และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ยังมีข้อจำกัดในหลายประการจากสมมติฐานต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ ยกตัวอย่างเช่น มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ความเร็วในการขับขึ้นนอกเหนือจากรัศมีโค้ง และความลาดชันของแนวเส้นทาง เช่น ลักษณะพื้นผิวทาง ความกว้างของช่องทาง และ ปริมาณจราจร เป็นต้น ซึ่งวิธีการที่นำมาพัฒนาโปรแกรมไม่ได้คำนึงถึง และระยะมองเห็นที่โปรแกรมคำนวณหา นั้นเป็นระยะมองเห็นในลักษณะ 2 มิติ โดยการฉาย (project) แนวเส้นทางของถนนเป็นแนวทางราบและแนวทางตั้ง แล้วคำนวณหาระยะมองเห็นแต่ละแนวแยกออกจากกัน จากนั้นเลือกระยะมองเห็นในแนวที่สั้นกว่าเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้น ด้วยหลักการดังกล่าวจะให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงเมื่อแนวโค้งทางราบและโค้งทางตั้งที่ไม่ซ้อนทับกัน รวมทั้งไม่ได้คำนึงถึงผลของรูปหน้าตัดที่มีต่อระยะการมองเห็น เช่น ค่าความลาดผิวทาง

นอกจากนี้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล จะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการคำนวณหาระยะมองเห็น เนื่องจากพบว่า การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็นสูงจะทำให้จำนวนครั้งของการคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณเป็นเวลานาน ทำให้

ประสิทธิภาพของโปรแกรมมีข้อจำกัดขึ้นอยู่กับการประสิทธิภาพในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าโปรแกรมที่พัฒนายังสามารถที่จะพัฒนาให้ดีขึ้น และสอดคล้องกับความจริงที่เกิดขึ้นได้ เช่น การพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้ง และ ความเร็ว โดยจำแนกประเภทชั้นทาง ซึ่งจะมีการกำหนดลักษณะพื้นผิวจราจร ความกว้างของช่องทาง และ ปริมาณจราจร ของแต่ละประเภทชั้นทางไว้ ซึ่งพบว่ายังไม่มีการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ดังกล่าว นอกจากนี้ประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR และความเร็ว V85

ส่วนโปรแกรมที่คำนวณหาระยะมองเห็น พบว่ามีการศึกษาพัฒนาการหาระยะมองเห็นที่เป็นลักษณะ 3 มิติ เนื่องจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ มีความสามารถในการประมวลผลเพื่อสร้างภาพและวัตถุ 3 มิติได้เร็วขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้หาระยะมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ ซึ่งทำให้ได้ระยะมองเห็นที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก อย่างไรก็ตามพบข้อจำกัดว่าซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนนในปัจจุบันมีฟังก์ชันที่ช่วยสร้างภาพพื้นผิวถนน 3 มิติที่ไม่เอื้อต่อพัฒนาโปรแกรมหาระยะมองเห็นจากฟังก์ชัน inters ใน AutoLISP เนื่องจากเป็นข้อมูลพื้นผิวที่ไม่มี ความหนาทำให้ไม่สามารถหาจุดตัดได้ การวิเคราะห์แนวเส้นทาง 3 มิติเริ่มมีการศึกษามากขึ้น เช่น การศึกษาของ Hassan, Y. , S.M. Easa, และ A.O. Ada El Halim ในปี ค.ศ. 1996 [6] ซึ่งได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองโครงสร้างของถนนในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้วิธีการ Finite element ซึ่งมีแนวคิดที่ว่าพื้นผิวของถนนสามารถแบ่งเป็น element ย่อยๆ โดยในแต่ละ element จะมี node อย่างน้อย 3 node หรือมากที่สุดที่จำเป็นคือ 8 node ซึ่งจำนวนของ node ขึ้นอยู่กับลักษณะขององค์ประกอบแนวเส้นทาง ข้อดีสำหรับวิธีการนี้คือสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าวิธีหาระยะมองเห็นโดยใช้วิธีการกราฟฟิก แต่ข้อเสียคือการสร้าง Element ที่มีสำหรับพื้นผิวภูมิประเทศที่มีลักษณะที่ไม่แน่นอนจะต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากมาก

เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาสามารถให้ข้อมูลความเร็วและระยะมองเห็น ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบได้อีก เช่น การหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งป้ายสัญญาณ และป้ายเตือน การกำหนดบริเวณห้ามแซง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. A policy on geometric design of highways and streets. Washington D.C. : American Association of State Highway and Transportation Officials, 1994
- [2] Cars Accident Rate separate by suffer [Online] National Statistical Office of Thailand : Available from : http://www.nso.go.th/thai/stat/dw44/econ_o/5.7.xls [2000, June 21]
- [3] Elias, M.C., Ruediger, L., Juergen, H. K., and Theodor, M. Safety aspects of individual design elements and their interactions on two-lane highways. Transportation Research Record 1445 (1994) : 34-46.
- [4] Fink, K.L. and Krammes, R.A. Tangent length and sight distance effects on accident rates at horizontal curves on rural two-lane highways. Transportation Research Record 1500 (1995) : 162-168.
- [5] Hassan, Y., S.M. Easa, and A.O. Abd El Halim, Analytical Model for Sight Distance Analysis on 3-D Highway Alignments. In Transportation Research Record 1523, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996, pp. 1-10.
- [6] Hassan, Y., S.M. Easa, and A.O. Abd El Halim, Highway Alignment Three-Dimensional Problem and Three-Dimensional Solution. In Transportation Research Record 1612, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1998, pp. 17-25.
- [7] Highway capacity manual. U.S.A. : Transportation Research Board, 1994
- [8] Highway capacity manual (Special report No.87). U.S.A. : Highway Research Board, 1965.
- [9] Joseph, S., and Rusty, G. Inside autoLISP. California : New Riders Publishing, 1989.
- [10] Kurt, H., Killer autoCAD utilities California : New Rider Publishing, 1993.
- [11] Leisch, J. E., and Leisch, J. P. New concepts in design speed application as a control in achieving consistent highway design. Washington D.C. : Transportation Research Board, 1977.
- [12] Nicholas, J. G. and Lester, A.H. Traffic and highway engineering 2 nd ed. U.S.A. : Thomson Publishing Company, 1996.
- [13] Ogden K.W. , Safer Road : A Guide to Road Safety Engineering. England : Avebury Technical Ashgate Publishing Ltd. , 1996.
- [14] Papacostas, C. S. and Prevedouros, P. D. Transportation engineering and planning. 2 nd ed. New Jersey : Prentice-Hall , 1987.
- [15] Reagan J. A. Designing for safety by analyzing road geometric: The interactive highway safety design Model [Online] U.S.A Department of Transportation Federal Highway Administration : Available from : <http://www.fhrc.gov/pubrds/summer94/p94su37.htm> [2000, April 27]
- [16] Ruediger, L., and Bob, L.S. Curvilinear alignment : an important issue for more consisted and safer road characteristic. Transportation Research Record 1445 (1994) : 12-20.
- [17] Ruediger, L., Basil, P. and Theodor, M., Highway design and traffic safety engineering handbook. Newyork : Mcgraw-Hill , 1999.
- [18] Ruediger L., Elias M. C., and John C. H. Tangent as an independent design element Transportation Research Record 1195 (1988) : 123-131.
- [19] Ruediger, L., John, C. H., and Jeffrey, G.C. Comparison of different procedures for evaluating speed consistency. Transportation Research Record 1100 (1986) : 10-20.
- [20] Safety Effectiveness of Highway Design Features Volume II : Alignment Transportation Federal Highway Administration (Nov,1992) : 2.
- [21] Sanchez, E., Three-dimensional analysis of sight distance on interchange connectors Transportation Research Record 1445 (1994) : 101-108.
- [22] Wright, P. H., and Paquette, J. P. Highway engineering. 5 th ed. Canada : John Wiley & Sons, 1987.