บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์วิธีการหาและตรวจสอบความปลอดภัยของทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจรในเรื่องความเร็วและระยะมองเห็นของแนวเส้นทาง ซึ่งจากเดิมในขั้นตอนการออกแบบจะใช้วิธีการลองผิดลองถูก แล้วทำตรวจสอบความปลอดภัยด้วยวิธีการคำนวณ และวิธีกราฟฟิก จากการรวบรวมรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าซอฟแวร์ทางด้าน CAD สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาและตรวจสอบค่าดังกล่าว ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแนวเส้นทางให้มีความปลอดภัย ช่วยลดอุบัติเหตุ ลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดขึ้นจากการออกแบบถนนที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบให้ถูกต้อง และลดระยะเวลาจากขั้นตอนการลองผิดลองถูก

จากแนวคิดดังกล่าวได้นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยในการตรวจสอบความปลอดภัยจากการออกแบบ โดยโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ โปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็ว และโปรแกรมหาและตรวจสอบระยะมองเห็น สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 โปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็ว

ผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วที่เกี่ยวข้องในการออกแบบถนนมีหลายชนิด แต่ความเร็วที่นำมาใช้ในการตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบแนวเส้นทางคือ ความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential Speed) เนื่องจากเป็นความเร็วจากการคาดการณ์อุปนิสัยในการขับขี่ ที่คำนึงถึงผลกระทบจากรัศมีโค้ง ความลาดชันที่มีผลต่อความเร็วในการขับขี่ เนื่องจากพบว่าความเร็วออกแบบ (Design Speed) มีข้อบกพร่องที่ไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแนวเส้นทางที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แนวคิดในการหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้ แบ่งเป็น

5.1.1.1 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง

วิธีการของสหพันธรัฐเยอรมันที่นำเสนอโดย Ruediger และ Theodor เป็นวิธีที่สะดวกแก่การพัฒนาโปรแกรม และมีเกณฑ์ประเมินความปลอดภัยที่ละเอียดกว่าวิธีอื่น แต่วิธีดังกล่าวไม่เหมาะสมกับแนวเส้นทางที่มีความลาดชันมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ เพราะความลาดชันที่

มากขึ้นจะมีผลกระทบต่อความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้ง (Curvature Change Rate, CCR) กับความเร็วที่เป็นไปได้จะไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง โดยแบบจำลองความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามการศึกษาของแต่ละประเทศ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบจำลองของสหพันธรัฐ-เยอรมัน ออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกา มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมที่พัฒนาใช้ข้อมูลแนวทางราบที่เตรียมได้จากโปรแกรม Softdesk แล้วคำนวณหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งจากข้อมูลแนวทางราบดังกล่าว จากนั้นจึงใช้แบบจำลองของแต่ละประเทศคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งจากค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งของแต่ละองค์ประกอบนั้น จากความเร็วที่คำนวณได้นำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินความปลอดภัยจากเกณฑ์ประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ และความสอดคล้องของความเร็วตามวิธีการของสหพันธรัฐเยอรมัน ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณผลการประเมินเป็นข้อมูลนำออก (Output) ในลักษณะตารางข้อมูล (Numerical Data for Safety Evaluation)

จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางที่นำเสนอเป็นข้อมูลในลักษณะเส้นผังความเร็ว (Speed Profile) ในโปรแกรม AutoCAD โดยใช้สมมติฐานว่าความเร็วในช่วงทางโค้งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ความเร็วในช่วงทางตรงจะมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณเข้าสู่ทางโค้งและออกจากทางโค้ง โดยค่าความเร็วสูงสุดในช่วงทางตรงขึ้นกับแบบจำลองของแต่ละประเทศ ความเร่งจะถูกกำหนดโดยความเร็วในช่วงทางโค้ง 2 ทางโค้งที่ทางตรงนั้นต่อเชื่อมอยู่ และความยาวของระยะทางตรง

5.1.1.2 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก

จากการวิจัยพบว่า ความลาดชันของถนนจะมีผลอย่างมากต่อความเร็วของรถบรรทุก ฉะนั้นในการประเมินความปลอดภัยจึงต้องการตรวจสอบความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชันว่าค่าความลาดชันดังกล่าวส่งผลต่อความเร็วของรถบรรทุกจนทำให้รถบรรทุกเป็นอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางการจราจรหรือไม่ รวมทั้งหาตำแหน่งที่จำเป็นต้องมีช่องจราจรพิเศษให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นไต่ขึ้นทางลาดชัน (Climbing Lane) ในกรณีที่ไม่สามารถปรับแก้ความลาดชันได้

โปรแกรมที่พัฒนาใช้ข้อมูลความลาดชัน ระยะความลาดชัน และความยาวโค้งดิ่งที่เตรียมจากโปรแกรม Softdesk มาคำนวณหาระยะความลาดชันเสมือน (Equivalent uniform grade) จากระยะความลาดชันเสมือนที่คำนวณได้และข้อมูลความเร็วเริ่มต้นของรถบรรทุกเมื่อเข้าสู่ทางลาดชัน แล้วนำข้อมูลทั้งสองมาใช้ร่วมกับแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะความลาดชันเสมือน และความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันระดับต่างๆ ของ Enzweihingen

คำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณค่าความเร็วดังกล่าวแล้วนำเสนอเป็นข้อมูลนำออกในลักษณะเส้นผังความเร็ว

ในการประเมินความปลอดภัยจากเส้นผังความเร็วของรถบรรทุก จะต้องนำข้อมูลเส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งมาร่วมเป็นข้อมูลประกอบในการประเมินเพื่อตรวจสอบความแตกต่างระหว่างความเร็วของรถยนต์นั่งกับรถบรรทุก โดยใช้เกณฑ์ประเมิน The 10 mph Rule จากแนวคิดของ Leisch และตำแหน่งที่จำเป็นต้องมีช่องจราจรพิเศษให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นไต่ขึ้นทางลาดชันนั้นคือช่วงที่ความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความเร็วรถยนต์นั่งจากแนวคิดของ Ruediger และ Theodor

5.1.2 โปรแกรมหาและตรวจสอบระยะมองเห็น

โปรแกรมที่พัฒนา ได้นำเอาแนวคิดและหลักการหาระยะมองเห็นโดยวิธีกราฟฟิก ตามมาตรฐาน AASHTO Geometric Design Policy (1994) มาพัฒนาเป็นโปรแกรมที่ใช้หาระยะมองเห็นในแนวราบ และในแนวดิ่ง และตรวจสอบว่าแนวเส้นทางมีระยะมองเห็นเพียงพอต่อการหยุดและแซงอย่างปลอดภัยหรือไม่ โดยระยะมองเห็นสำหรับการหยุดและแซงอย่างปลอดภัยจะคำนวณจากความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง รวมทั้งการประเมินประสิทธิภาพการมองเห็นโดยการหาค่า Sight Distance Index และ Percent No Passing Zone ตาม Highway Capacity Manual [HCM] โปรแกรมที่พัฒนาเพื่อหาระยะมองเห็นแบ่งออกเป็น

5.1.2.1 ระยะมองเห็นในแนวทางราบ

ในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวทางราบ โปรแกรมที่พัฒนาจะใช้ข้อมูลเส้นบดบังการมองเห็นที่เตรียมจากข้อมูลสำรวจสภาพภูมิประเทศ และ ข้อมูลค่าพิกัดต่างๆ บนแนวทางราบที่เตรียมจากโปรแกรม Softdesk เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) โดยโปรแกรมจะสร้างฐานข้อมูลเส้นบดการมองเห็นจากฟังก์ชัน enget ใน AutoLISP จากนั้นจะสร้างแนวการมองเห็น (Sight Line) ระหว่างจุดพิกัดต่างๆบนแนวเส้นทางแล้วตรวจสอบว่าแนวการมองเห็นตัดกับเส้นบดบังการมองเห็นหรือไม่โดยใช้ฟังก์ชัน inters ใน AutoLISP เพื่อหาระยะมองเห็นตามจุดต่างๆ ตลอดแนวเส้นทาง

5.1.2.2 ระยะมองเห็นในแนวทางดิ่ง

ในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวทางดิ่ง โปรแกรมที่พัฒนาจะใช้แนวทางดิ่งเป็นข้อมูลเส้นบดบังการมองเห็น และ ข้อมูลค่าพิกัดต่างๆ บนแนวทางดิ่งเตรียมจากโปรแกรม Softdesk เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้า โดยโปรแกรมจะสร้างฐานข้อมูลเส้นบดการมองเห็นและ สร้างแนวการมองเห็นระหว่างจุดพิกัดต่างๆบนแนวทางดิ่ง จากกำหนดความสูงของสายตาผู้ขับขี่ และความสูงของสิ่งกีดขวางซึ่งขึ้นกับชนิดของระยะมองเห็นที่ต้องการตรวจสอบว่าเพื่อ

การหยุดหรือการแซงที่ปลอดภัย แล้วหาระยะมองเห็นตามจุดต่างๆตลอดแนวทางดิ่ง โดยใช้หลักการและฟังก์ชันใน AutoLISP เช่นเดียวกับการหาระยะมองเห็นในแนวทางราบ

ผลจากโปรแกรมที่พัฒนาสามารถประเมินประสิทธิภาพที่ช่วยในการออกแบบแนวเส้นทางให้มีความเร็วและระยะมองเห็นที่ปลอดภัย จึงนำแนวเส้นทางของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก ระยะทางยาว 620 เมตรมาทดสอบ พบว่าแนวเส้นทางที่ออกแบบไว้เบื้องต้นมีข้อบกพร่องในบางจุดที่ควรจะดำเนินการแก้ไข และโปรแกรมที่พัฒนาสามารถช่วยในการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของแนวเส้นทางที่ออกแบบได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้คือ การรวบรวมแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็วและระยะมองเห็น นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมที่สามารถช่วยออกแบบแนวเส้นทางให้มีความปลอดภัย ลดระยะเวลาในการตรวจสอบจากวิธีการลองผิดลองถูก ทำให้วิศวกรออกแบบแนวเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามพบว่าวิธีการออกแบบ และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ยังมีข้อจำกัดในหลายประการจากสมมติฐานต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ ยกตัวอย่างเช่นมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ความเร็วในการขับขี่นอกเหนือจากรัศมีโค้ง และความลาดชันของแนวเส้นทาง เช่น ลักษณะพื้นผิวทาง ความกว้างของช่องทาง และ ปริมาณจราจร เป็นต้น ซึ่งวิธีการที่นำมาพัฒนาโปรแกรมไม่ได้คำนึงถึง

ส่วนระยะมองเห็นที่โปรแกรมคำนวณหานั้นเป็นระยะมองเห็นในลักษณะ 2 มิติ โดยการโปรเจกแนวเส้นทางของถนนเป็นแนวทางราบและแนวทางดิ่งแล้วคำนวณหาระยะมองเห็นแต่ละแนวแยกออกจากกัน จากนั้นจะเลือกระยะมองเห็นในแนวที่สั้นกว่าเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้น ด้วยหลักการดังกล่าวจะให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงเมื่อแนวโค้งทางราบและโค้งทางดิ่งที่ไม่ซ้อนทับกัน รวมทั้งไม่ได้คำนึงถึงผลของรูปหน้าตัดที่มีต่อระยะการมองเห็น เช่น ค่าความลาดผิวทาง

นอกจากนี้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล จะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการคำนวณหาระยะมองเห็น เนื่องจากพบว่า การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็นสูงจะทำให้จำนวนครั้งของการคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณเป็นเวลานาน ทำให้ประสิทธิภาพของโปรแกรมมีข้อจำกัดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าโปรแกรมที่พัฒนายังสามารถที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นและสอดคล้องกับความจริงที่เกิดมากขึ้นไปอีก เช่น การพัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้ง และ ความเร็ว โดยจำแนกประเภทชั้นทางซึ่งจะมีการกำหนดลักษณะพื้นผิวจราจร ความกว้างของช่องทาง และ ปริมาณจราจร ของแต่ละประเภทชั้นทางไว้ จากการวิจัยพบว่าแบบจำลองดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามข้อมูลการศึกษาของแต่ละประเทศ ซึ่งพบว่าในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเพื่อพัฒนาหาแบบจำลองความสัมพันธ์ดังกล่าว

ส่วนโปรแกรมที่คำนวณหาระยะมองเห็น พบว่ามีการศึกษาพัฒนาการหาระยะมองเห็นที่เป็นลักษณะ 3 มิติ เนื่องจากเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์มีความสามารถในการประมวลผลเพื่อสร้างภาพและวัตถุ 3 มิติได้เร็วขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ช่วยในการหาระยะมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ ซึ่งทำให้ได้ระยะมองเห็นที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก อย่างไรก็ตามพบข้อจำกัดว่าซอฟแวร์ที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนนในปัจจุบันมีฟังก์ชันที่ช่วยสร้างภาพพื้นผิวถนน 3 มิติที่ไม่เอื้อต่อพัฒนาโปรแกรมหาระยะมองเห็นจากฟังก์ชัน inters ใน AutoLISP เนื่องจากเป็นข้อมูลพื้นผิวที่ไม่มีความหนาทำให้ไม่สามารถหาจุดตัดได้

เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาสามารถให้ข้อมูลความเร็วและระยะมองเห็น ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบได้อีก เช่น การหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งป้ายสัญญาณ และป้ายเตือน รวมทั้งพิจารณาในการกำหนดบริเวณห้ามแซงเป็นต้น