บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย จะเกี่ยวกับด้านวิศวกรรมการจราจร เนื้อหาในบทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องทั่ว ๆ ไปที่ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ไม่ยาก เนื่องจากเป็นเรื่องใกล้ตัว ดังนั้นผู้เขียนจึงขออธิบายเนื้อหา คำจำกัดความต่างๆ โดยสรุปและใช้คำพูดที่ง่ายประกอบคำอธิบายในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

2.1 ทางแยก (Intersection)

บริเวณที่ถนนหลายสายมาตัดกันหรือบรรจบกันเป็นสามแยก สี่แยก ห้าแยก และวงเวียน เป็นจุดที่เกิดปัญหาการจราจรมากที่สุด โดยเฉพาะบริเวณในเมืองที่มีการจราจรคับคั่งในชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำการ

ทางแยกคือส่วนสำคัญของโครงข่ายถนน และการเดินทางที่ทำให้ผู้ใช้ถนนสามารถเดินทางถึงจุดต่าง ๆ ของพื้นที่ได้ เมื่อมีทางแยกจึงต้องมีการควบคุมการเดินรถ และต้องมีการกำหนดและวางกฎเกณฑ์ในการบังคับรถ ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพการจราจร เช่น ติดตั้งป้ายจราจรหรือสัญญาณจราจร เป็นต้น ทางแยกแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือทางแยกที่มีถนนตัดกันในระดับเดียวกัน (At-Grade Intersection) และทางแยกที่ถนนตัดกันในลักษณะต่างระดับ (Grade-Separation Intersection) ในเขตเทศบาลตำบลจะนะนี้มีเฉพาะทางแยกระดับเดียวกันเท่านั้น

2.1.1 องค์ประกอบของกระแสการจราจรที่ทางแยก

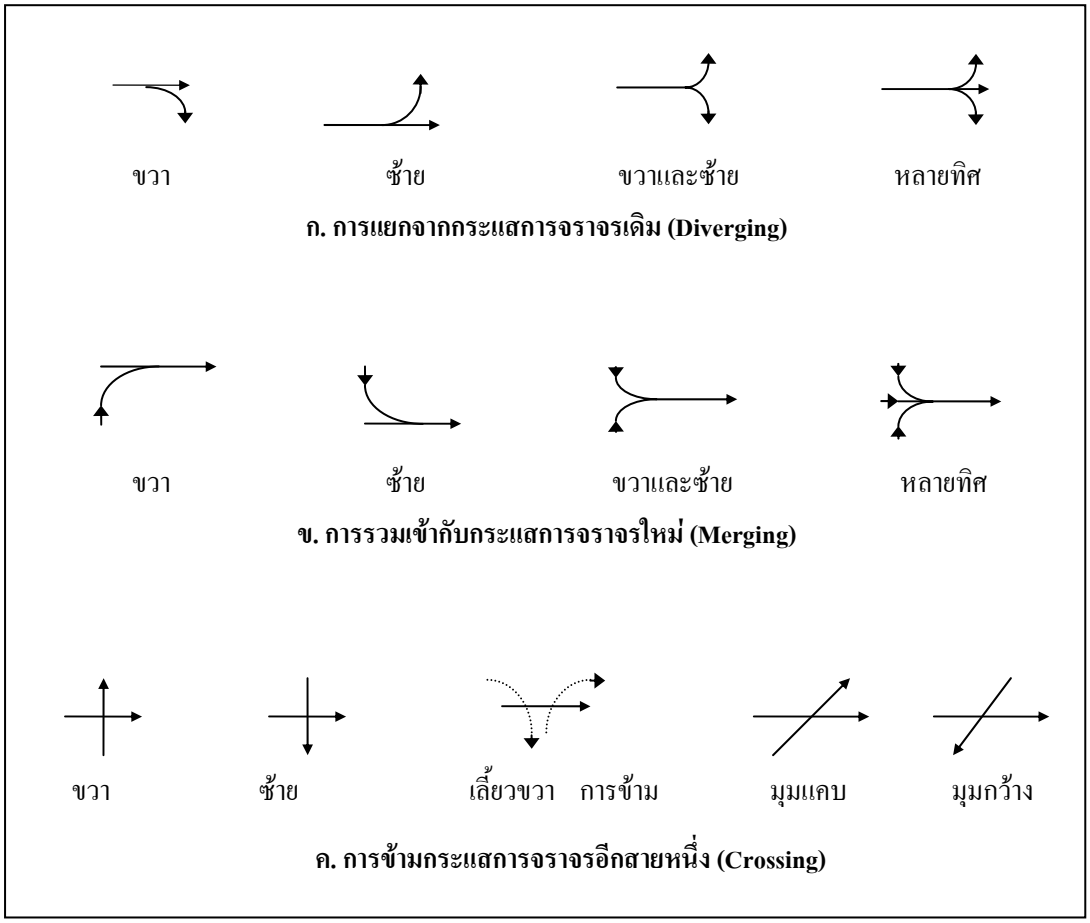
องค์ประกอบของกระแสการจราจรที่ทางแยกแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

2.1.1.1 ชนิดการเคลื่อนที่ของพาหนะ

ขณะที่ยานพาหนะจะแล่นข้ามทางแยกหรือจะเลี้ยวไปอีกทางหนึ่ง จะมีการเคลื่อนที่ด้วยกัน 3 แบบคือการแยกจากกระแสการจราจรเดิม, การรวมเข้ากับกระแสการจราจรใหม่ และการข้ามกระแสการจราจรอีกสายหนึ่ง ลักษณะการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แบบนี้ แสดงในรูปที่ 2.1

การแยกออกจากกระแสการจราจรที่ทางแยกเป็นการเคลื่อนที่ที่จำเป็น เมื่อผู้ขับขี่ต้องการเปลี่ยนทิศทางการขับขี่การแยกอาจแยกไปซ้าย ขวาหรือไปทั้งซ้ายและขวาที่ทางแยก ส่วนการรวมเข้านั้นจะเกิดขึ้นเมื่อรถที่ทางแยกออกจากกระแสเดิมกำลังจะขับไปเข้าในกระแสใหม่

การรวมนี้อาจเป็นการรวมไปกับการจราจรทางซ้าย, ทางขวาหรือทั้งสองทาง สำหรับการข้ามนั้นจะยุ่งยากกว่าการเคลื่อนที่แบบอื่นๆ เพราะรถอาจข้ามกระแสการจราจรจากซ้ายหรือขวาด้วยมุมที่ใหญ่กว่า เท่ากับหรือเล็กกว่ามุมฉาก การข้ามที่มุมเล็กมากอาจเรียกว่าการเปลี่ยนสลับ และการเคลื่อนที่แบบหลังนี้ อาจคิดในแง่ของการแยกออกจากกระแสเดิมบวกการรวมเข้าไปในกระแสที่สองแล้วแยกออกจากกระแสการจราจรเดิมบวกรวมเข้าไปในกระแสที่สาม กล่าวคือเป็นการย้ายจากกระแสแรกไปกระแสที่สามนั่นเอง

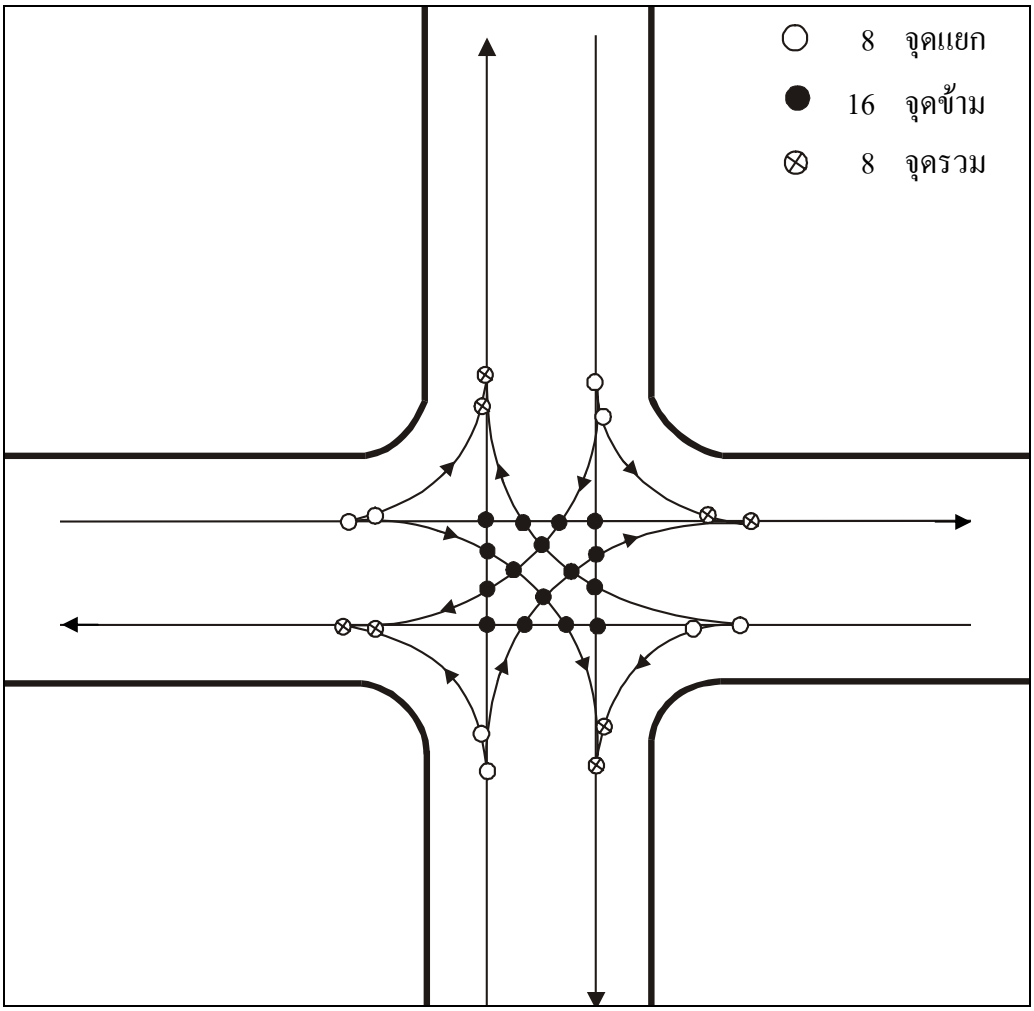


รูปที่ 2.1 ชนิดของการเคลื่อนที่ของพาหนะบริเวณทางแยก

2.1.1.2 ความขัดแย้งที่เกิดจากการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ทั้งสามแบบที่ทางแยก หากขับไปพบรถในอีกกระแสการจราจรก็จะเกิดการขัดแย้งขึ้น ถ้าการขัดแย้งนี้แก้ไขไม่ทันจะทำให้เกิดการปะทะจนกลายเป็นอุบัติเหตุขึ้นได้ พื้นที่ของการขัดแย้งจะคลอบคลุมทั้งพื้นที่ก่อนหน้าที่มีส่วนให้เกิดการปะทะและที่จุดปะทะ

ในการออกแบบทางแยกนั้นวิศวกรจราจรจะต้องเข้าใจถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะชนิดต่างๆ เพื่อจะได้ออกแบบถนนให้มีเนื้อที่สำหรับการเลี้ยวแยกออกหรือรวมเข้า เพื่อลดจุดปะทะและความรุนแรงของการปะทะ ในรูปที่ 2.2 แสดงจุดปะทะที่อาจเกิดขึ้นได้ที่สี่แยกทั่วๆ ไป



รูปที่ 2.2 จุดขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณสี่แยกทั่วๆ ไป

2.1.2 ชนิดของทางแยกระดับเดียวกัน

ทางแยกระดับเดียวกัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดด้วยกัน คือ

2.1.2.1 ทางแยกธรรมดา (Unchannelised Intersections)

ปกติทางแยกธรรมดาจะมีรูปร่างเหมือนอักษรอังกฤษตัว “T”, “Y” หรือรูปกากบาท ทั้งนี้แล้วแต่จำนวนถนนและมุมที่ถนนมารวมกันที่ทางแยก จำนวนถนนที่ทางแยกนั้นไม่ควรเกิน 4 สาย เพื่อคงความเรียบเข้าใจง่ายของทางแยกแบบนี้ ถ้าทางแยกมีเกิน 4 สายมารวมกัน

สภาพทางแยกจะสับสนมาก อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่ายและจะเกิดปัญหาคือทำให้เกิดความล่าช้า ดังนั้น จึงควรดัดแปลงทางแยกให้เป็นวงเวียนหรือแบ่งออกเป็นทางแยกธรรมดาสองแห่ง

โดยทั่วไปทางแยกธรรมดาจะออกแบบให้บริการสำหรับการจราจร ที่มีปริมาณและจำนวนรถที่เลี้ยวมีน้อย ดังนั้นจึงยังไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมการจราจร การปักป้ายหยุดไว้ในทิศทางการจราจรน้อยกว่าจะมีผลให้ทางแยกมีทางเอก และทางโทเกิดขึ้นทันที ส่งผลให้รถในกระแสการจราจรสูงได้ไปก่อน ทำให้การเดินรถคล่องตัวขึ้น

2.1.2.2 ทางแยกขยาย (Flared Intersections)

ทางแยกขยายเป็นการปรับปรุงทางแยกธรรมดาให้ดีขึ้นอีกขั้นหนึ่ง โดยการขยายทางแยกให้มีช่องการจราจรเพิ่มขึ้น ทางแยกที่มีช่องการจราจรที่เพิ่มขึ้นจะมีพื้นที่ให้รถเลี้ยวซ้ายและชะลอความเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกระเทือนต่อรถที่ตามหลังมาหรือเป็นพื้นที่สำหรับให้รถเร่งความเร็วให้เท่ากับความเร็วของกระแสใหม่ นอกจากนี้ทางแยกขยายนี้ยังมีประโยชน์สำหรับรถคันหน้าที่จะเลี้ยวขวารถซึ่งตามหลังมาแทนที่จะต้องหยุดรอ สามารถขับผ่านขึ้นหน้าในช่องทางซ้ายมือได้โดยไม่ต้องหยุดรอ

2.1.2.3 ทางแยกตบแต่งทิศทางการไหล (Channelised Intersections)

เมื่อการเคลื่อนที่ของพาหนะที่ทางแยกธรรมดามีการขัดแย้งกันมาก ทางแยกธรรมดาจะถูกตกแต่งให้ดีขึ้น เพื่อแยกการเคลื่อนที่ของรถออกจากกันด้วยการสร้างเกาะกลางถนนใช้ราวเหล็กหรือทาสีไม่ให้รถผ่าน ความจำเป็นของการตกแต่งทางแยกอาจมาจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังนี้ มีพื้นที่ทางแยกกว้างใหญ่มาก การเคลื่อนที่ของพาหนะที่ทางแยกไม่มีระเบียบ ความซับซ้อนของแยก มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อย ความล่าช้าและความติดขัดเกิดขึ้นบ่อย เกิดความขัดแย้งเวลาเลี้ยว ปริมาณการจราจรสูงขึ้น เพื่อป้องกันคนข้ามถนนโดยการให้ยืนบนเกาะ และเพื่อติดตั้งป้ายการจราจรหรือสัญญาณจราจรบนเกาะกลางถนน

นอกจากนี้ ทางแยกตกแต่งทิศทางการไหลยังสามารถใช้ประโยชน์ในการบอกให้คนขับรถทราบถึงตำแหน่งของทางแยกก่อนถึงทางแยกนั้นๆ เนื่องจากตัวเกาะมีความสูงกว่าพื้นถนนทำให้เห็นได้ง่ายกว่าเกาะที่สร้างขึ้นอาจออกแบบให้หลีกเลี่ยงความรุนแรงของมุมชนที่เกิน 90 องศา ลดลงเหลือเพียง 90 องศา นอกจากนี้การตกแต่งอาจกั้นเป็นที่ให้รถเลี้ยวขวาจอดรถหรือถ้ามีการปะทะบ่อยครั้งมาก เกาะบนถนนสามารถสร้างขึ้นเพื่อบังคับไม่ให้มีการเคลื่อนที่แบบใดแบบหนึ่งได้

2.1.2.4 วงเวียน (Roundabouts)

วงเวียน อาจจัดเป็นทางแยกตกแต่งทิศทางการไหลแบบหนึ่ง โดยการบังคับทิศทางการจราจรไหลตามเข็มนาฬิกา รอบเกาะใหญ่ตรงกลางทางแยก เกาะใหญ่นี้จะเปลี่ยนการ

เคลื่อนที่ของรถที่ทางแยก จากการขับข้ามกระแสการจราจรมาเป็นแบบรวมเข้าและแยกออกจากกระแสการจราจรจึงทำให้มุมปะทะแคบลงและความรุนแรงของการปะทะลดลง ประโยชน์ของวงเวียน คือ การบังคับให้รถแล่นไปในทิศทางเดียว และการหยุดรอช่องว่างระหว่างรถที่ทางแยก ดังนั้นคนขับจะสามารถขับเข้าวงเวียนได้โดยมิต้องมีการชะลอ และเร่งความเร็วมาก เพราะฉะนั้นวงเวียนจึงช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่มีรถหลายคันปะทะกันที่ทางแยก นอกจากนี้วงเวียนยังสามารถแทนทางที่มีมากกว่า 4 ถนน ทำให้ลดความสับสนในการขับรถ เพราะผู้ขับขี่เพียงระวังรถทางขวาทางเดียวไม่จำเป็นต้องมองไปทั่วทุกถนนที่ทางแยก อย่างไรก็ตามวงเวียนยังมีข้อเสียที่สำคัญ ดังนี้

- ความจุหรือความสามารถในการระบายรถของวงเวียนน้อย
- วงเวียนใช้เนื้อที่มากในการระบายพาหนะเมื่อเทียบกับทางแยกอื่น
- ทำให้คนเดินเท้าต้องเดินในระยะทางไกล
- การดัดแปลงวงเวียนทำได้ยากกว่าการปรับปรุงทางแยกแบบอื่นๆ

2.2 ป้ายจราจร (Traffic Signs)

ป้ายจราจรเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องหมายจราจรตามประกาศของคณะกรรมการจัดระบบจราจรทางบก ซึ่งใช้ติดตั้งในเขตทางหลวงหรือถนนต่างๆ ที่เปิดให้มีการสัญจรอย่างสาธารณะ ทำหน้าที่ในการบังคับ ควบคุม แนะนำ และให้ข่าวสารการเดินทางเพื่อให้ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ไปถึงจุดหมายปลายทางได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการคมนาคมและการขนส่ง โดยมีหลักการปฏิบัติโดยทั่วไปดังนี้

- ต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้ป้ายจราจร ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบทางและไม่ควรหวังผลการใช้ป้ายจราจรเพื่อแก้ไขความบกพร่องของการออกแบบทาง
- ต้องติดตั้งป้ายจราจรที่จำเป็นตามจุดที่เหมาะสมและถูกต้อง ตามมาตรฐานให้เรียบร้อยทุกแห่งก่อนที่จะเปิดการจราจรทางหลวงใหม่ ทางเบี่ยง หรือทางชั่วคราว
- ป้ายจราจรจะต้องสอดคล้องกับสภาพและการจราจรบนทางหลวง ฉะนั้นให้ติดตั้งป้ายจราจรเพิ่มเติมและหรือรื้อถอนป้ายจราจรออกทันที เมื่อสภาพของทางหลวงเปลี่ยนแปลงไป
- การติดตั้งป้ายจราจรจะต้องคำนึงถึงมาตรฐานของการออกแบบป้าย การติดตั้งป้ายตลอดจนความสม่ำเสมอในการใช้ป้ายจราจรสภาพการจราจรและประเภททางหลวงแบบเดียวกันใช้ป้ายจราจรแบบเดียวกันติดตั้ง
- ไม่ควรติดตั้งป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับและป้ายเตือนเกินความจำเป็น เพราะแทนที่จะเป็นผลดีขึ้นกลับทำให้ผู้ใช้ทางหลวงขาดความสนใจป้ายจราจร

- การติดตั้งป้ายแนะนำประเภทป้ายบอกจุดหมายปลายทาง และป้ายหมายเลขทางหลวงเป็นระยะๆ จะทำให้เกิดประโยชน์กับผู้ใช้ทางหลวงมากขึ้น

2.2.1 ประเภทของป้ายจราจร

ป้ายจราจรแบ่งแยกตามหน้าที่ได้ดังนี้

ก. ป้ายบังคับ ป้ายบังคับเป็นป้ายซึ่งแสดงกฎจราจรเฉพาะที่นั้นๆ ใช้บังคับและควบคุมการจราจรป้ายบังคับมีผลบังคับตามกฎหมาย

ข. ป้ายเตือน ป้ายเตือนเป็นป้ายที่ใช้เตือนผู้ขับขี่ยวดยานถึงลักษณะ สภาพทางที่อาจเกิดอันตรายหรือมีการบังคับควบคุมการจราจรข้างหน้าซึ่งควรต้องระมัดระวัง

ค. ป้ายแนะนำ ป้ายแนะนำเป็นป้ายที่ใช้เพื่อการแนะนำ แจ้งให้ผู้ใช้ขับขี่สามารถเดินทางไปสู่จุดหมายปลายทางได้ถูกต้องสะดวกและปลอดภัยอันได้แก่ ป้ายซึ่งแสดงหมายเลขทางหลวง ปลายทาง ทิศทาง ระยะทาง สถานที่สำคัญ สถานบริการและอื่น ๆ

2.2.2 สีของป้ายจราจร

สีของป้ายจราจรแบ่งตามประเภทของป้ายจราจรได้ดังนี้

ก. ป้ายบังคับ โดยทั่วไปใช้สีขาวเป็นพื้น เส้นขอบป้าย เส้นขีดกลางใช้สีแดง เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลขและตัวอักษรบนป้ายใช้สีดำ ยกเว้น

- ป้ายห้ามจอดรถ พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้ายและเส้นขีดกลางใช้สีแดง
- ป้ายหยุด พื้นป้ายสีแดง เส้นขอบป้ายและตัวอักษรใช้สีขาว
- ป้ายสุดเขตบังคับ พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้ายและเส้นขีดกลางสีดำ

ข. ป้ายเตือน โดยทั่วไปใช้สีเหลืองเป็นพื้น เส้นขอบป้าย สัญลักษณ์ ตัวเลขและอักษรบนป้ายใช้สีดำ ป้ายเตือนเกี่ยวเนื่องกับงานก่อสร้าง และงานบำรุงทางใช้พื้นสีแสด (Orange) เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย สัญลักษณ์ ตัวเลขและตัวอักษรบนป้ายใช้สีดำ

ค. ป้ายแนะนำ ป้ายแนะนำทั่วไปมี 4 แบบ คือ

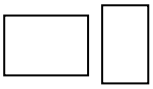
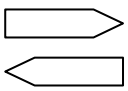
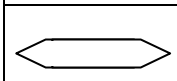
- แบบที่ 1 พื้นป้ายสีขาว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีดำ
- แบบที่ 2 พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษรใช้สีขาว สัญลักษณ์ใช้สีขาวหรือสีอื่นที่กำหนดเฉพาะป้าย
- แบบที่ 3 พื้นป้ายสีน้ำเงิน สัญลักษณ์สีน้ำเงินบรรจุในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีขาว เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลข ตัวอักษรใช้สีขาว (ป้ายแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ)

- แบบที่ 4 พื้นป้ายสีขาว สัญลักษณ์สีขาวในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีน้ำตาล เส้นขอบป้าย เครื่องหมาย ตัวเลขตัวอักษรใช้สีน้ำตาล (ป้ายแหล่งท่องเที่ยวโบราณสถาน)

2.2.3 รูปแบบของป้ายจราจร

รูปแบบของป้ายจราจรจะแตกต่างกันไปตามประเภทและลักษณะการใช้งาน แต่จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ใช้อยู่ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างป้ายจราจร

รูปร่าง	คำอธิบายรูปร่าง	การใช้งาน
	รูปแปดเหลี่ยม	ใช้เฉพาะป้ายหยุด
	รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามุมชี้ลง	ใช้เฉพาะป้ายให้ทาง
	รูปกลม	ใช้เฉพาะป้ายบังคับ
	รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าไขว้กันเป็นรูปกากบาท	ใช้เฉพาะป้ายเตือนทางรถไฟตัดผ่าน
	รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตั้งมุมขึ้น	ใช้เฉพาะป้ายเตือน
	รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำ และป้ายเตือนบางแบบ
	รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำ และป้ายเตือนความเร็ว
	รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมแหลมชี้ไปทางซ้าย	ใช้เฉพาะป้ายเขตห้ามแซง
	รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนปลายแหลมหนึ่งด้าน	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำประเภทชี้บอก ทิศทางบริเวณแยก
	รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอนปลายแหลมสองด้าน	ใช้เฉพาะป้ายแนะนำชื่อถนน และซอยต่างๆ

ที่มา คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.), กระทรวงคมนาคม, 2546

2.2.4 ขนาดของป้ายจราจร

ขนาดของป้ายจราจรจรจะแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดป้ายจราจรและเงื่อนไขการใช้งาน

ขนาด (ม.ม.)	เงื่อนไขการกำหนดขนาดป้าย ประเภททาง	ความเร็วสำคัญ (ก.ม./ชม.)
450 (เล็กที่สุด)	สำหรับทางหลวงชนบทขนาดเล็ก ตรอก ซอย หรือถนนในเมืองที่มีเขตทางจำกัด และการจราจรใช้ความเร็วต่ำ	40
600 (เล็ก)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินเขตเมือง ทางขนาน ทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 และ 3 ทางหลวงเทศบาลชั้นที่ 1 ถึง 4 และทางสุขาภิบาลชั้นที่ 1 ถึง 3	60
750 (กลาง)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายรอง สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายรองระหว่างอำเภอ ทางหลวงชนบท ถนนในเมือง มาตรฐานทางที่มีช่องจราจรไม่เกินสี่ช่องจราจร	80
900 (ใหญ่)	สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายหลักและสายรอง ทางด่วนของการทางพิเศษ และถนนสายหลักในเมือง และทางอื่นๆที่มาตรฐานทางเป็นทางคู่หรือหลายช่องจราจรที่มีช่องจราจรตั้งแต่สี่ช่องขึ้นไป	90
1200 (ใหญ่ที่สุด)	สำหรับทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สำหรับทางหลวงแผ่นดินสายประธาน ทางหลวงสัมปทาน มาตรฐานทางเป็นทางคู่มีช่องจราจร 6 ช่องจราจรขึ้นไป และ/หรือใช้ความเร็วสูงอย่างต่อเนื่อง	120

ที่มา คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) , กระทรวงคมนาคม, 2546

2.2.5 การติดตั้งป้ายจราจร

หลักการติดตั้งป้ายจราจรทั่วไป

- โดยปกติจะติดตั้งป้ายจราจรทางด้านซ้ายของผิวจราจร
- ติดตั้งที่เสาหรือที่ติดตั้งป้ายสำหรับการจราจรในทิศทางหนึ่ง
- ห้ามติดตั้งป้ายแนะนำรวมกับป้ายประเภทอื่น นอกจากที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ
- ไม่ควรติดตั้งป้ายบังคับหรือป้ายเตือนเกิน 1 ป้าย ยกเว้นป้ายเตือนความเร็วที่ใช้ติดตั้งร่วมกับป้ายเตือนอื่น ๆ
- การติดตั้งป้ายบังคับและป้ายเตือนร่วมกันจะต้องเป็นป้ายที่มีความหมายเสริมกัน
- ป้ายหยุดให้ติดตั้งเดี่ยว

2.2.5.1 ระยะติดตั้งตามแนวขวางของป้ายจราจร (X)

สำหรับถนนในเมือง จะต้องมีระยะห่างจากสันขอบทางไม่น้อยกว่าข้อกำหนด หากการติดตั้งป้ายจราจรติดขอบสันทางจนเกินไป ทำให้เกิดปัญหาในการจอดรถบริเวณข้างทางได้

2.2.5.2 ระยะติดตั้งตามแนวยาวของป้ายจราจร (Y)

ในการติดตั้งป้ายบังคับ ให้ติดในที่ซึ่งต้องการบังคับหรือห้ามกระทำนั้น เช่น ป้ายหยุดให้ติดตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการให้รถหยุด ป้ายบังคับบางป้ายให้ติดตั้งซ้ำกันเป็นช่วงๆ ตลอดระยะทางที่ต้องการบังคับนั้นๆ ป้ายแนะนำให้ติดตั้งก่อนที่จะถึงทางแยกเพื่อให้ผู้ขับรถมีเวลาพอในการเลือกเส้นทางก่อนที่จะถึงจุดที่ต้องการจะเตือนผู้ขับรถ

2.2.5.3 ความสูงของป้ายจราจร (Z)

สำหรับป้ายที่ติดตั้งในเมืองหรือในที่ซึ่งคาดว่าอาจจะมีสิ่งกีดขวางในระดับสายตา ส่วนล่างของป้ายอันล่างสุดที่เป็นป้ายเดียวหรือเกิน 1 ป้ายที่ติดตั้งบนที่เดียวกันต้องสูงจากขอบผิวจราจรไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ส่วนในกรณีที่ติดตั้งป้ายตรงเสาไฟจราจรให้ติดตั้งข้างใต้สัญญาณไฟจราจรได้ ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งของป้ายจราจรแต่ละประเภท และลักษณะการใช้งาน

2.3 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง (Pavement Markings)

เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการจราจร ให้ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัย นอกเหนือจากป้ายจราจรและสัญญาณจราจรแล้ว เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางจะใช้ช่วยเสริมความหมายของป้ายจราจรและสัญญาณจราจร

เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางที่พบได้บริเวณแยกส่วนใหญ่จะเป็นสีขาว วัตถุประสงค์ของการใช้สีขาวบนพื้นทางก็คล้ายคลึงกับวัตถุประสงค์ของการใช้ป้ายจราจร เดิมเราใช้สีสะท้อนแสงที่เป็นเส้นหรืออักษรบนผิวจราจร ซึ่งไม่ทนทานลบเลือนง่าย ปัจจุบันมีการหันมาใช้วัสดุใหม่ที่เรียกว่า Reflectorized Thermoplastics ซึ่งคงทนอยู่ได้นานกว่าสีทาบนพื้นถนน คือ เมื่อฝุ่นจับหรือฝนตกจะมองไม่ค่อยเห็นหรือถูกเสียดสีด้วยล้อรถ ทำให้สีหลุดกร่อนก่อนเวลาอันควร

2.3.1 ประเภทของเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

เครื่องหมายจราจรสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

2.3.1.1 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ

มีลักษณะเป็นเส้นทึบหรือเส้นประหรือทั้งเส้นประและเส้นทึบใช้ร่วมกัน ซึ่งจะตีเป็นเส้นยาวขนานกับแนวทางเดินรถ ประกอบกันเป็นช่องเพื่อแบ่งแยกทิศทางการจราจรและ

ให้รถแล่นไปได้โดยไม่สับสนหรือแสดงขอบเขตทางเดินรถ แนวการจราจรหรือแนวการเลี้ยวรถ เส้นทึบห้ามมิให้ล่วงล้ำเข้าไป เส้นประยอมให้ผ่านเข้าไปได้ โดยจะต้องระมัดระวังการจราจรในช่องเดินรถติดกัน เช่น เส้นแบ่งทิศทางการจราจร เส้นแบ่งช่องจราจร เส้นประ ต่างๆ เป็นต้น

2.3.1.2 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางขวางแนวทางเดินรถ

มีลักษณะเป็นเส้นที่ทอดขวางกับทิศทางการเดินรถ อันได้แก่ เส้นแนวหยุด เส้นให้ทาง เส้นทางข้าม และเส้นทแยงห้ามหยุดรถ โดยทั่วไปเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามขวางจะมีความกว้างมากกว่าเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ เพื่อเป็นการทดแทนมุมมองของผู้ขับขี่ที่เห็นน้อยลง

2.3.1.3 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางอื่นๆ

ที่ใช้เป็นสัญลักษณ์หรือตัวอักษร เช่น ลูกศร ข้อความหรือสัญลักษณ์ต่างๆที่ปรากฏบนพื้นทาง นอกเหนือจากเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถและเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางขวางแนวทางเดินรถ อาจจะใช้เพื่อย้ำคำสั่งของป้ายจราจร ทำให้ประสิทธิภาพการบริการของถนนสูงขึ้น

2.3.1.4 เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง

เป็นการตีแถบสีลงบนสันขอบทาง โดยใช้แถบสีสื่อความหมายต่อผู้ขับขี่ในจุดประสงค์ต่างๆ กันตามแต่ละแถบสี เพื่อที่จะบ่งบอกถึงเขตแนวห้ามจอดรถ ห้ามหยุดรถ หรือเพื่อแสดงความชัดเจนของสันขอบทางในการมองเห็นของผู้ขับขี่

2.3.1.5 เครื่องหมายจราจรแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง

หมายรวมถึงการจัดทำเครื่องหมายบนวัตถุหรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ในหรือติดกับทางเดินรถทั้งด้านข้างหรือด้านบน หรืออยู่ในเขตทางหลวงหรือถนน ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุรถวิ่งไปชน วัตถุประสงค์ของการจัดทำเครื่องหมาย เพื่อให้ผู้เดินทางสามารถมองเห็นสิ่งกีดขวางเหล่านั้นได้ชัดเจนขึ้น ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน จะได้ระมัดระวังสิ่งกีดขวางนั้น ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำเครื่องหมายอาจเป็นสีสะท้อนแสง เทปหรือโลหะสะท้อนแสงอื่นๆ

2.3.1.6 เครื่องหมายปุ่มบนพื้นทางจราจร

เป็นวัสดุที่ทำจากโลหะหรืออโลหะ มีความสูงอย่างน้อย 10 มิลลิเมตร เมื่อตั้งบนพื้นทาง มีทั้งชนิดสะท้อนแสงกลับหรือที่มีแสงอยู่ในตัวเองด้านเดียวหรือสองด้าน และแบบที่ไม่สะท้อนแสง การจัดเรียงเป็นแนวรูปร่างจะต้องให้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุดและมีความสับสนน้อยที่สุด แม้กับผู้ที่ไม่ได้ใช้ทางที่มองเห็นด้วย การจัดระยะห่างของตัวปุ่มจะต้องสอดคล้องกับเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวเดินรถ หรือเส้นจราจรที่เป็นเส้นทึบหรือเส้นประ รวมทั้งสีจะต้องมีสีเดียวกันกับเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางที่ใช้เครื่องหมายปุ่มติดตั้งเสริมหรือทดแทน

เครื่องหมายปุ่มจะทำให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นช่องเดินรถหรือช่องจราจรได้ดีในเวลากลางคืนหรือขณะที่มีทัศนวิสัยที่ไม่ดี ช่วยนำทางการจราจร และเตือนผู้ขับขี่รถถ้ารถล้ำออกไปจากช่องจราจรเมื่อล้อสะดุดกับปุ่มนูนดังกล่าว กล่าวโดยทั่วไปเครื่องหมายปุ่มพื้นทางจะใช้บนทางหลวงหรือถนนที่ไม่มีไฟฟ้าส่องสว่างในเวลากลางคืนหรือบริเวณที่ทัศนวิสัยไม่ดีเป็นประจำ เช่น หมอกลงจัดในบางฤดูเป็นประจำ บริเวณที่มีการจราจรสูงเป็นประจำ

2.3.1.7 เครื่องหมายนำทาง

เป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์ ในด้านช่วยนำทางในด้านสภาพแวดล้อมการมองเห็นที่ไม่ต่อยจะดีนัก จุดที่อาจทำให้ผู้ขับขี่สับสน หรือจุดที่เสี่ยงต่ออันตราย เช่น การเปลี่ยนแนวหรือลดช่องจราจร ทางโค้ง เป็นต้น

2.3.2 สีของเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางที่ใช้อยู่มีสีขาว สีเหลืองและสีดำ ซึ่งสีดำให้ใช้ร่วมกับสีขาวและสีเหลืองเพื่อเพิ่มการตัดสี โดยสีขาวใช้เป็นเส้นแบ่งช่องเดินรถหรือช่องจราจร เส้นของทางด้านซ้าย รูปบั้งบริเวณหัวเกาะ เส้นหยุด เส้นให้ทาง ทางข้าม เส้นแสดงการจอดรถ รูปเกาะบริเวณทางแยก และเครื่องหมายข้อความบนพื้นทางจราจร ส่วนสีเหลืองใช้เป็นเส้นแบ่งทิศทางจราจร เส้นขอบทางด้านขวาบนทางคู่ เส้นเฉียงบริเวณเกาะแบ่งทิศทางจราจร และเส้นทแยงห้ามหยุดรถ เครื่องหมายจราจรอื่นๆ ให้ใช้ทั้งสีขาว สีดำ สีเหลืองและสีแดง แล้วแต่ความหมายและการใช้งานเฉพาะแห่ง เช่น บนสันขอบทาง เกาะกลางถนน เป็นต้น

2.4 สัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals)

สัญญาณไฟจราจร เป็นอุปกรณ์ที่มีการควบคุมด้วยมือหรือทำงานเองโดยอัตโนมัติในการควบคุมการเคลื่อนที่ของกระแสการจราจร โดยใช้การเปลี่ยนสีของไฟที่แสดงบนสุมไฟสัญญาณ ซึ่งในการติดตั้งสัญญาณไฟทำให้เกิดผลต่อไปนี้คือ เกิดความสะดวกในการเคลื่อนของพาหนะ ในกระแสการจราจรสายต่างๆและควบคุมการขัดแย้งระหว่างพาหนะด้วยกัน หรือระหว่างพาหนะกับคนเดินเท้า, เพื่อควบคุมการเดินรถที่ทางแยก ควบคุมการข้ามทางรถไฟ และการเปิดปิดของสะพานสำหรับตัวสะพานที่สามารถยกขึ้นลงเพื่อให้เรือลำใหญ่หรือเสาเรือสูงเข้าออกอ่าว

2.4.1 ลักษณะหน้าที่ของสัญญาณไฟจราจร

ตาม พรบ.การจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ลักษณะ 2 มาตรา 22 ได้กำหนดลักษณะหน้าที่ของสัญญาณจราจรไว้ ดังนี้

ก. สัญญาณจราจรสีเหลืองอำพัน หมายถึง ให้ผู้ขับขี่เตรียมหยุดรถหลังเส้นให้รถหยุดเพื่อให้เตรียมปฏิบัติตามสัญญาณที่จะปรากฏต่อไป เว้นแต่ผู้ขับขี่ที่ได้เลยเส้นให้รถหยุดไปแล้วให้ขับรถเลยไปได้

ข. สัญญาณจราจรสีแดง หมายถึง ให้ผู้ขับขี่หยุดรถหลังเส้นหยุดรถ

ค. สัญญาณจราจรสีเขียว หมายถึง ให้ผู้ขับขี่ ขับรถต่อไปได้เว้นแต่มีเครื่องหมายบนพื้นทางกำหนดเป็นอย่างอื่น

ง. สัญญาณจราจรสีแดงพร้อมลูกศรสีเขียว ชี้ให้เลี้ยวหรือตรงไป หมายถึงให้ผู้ขับขี่เลี้ยวรถหรือขับตรงไปได้ตามทิศทางที่ลูกศรชี้ ในการใช้ทางตามที่ลูกศรชี้ ผู้ขับขี่ต้องใช้ความระมัดระวังและต้องให้สิทธิ์แก่คนเดินเท้าในทางข้าม หรือผู้ขับขี่ซึ่งมาทางขวาได้ไปก่อน

จ. สัญญาณกระพริบสีแดง หมายถึง ให้ผู้ขับขี่ที่มาทางด้านนั้น หยุดรถหลังเส้นหยุดเมื่อเห็นว่าปลอดภัยและไม่เป็นที่กีดขวางการจราจรแล้ว จึงให้ขับต่อไปด้วยความระมัดระวัง

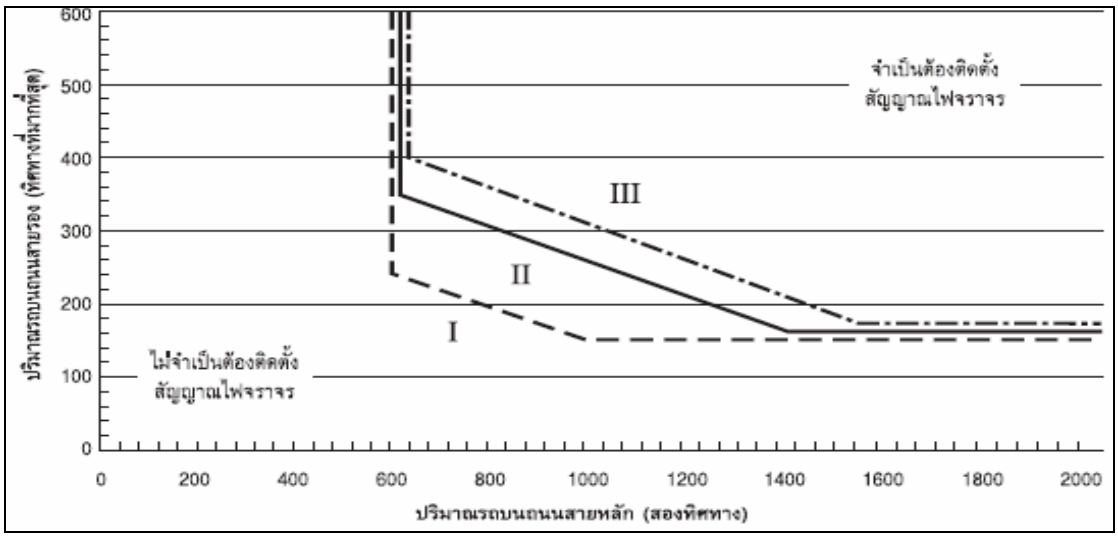
ฉ. สัญญาณกระพริบสีเหลืองอำพัน หมายถึง ถ้าติดตั้งอยู่ ณ ที่ใดให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วของรถลง และผ่านทางเดินรถนั้นไปด้วยความระมัดระวัง

2.4.2 เหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรต้องพิจารณาถึงความจำเป็นประกอบ ไม่อาจดำเนินการติดตั้งทุกแห่งได้ เพราะการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรในบริเวณที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดปัญหาจราจรตามมา เช่น ทำให้เกิดความล่าช้าเพิ่มขึ้นแก่คนข้ามทางและยวดยานที่เข้าสู่ทางแยก ทำให้มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นการติดตั้งควรอยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญที่รับผิดชอบ และควรคำนึงถึงเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ที่ทางสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทวงคมนาคม ได้แนะนำการพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

ก. กรณีติดขัดเนื่องจากปริมาณรถเข้าสู่ทางแยกมีมากทั้งสองทิศทาง พิจารณาจากรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.3 พิจารณาควบคู่กัน



รูปที่ 2.3 ข้อพิจารณาเหตุอันควรในการติดตั้งสัญญาณไฟเกี่ยวกับปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดเหตุอันควร กรณีติดขัดเนื่องจากปริมาณรถสองทิศทางเข้าสู่ทางแยกมีมาก

จำนวนช่องจราจร		เส้นกราฟที่
ทางสายหลัก	ทางสายรอง	
1	1	**I**
1	2 หรือมากกว่า	**II**
2 หรือมากกว่า	1	**II**
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	**III**

ข. กรณีติดขัดเนื่องจากปริมาณรถในทางสายหลักเข้าสู่ทางแยกมาก จนทำให้ทางสายรองติดขัด พิจารณาปริมาณจราจรบนทางสายหลักและปริมาณจราจรบนทางสายรอง โดยปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบนทางสายหลักรวมทั้งสองทิศทางมีปริมาณ 900 คันต่อชั่วโมงหรือมากกว่า และปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนบนทางสายรองในทิศทางที่มีปริมาณสูงสุด 100 คันต่อชั่วโมงหรือมากกว่า

2.4.2.2 จำนวนอุบัติเหตุ

พิจารณาจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต มีผู้บาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่สองหมื่นบาทขึ้นไป จำนวนตั้งแต่ห้าครั้ง

2.4.2.3 จำนวนคนข้าม

ก. กรณีทั่วไป พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถกับคนข้าม โดยปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนทั้งสองทิศทาง มีปริมาณ 650 คันต่อชั่วโมงหรือมากกว่า และจำนวนคนข้าม 200 คนต่อชั่วโมงหรือมากกว่า

ข. กรณีทางข้ามหน้าสถาบัน พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของช่องว่างที่ข้ามถนนได้อย่างปลอดภัยกับเวลาเป็นนาที ที่นักศึกษาข้ามถนนและขนาดของกลุ่มนักศึกษาที่ข้ามถนนหน้าบริเวณสถาบัน โดยพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเมื่อจำนวนความถี่ของช่องว่างที่ข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย น้อยกว่าจำนวนเวลาเป็นนาทีที่นักศึกษาข้ามถนนในช่วงเวลาเดียวกัน และในชั่วโมงที่มีการข้ามถนนสูงสุดต้องมีนักศึกษาที่ข้ามถนนอย่างน้อย 20 คน โดยไม่มีสัญญาณไฟจราจรติดตั้งบริเวณใกล้เคียงในรัศมี 90 เมตร

2.4.2.4 หลายปัจจัยประกอบกัน

พิจารณาหลายปัจจัยประกอบกัน โดยให้แต่ละปัจจัยมากกว่า 80 %

2.4.3 ชนิดของสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจรสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

2.4.3.1 สัญญาณไฟแบบตั้งเวลาล่วงหน้าหรือตั้งเวลาแน่นอน (Fixed Timed Signals)

สัญญาณนี้จะมีเครื่องควบคุมเวลา ซึ่งได้มีการตั้งไว้ก่อนใช้งานโดยที่ลำดับของไฟเขียวในแต่ละทิศทางมีการกำหนดไว้ในตัวเครื่อง และความยาวของไฟเขียวมีการคำนวณเป็นค่าคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาใช้งาน ข้อเสียของสัญญาณไฟชนิดนี้อยู่ที่ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของยานพาหนะในกระแสการจราจร เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพของเครื่องจึงต่ำ แต่ตัวเครื่องมีราคาถูกและรักษาซ่อมแซมได้ง่าย

ในปัจจุบันเมื่อสัญญาณไฟแบบนี้ถูกนำมาใช้ในทางแยกหลายแห่งบนถนนสายเดียวกนจะมีเครื่องปรับเวลาเริ่มของสัญญาณไฟเขียวติดไว้ในเครื่อง การปรับนี้อาจกระทำได้ด้วยคลื่นวิทยุหรือผ่านสายโทรศัพท์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของศูนย์ควบคุม ประโยชน์ที่ได้จากการปรับ คือการประสานของสัญญาณไฟเขียวที่ต่างแยกต่าง ๆ เพื่อลดการจอดรอไฟเขียวทุกทางแยก

2.4.3.2 สัญญาณไฟแบบปรับตามพาหนะ (Vehicle Actuated Signals)

ในระบบสัญญาณไฟชนิดนี้พาหนะที่เข้าสู่ทางแยกในแต่ละด้าน จะถูกรับรู้ด้วยตัวจับสัญญาณแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสายยางพาดบนพื้นถนนหรือสนามแม่เหล็กตามร่องเจาะ

ที่พื้นถนนจากข้อมูลบันทึกที่ผ่านมา และช่วงเวลาระหว่างรถที่ผ่าน เครื่องสัญญาณไฟจะสามารถคำนวณและเปลี่ยนไฟเขียวให้แก่ด้านที่มีปริมาณรถมากมาก ระบบนี้จะสามารถปรับเข้ากับสภาพที่เปลี่ยนแปลงของการจราจรได้ จึงลดความติดขัดของรถแต่ละคันลง นอกจากนี้ยังสามารถปล่อยทิ้งไว้ให้ทำงานเองตลอด 24 ชั่วโมง และตัวเครื่องจะปรับสัญญาณเองให้เข้ากับการไหลของการจราจรในทุกขณะเวลา

2.4.3.3 สัญญาณไฟสำหรับคนข้าม (Pedestrian Actuated Signals)

สัญญาณไฟชนิดนี้ควรติดตั้งบนถนนตรงจุดที่มีคนเดินข้ามมาก ซึ่งอาจเป็นโรงเรียน โรงพยาบาล ศูนย์การค้า นอกจากนี้ตำแหน่งที่กล่าวควรอยู่ระหว่างทางแยก โดยทั่วไปเวลาคนข้ามต้องการข้ามถนนก็เพียงกดปุ่มให้สัญญาณไฟทำงาน

2.4.4 รอบเวลาของสัญญาณไฟจราจร (Cycle Time)

ในการตั้งสัญญาณไฟจราจรนั้นมีสิ่งต้องคิดสองอย่างคือ รอบเวลาของสัญญาณไฟและขนาดของช่วงไฟเขียว ซึ่งจะต้องยาวพอที่จะระบายปริมาณรถทางด้านต่างๆของทางแยกการเลือกขนาดของรอบเวลานี้ มีหลักที่ใช้กันมากที่สุดสองแบบด้วยกันคือ เลือกรอบเวลาที่จะให้ความล้าช้าทั้งหมดน้อยที่สุด หรือเลือกรอบเวลาที่ทางแยกสามารถระบายรถได้มากที่สุด สำหรับการใช้สัญญาณไฟเพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะก็อาจเพิ่มจำนวนไฟเขียว หรือเพิ่มเวลาไฟเขียวให้นานขึ้น เช่น เมื่อต้องการสนับสนุนการใช้รถประจำทาง ก็อาจเพิ่มหน้าสัญญาณไฟเขียวสำหรับช่องเดินรถประจำทาง หรือขยายเวลาไฟเขียวในทิศทางที่รถประจำทางแล่นอยู่ นอกจากนี้สัดส่วนของไฟเขียวในแต่ละรอบ อาจตั้งให้เปลี่ยนตามเวลาของวัน ด้วยเครื่องควบคุมเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณการไหลในแต่ละทิศทางที่เปลี่ยนไปตามเวลาของวัน ซึ่งทางสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทวงคมนาคม ได้แนะนำว่ารอบสัญญาณไฟควรรวมกันไม่เกิน 120 วินาที ในกรณีที่มีการไหลของการจราจรแบบไม่อิ่มตัว (Unsaturation Flow)

2.4.5 เวลาระหว่างไฟเขียว (Intergreen time)

เวลาระหว่างไฟเขียวเป็นระยะเวลาจากจุดสิ้นสุดของช่วงเวลาไฟเขียวของหน้าสัญญาณหนึ่ง จนถึงจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาไฟเขียวของหน้าสัญญาณถัดไป ประกอบด้วยช่วงเวลาไฟเหลืองและช่วงเวลาของไฟแดงทุกด้าน สามารถคำนวณหาเวลาระหว่างไฟเขียวได้จากสมการ

$$\text{Intergreen time} = P + \frac{(W+L)}{V} + \frac{V}{2(a+Gg)} \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ

P คือ ระยะเวลาในการตัดสินใจ (วินาที)

W คือ ความกว้างของทางแยก (ฟุต)

L คือ ความยาวของยานพาหนะ (ฟุต)

V คือ ความเร็วของยวดยานก่อนถึงทางแยก (ฟุตต่อวินาที)

a คือ ค่าความเร่งในการหยุดรถ (11.2 ฟุตต่อวินาที ^{2} AASHTO แนะนำ)

G คือ ความชันบริเวณทางแยก

g คือ แรงดึงดูดของโลก 32.2 ฟุตต่อวินาที ^{2}

2.4.6 ปริมาณจราจรอิ่มตัว (Saturation Flow)

เป็นปริมาณจราจรที่สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้ในอัตราคงที่สูงสุด หลังจาก 2 – 3 วินาทีแรกของการปล่อยสัญญาณไฟเขียว และก่อนหยุดรถจากสัญญาณไฟ 2 – 3 วินาทีเช่นกัน ซึ่งปริมาณจราจรอิ่มตัวตามค่าความกว้างของถนนดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน

ความกว้างของช่องจราจร (ม.)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	-	-
จำนวนช่องจราจรเลี้ยวขวา	-	-	-	-	-	1	2
ปริมาณจราจรอิ่มตัว (คันต่อชั่วโมง)	1840	1885	1960	2210	2575	1600	2700

ที่มา คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.), กระทรวงคมนาคม, 2546

2.4.7 ค่าปรับแก้ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (Peak-Hour Factor, PHF)

เป็นค่าที่ใช้ปรับแก้ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ที่นำมาคำนวณออกแบบสัญญาณไฟจราจร โดยใช้ปริมาณจราจรช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนในหน่วยคันต่อชั่วโมง หารด้วยสี่คูณกับปริมาณจราจรที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลาสิบห้านาที ดังสมการ

$$PHF = \frac{\text{ปริมาณจราจรช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน}}{4 * \text{ปริมาณจราจรที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลาสิบห้านาที}} \quad \text{.....(2.2)}$$

2.4.8 แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟ

ปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ คำนวณหาค่ารอบสัญญาณไฟได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว มีหลายโปรแกรม เช่น aaSIDRA, SIMSET, OSCADY แต่เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSIDRA มีคุณลักษณะและสมรรถนะเหมาะสมกับการตั้งเวลาของสัญญาณไฟจราจร ออกแบบและปรับปรุงการตั้งสัญญาณไฟบนทางแยกที่มีปัญหาของท้องถิ่น จึงเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSIDRA ในการวิเคราะห์แก้ปัญหาสัญญาณไฟจราจร และมีการพื้นฐานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSIDRA คือ ใช้หลักการพื้นฐานในการหาค่าสัญญาณไฟด้วยวิธีการหาค่าการเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement Identification Method) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ก. เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าเวลาที่ต้องการในการเคลื่อนที่ ที่ใช้การจัดสัญญาณเดียวกัน ร่วมกันสำหรับแต่ละการจัดสัญญาณหรือสัญญาณที่ใช้ร่วมกัน การเคลื่อนที่ที่มีค่าเวลาต้องการมากที่สุดก็จะถูกเลือก การเคลื่อนที่อื่น ๆ ก็จะถูกกำจัดออกไป

ข. เป็นขั้นตอนการพิจารณาการเคลื่อนที่ที่เป็นไปได้ที่รวมกันอยู่บนเส้นทาง ซึ่งทำให้ครบรอบสัญญาณไฟในหนึ่งวงรอบอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นก็รวมค่าเวลาที่ต้องการในการเคลื่อนที่ในแต่ละเส้นทาง และเลือกเส้นทางที่ให้ค่าเวลาที่ต้องการทั้งหมดมากที่สุด ซึ่งจะเป็นเส้นทางที่วิกฤติ (Critical Path) และการเคลื่อนที่ที่อยู่บนเส้นทางนี้ก็คือ การเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement) ก็จะนำไปใช้หาค่ารอบเวลาสัญญาณและเวลาไฟเขียวต่อไป

2.5 ปริมาณการจราจร (Traffic Volume)

ปริมาณการจราจร คือ จำนวนคันของพาหนะที่ผ่านจุดหนึ่งของถนนในหนึ่งหน่วยเวลา ตัวแปรนี้เป็นพื้นฐานเบื้องต้นในการศึกษาลักษณะของจราจร (Traffic Characteristics) ค่าของปริมาณการจราจรนี้อาจแยกตามประเภทของยานพาหนะ เช่น คนเดินเท้า รถยนต์นั่งส่วนตัว รถประจำทาง รถบรรทุก รถจักรยาน เป็นต้น หรือเป็นค่ารวมของพาหนะทุกประเภท

การวัดปริมาณการจราจรจะมุ่งเพื่อดูความสำคัญของถนนแต่ละสาย ความเปลี่ยนแปลงตามเวลาของกระแส หรือเพิ่มดูว่าในถนนสายเดียวกัน การจราจรแต่ละช่วงแตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้การศึกษาปริมาณการจราจรยังสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง เช่น เลือกความกว้างของถนน ไหล่ถนน และสะพาน ในการออกแบบ คำนวณความหนาของถนนเพื่อให้สามารรับน้ำหนักของพาหนะชนิดต่างๆ พิจารณาความจำเป็นในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

2.5.1 ชนิดของปริมาณการจราจร

เนื่องจากข้อมูลของปริมาณการจราจร คือ จำนวนพาหนะหารด้วยเวลา ดังนั้น การศึกษาหาข้อมูลของปริมาณการจราจร จึงขึ้นกับความละเอียดและขนาดของข้อมูลที่ต้องการ ความละเอียดของข้อมูลจะหมายถึงประเภทของพาหนะ ลักษณะของคนใช้ถนน ทิศทางเคลื่อนที่ เป็นต้น ส่วนขนาดของข้อมูลนั้นจะหมายถึง เวลาที่ทำการนับปริมาณจราจร ซึ่งทั้งสองสิ่งที่กล่าวนี้จะขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลไปใช้งาน ถ้าคิดถึงการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาที่นับจะได้ชนิดของปริมาณการจราจร ดังนี้

2.5.1.1 ปริมาณการจราจรในหนึ่งปี (Annual Traffic)

ตัวแปรนี้ คือ จำนวนพาหนะที่ผ่านจุดนับในเวลาหนึ่งปี ต้องใช้เวลาเก็บข้อมูลหนึ่งปี ซึ่งใช้เวลานานและสิ้นเปลืองงบประมาณมาก จุดประสงค์ของการหาข้อมูลนี้จึงต้องมีความสำคัญในระดับสูง เช่น คาดคะเนรายได้ของด่านเก็บค่าธรรมเนียมรถ คำนวณอัตราการเกิดอุบัติเหตุ หาแนวโน้มของการจราจรบนทางหลวง และศึกษาการเดินทางในภูมิภาคต่าง ๆ เป็นต้น

2.5.1.2 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน หรือปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (Average Daily Traffic, or Average Annual Daily Traffic)

ตัวแปรนี้ คือ ค่าจำนวนพาหนะที่ผ่านจุดนับโดยเฉลี่ยในเวลาหนึ่งวัน (ของทั้งสัปดาห์ เดือน หรือปี) ข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการวางระบบทางเอก ทางโทของโครงข่ายถนน กำหนดพื้นที่สำหรับขยายเส้นทางหรือปรับปรุงเส้นทางเดิม ศึกษาพฤติกรรมของการจราจรในปัจจุบันและตั้งงบประมาณในการก่อสร้างและปรับปรุงอุปกรณ์และเส้นทาง

2.5.1.3 ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง (Hourly Traffic)

ตัวแปรนี้ คือ จำนวนพาหนะทุกประเภทที่ผ่านจุดนับในเวลาหนึ่งชั่วโมง ตัวเลขที่จะนำมาใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิต วางผังของถนนและทางแยก ใช้ในการติดตั้งป้าย เครื่องหมายและสัญญาณจราจร ปรับปรุงกระแสจราจรให้เป็นระบบเดินรถทางเดียว แบ่งพื้นที่ถนนเป็นสัดส่วนกับปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางกำหนด ไม่ให้มีการหยุดรถจอดรถหรือเลี้ยวรถบนถนนบางจุด และศึกษาถึงลักษณะของชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งในการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรจะเก็บข้อมูลปริมาณจราจรชนิดนี้

2.5.1.4 ปริมาณการจราจรต่อช่วงเวลาสั้น (Short Period Traffic)

เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนี้ อาจเป็น 5, 10 หรือ 15 นาที แล้วขยายค่าที่ได้ให้เป็นปริมาณการจราจรในหนึ่งชั่วโมง เหตุผลของการใช้ช่วงเวลาสั้น ก็เพื่อดูลักษณะและการเปลี่ยนของปริมาณสูงสุดหรือปริมาณในชั่วโมงเร่งด่วน

2.5.2 ระยะเวลานับรถ (Counting Period)

ณ จุดหนึ่ง ๆ บนถนนที่ได้เลือกเพื่อการนับรถ ระยะเวลาที่จะใช้ในการนับจะขึ้นกับจุดมุ่งหมายของการนำข้อมูลที่ได้มาใช้ โดยใช้วิธีการนับรถด้วยมือ การนับรถโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติหรือวิธีการสังเกตการณ์เคลื่อนที่ ก็ขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น งบประมาณ เป็นต้น

2.5.2.1 การนับ 24 ชั่วโมง

การนับ 24 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณการจราจรในหนึ่งวัน จะกระทำที่วันหนึ่งๆ ของสัปดาห์ ตั้งแต่เที่ยงคืนถึงเที่ยงคืนของวันนั้น แต่ถ้าจะดูลักษณะการจราจรของวันทำงานในสัปดาห์ ก็มักจะเลือกนับตั้งแต่เที่ยงวันของวันจันทร์ถึงเที่ยงวันของวันศุกร์ โดยกำหนดเลือกการจราจรในช่วง 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ เพราะในช่วงเช้าวันจันทร์และเย็นวันศุกร์ การจราจรจะไม่เหมือนปกติมีอิทธิพลของวันหยุดมากระทบ

2.5.2.2 การนับ 16 ชั่วโมง

โดยเริ่มตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 22.00 น. ซึ่งการจราจรส่วนใหญ่ของแต่ละวันจะอยู่ในช่วงระยะเวลานับนี้

2.5.2.3 การนับ 12 ชั่วโมง

ระยะเวลานับจะอยู่ในช่วง 07.00 น. ถึง 19.00 น. ซึ่งจะคลุมการจราจรในช่วงทำงานทั้งหมด เหมาะสำหรับถนนตามหมู่บ้านและแหล่งพาณิชยการ ถ้าท้องที่ไหนมีร้านค้า หรือร้านสรรพสินค้า ที่ปิดดึกถึง 21.00 น. หรือ 21.30 น. การนับก็ควรขยายออกให้คลุมเวลาเหล่านี้ด้วย

2.5.2.4 การนับในช่วงเวลาเร่งด่วน

ช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละวันจะมีสองช่วง คือ ช่วงไปทำงาน และช่วงกลับจากทำงาน การนับการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้าจะเริ่มนับตั้งแต่ 07.00 น. จนถึง 09.00 น. หรือจนถึง 09.30 น. สำหรับการนับในช่วงเย็นของเวลาเร่งด่วน จะอยู่ระหว่าง 16.00 น. จนถึง 18.00 น. หรืออาจจะนับตั้งแต่ 15.00 น. จนถึง 18.00 น.

2.5.2.5 การนับในช่วงวันหยุด

ช่วงเวลาของการจราจรในวันหยุดปกติจะเริ่มตั้งแต่เวลา 18.00 น ของเย็นวันศุกร์จนถึงเวลา 06.00 น. ของเช้าวันจันทร์

2.6 หน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit, PCU)

เนื่องจากรถยนต์แต่ละชนิดมีสภาพคล่องตัวบนถนนไม่เหมือนกัน เช่น รถบรรทุก, รถพ่วง, รถโดยสารขนาดใหญ่ต้องใช้พื้นที่ถนนมากในการวิ่ง ในขณะที่รถจักรยานหรือจักรยานยนต์

สามารถวิ่งได้สะดวกแม้ช่องทางเล็ก ๆ เพราะฉะนั้นการคิดว่ารถทุกชนิดที่วิ่งบนถนนมีความคล่องตัวเท่ากันหมด จึงคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องนำข้อมูลดิบมาเปลี่ยนด้วยการคูณด้วยหน่วยรถยนต์ก่อน เพื่อให้ได้ค่าเป็นค่ามาตรฐานใกล้เคียงกับความเป็นจริง จึงสามารถนำข้อมูลไปจัดวางแผนระบบการจราจรให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 หน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลของรถชนิดต่างๆ ตามสภาพการจราจร

ประเภทของยานพาหนะ	หน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU)
รถจักรยาน	0.20
รถจักรยานยนต์	0.33
รถยนต์ส่วนบุคคล	1.00
รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก	1.00
รถบรรทุก 6 ล้อหรือมากกว่า	1.75
รถบัส	2.25

ที่มา เอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับคู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร, สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) , กระทรวงคมนาคม, 2546

2.7 แผนที่ (Map)

แผนที่ คือสิ่งที่แสดงลักษณะของผิวโลกทั้งที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยแสดงลงบนพื้นที่ราบ อาศัยการย่อส่วนให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการ และใช้เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์แทนสิ่งที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกหรืออาจกล่าวได้ว่า แผนที่คือสิ่งที่เราบันทึกเรื่องราวความรู้และสิ่งต่าง ๆ ทางภูมิศาสตร์ไว้นั่นเอง อย่างไรก็ตามสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา เช่น มีการสร้างถนนเพิ่มขึ้น มีชุมชนใหม่ ๆ เกิดขึ้น มีการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขแผนที่อยู่เสมอ เพื่อให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงในภูมิประเทศจริง

2.7.1 การจำแนกชนิดของแผนที่

เนื่องจากแผนที่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ต่างกันไปตามจุดประสงค์การใช้งาน ในการจำแนกชนิดของแผนที่อาจแบ่งได้หลายวิธี แต่ผู้เขียนขออธิบายชนิดของแผนที่แบบทั่วๆ ไป ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

ก. แผนที่แบบแนวราบ (Planimetric Map) คือแผนที่ที่แสดงพื้นผิวโลกในทางราบเท่านั้น ไม่สามารถบอกความสูงต่ำได้ ใช้แสดงตำแหน่งของสิ่งต่างๆ เช่น ถนน แม่น้ำ ลำธาร หลักเขต เป็นต้น ซึ่งแผนที่โครงข่ายถนนก็จัดอยู่ในแผนที่ชนิดนี้

ข. แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) แผนที่ภูมิประเทศเป็นแผนที่ที่แสดงให้เห็นความสูงต่ำของภูมิประเทศ ที่สามารถสังเกตได้ทั่วไปมักจะใช้สีแสดงความสูงต่ำหรือใช้เส้นชันความสูงเป็นต้น ส่วนรายละเอียดต่างๆก็มีรูปแบบเดียวกันกับแผนที่แนวราบ ส่วนใหญ่แผนที่ประเภทนี้มักจะใช้มาตราส่วนขนาดใหญ่

ค. แผนที่ภาพถ่าย (Picto Map) เป็นแผนที่ที่ทำขึ้นจากภาพถ่ายทางอากาศ โดยการนำมาโมเซค ใช้สี สัญลักษณ์ ประกอบเพิ่มเติม สามารถทำได้รวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายสูง ไม่สามารถสังเกตความสูงต่ำได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะในการมองเท่านั้น

2.7.2 การวัดระยะในแผนที่

การหาระยะทางในแผนที่ภูมิประเทศ เราอาจใช้วิธีวัดระยะซึ่งอาจวัดเป็นแนวตรงหรือวัดระยะเป็นแนวโค้งไปตามลักษณะของแม่น้ำ ลำคลองหรือถนนได้ เมื่อวัดระยะระหว่างจุดต่างๆที่ต้องการในแผนที่แล้ว จากนั้นก็นำระยะที่ได้ไปเทียบกับมาตราส่วนก็จะได้ระยะทางในภูมิประเทศ ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สะดวกสามารถทำงานได้รวดเร็ว และราคาไม่แพงมากนัก ทำให้มีผู้ใช้งานมากมายหลากหลายด้านทั้งในด้านการทำแผนที่ ส่วนใหญ่ก็จะทำลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่าง AutoCAD เป็นต้น ซึ่งมีการใช้งานสะดวกรวดเร็วมีความละเอียดถูกต้องสูง การวัดระยะทางในแผนที่ก็ทำได้ง่ายและมีความแม่นยำ

2.7.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE)

ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง มีค่าความคลาดเคลื่อนในด้านบวกและลบ ตัวอย่างเช่น แผนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (X_{RMSE}) 15 เมตร หมายถึง หากทำการกระจายจุดต่างๆ รอบตำแหน่งที่ถูกต้องเป็น แบบวงกลมโดยมีค่า mean เป็นศูนย์ ค่าความแม่นยำของตำแหน่งที่วัดได้จะอยู่ในระยะ 15 เมตร จากตำแหน่งที่ถูกต้อง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$X_{RMSE} = \sqrt{\sum X_i^2 / N} \qquad \text{.....(2.3)}$$

เมื่อ

X_{RMSE} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของข้อมูล

X_i^2 คือ ผลต่างกำลังสองระหว่างข้อมูลที่ทำการเปรียบเทียบ

N คือ จำนวนข้อมูล

2.7.4 ระบบพิกัดดาวเทียม (Global Position System, GPS)

ระบบพิกัดดาวเทียมเป็นระบบบอกตำแหน่งพิกัดระบบ GPS นี้ ได้รับการพัฒนาโดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกาสำหรับใช้งานในทางทหาร เพื่อการคำนวณค่าตำแหน่งพิกัดและใช้ในการนำร่อง ได้ทุกจุดบนพื้นโลก และระบบ GPS ยังสามารถนำมาใช้งานในทางพาณิชย์เพื่อการนำทางหรือเพื่อการสำรวจการทำเหมืองแร่และป่าไม้ ระบบนี้ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

ก. ภาคอวกาศ (Space Segment) ประกอบด้วยกลุ่มของดาวเทียม GPS ที่โคจรรอบโลกสองรอบใน 1 วัน ซึ่งจะส่งสัญญาณเวลาที่มีความแม่นยำสูง และข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ ที่จะใช้ในการคำนวณตำแหน่งพิกัดไปยังทุกจุดบนพื้นโลกตลอด 24 ชั่วโมง

ข. ภาคพื้นโลก (Ground Segment) ประกอบด้วยกลุ่มของสถานีควบคุมดาวเทียม ทำหน้าที่ควบคุมวงโคจรดาวเทียม คำนวณวงโคจรและตำแหน่งดาวเทียม ตรวจวัดความผิดพลาดของวงโคจร ปรับแก้ความถูกต้องของสัญญาณเวลา นำข้อมูลทั้งหมดมาปรับแก้ก่อนส่งข้อมูลที่ถูกต้องขึ้นไปที่ดาวเทียม ก่อนส่งสัญญาณลงมายังผู้ใช้

ค. ภาคผู้ใช้ (Users Segment) ประกอบด้วยผู้ใช้งานและเครื่องบอกตำแหน่งพิกัด คือ เครื่องรับสัญญาณ (GPS Receiver) รับข้อมูลจากดาวเทียม GPS แล้วนำมาคำนวณหาตำแหน่งพิกัด

2.7.5 ระบบดาวเทียม GPS

ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 24 ดวง โคจรในอวกาศครอบคลุมทั่วโลกทั้งหมด 6 ระนาบ แต่ละระนาบทำมุม 60 องศากับเส้นศูนย์สูตร ดาวเทียมแต่ละดวงโคจรอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 11,000 ไมล์ และเคลื่อนที่ผ่านรอบโลก 2 รอบในแต่ละวัน ในดาวเทียมแต่ละดวงจะมีส่วนประกอบหลักคล้ายคลึงกับดาวเทียมสื่อสารโดยทั่วไปคือ ภาครับสัญญาณ ภาคส่งสัญญาณ ภาคควบคุม และระบบสายอากาศวิทยุ ส่วนพิเศษที่มีเฉพาะในดาวเทียม GPS คือภาคกำเนิดสัญญาณเวลาความแม่นยำสูง เป็นนาฬิกาอะตอมมิคแบบซีเซียม (Very High Precision Cesium Atomic Clock) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่เป็นตัวกำหนดความแม่นยำ ถูกต้อง ในการคำนวณตำแหน่ง

พิกัดของเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่รับสัญญาณบนโลก หากภาคกำเนิดสัญญาณเวลาบนดาวเทียมดวงใดเสื่อมสภาพหรือไม่มีความแม่นยำเพียงพอ ดาวเทียมดวงนั้นจะถูกปลดออกจากการใช้งานตามแผนงาน หน้าที่สำคัญของดาวเทียม GPS มีดังนี้

ก. รับข้อมูล วงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียม (Ephemeris Data) ที่ส่งมาจากสถานีควบคุมดาวเทียมหลัก (Master Control Station) เพื่อส่งกระจายสัญญาณข้อมูลนี้ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ เครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับเครื่องรับสัญญาณ GPS และตำแหน่งของดาวเทียมบนท้องฟ้า เพื่อใช้คำนวณหาตำแหน่งพิกัดของตัวเครื่องเอง

ข. ส่งรหัส (Code) ไปกับคลื่นวิทยุลงไปยังพื้นโลก สำหรับเครื่องรับสัญญาณ GPS ทีใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างดาวเทียมดวงนั้นกับตัวเครื่อง GPS

ค. ส่งข้อมูลตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมทั้งหมด และข้อมูลสุขภาพของดาวเทียมลงไปยังพื้นโลก สำหรับเครื่องรับสัญญาณ GPS ที่ใช้ในการกำหนดดาวเทียมจะสามารถรับสัญญาณได้

2.8 งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษารวบรวมเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิจัย สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.8.1 งานศึกษาวิจัยประเภทการทดลองสร้างแบบจำลอง

เป็นการทดลอง สร้างแบบจำลอง สร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ ที่สามารถทำการตรวจสอบและสามารถรู้จักป้ายจราจร โดยการวิเคราะห์ประมวลผลในแบบต่างๆกัน เช่น ประมวลผลโดยใช้สีพื้น สีของสัญลักษณ์ รูปแบบป้าย ขอบป้าย มาทำการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้งานต่างกัน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- **Yasser Baleghi and Karim (2004)** ได้ทำการศึกษาระบบการตรวจสอบและสามารถรู้จักป้ายจำกัดความเร็วอย่างอัติโนมัติ โดยใช้วิธี Hierachical Hough Transform จากผลการทดลองปรากฏว่าสามารถใช้ได้ในมุมมองหรือฉากที่เป็นจริงตามธรรมชาติ
- **Yasuo, et al. (2002)** ได้ทำการศึกษาโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบและสามารถรู้จักป้ายจราจร ประมวลผลโดยใช้รูปภาพ ลักษณะรูปร่าง สี ขอบป้ายจราจรมาทำการวิเคราะห์ จุดประสงค์ในการทำการทดลอง เพื่อแจ้งผู้ขับขี่ที่ทำการละเมิดกฎตามป้าย

จราจรให้ทราบ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากความสะเพร่าของตัวผู้ขับขี่เอง ผลจากการทดลองบนยานพาหนะปรากฏว่ามีความสามารถวิเคราะห์ตรวจสอบป้ายได้อย่างถูกต้อง

- **Xiaohong, et al. (2002)** ได้ทำการศึกษาการตรวจสอบและสามารถรู้จักป้ายจราจรโดยใช้แบบจำลองการมองเห็นของมนุษย์ วิเคราะห์จากการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ ในการทดลองได้ใช้ป้ายจราจรมาตรฐานของอังกฤษและของรัสเซีย ผลจากการในมุมมอง สภาวะต่างๆกัน ปรากฏว่าสามารถระบุรายละเอียดได้อย่างถูกต้องถึง 90% ของป้ายจราจรมาตรฐานอังกฤษ
- **Yves (2002)** ได้ทำการศึกษาระบบการตรวจสอบและสามารถรู้จักป้าย โดยการวิเคราะห์จากตัวแปรในหลายๆด้านของความสว่างและลักษณะทางเลขาคณิตของภาพ จากการทดลองปรากฏว่าโดยรวมแล้วมีประสิทธิภาพสูง ในการทดลองจากสภาวะแวดล้อมจริง
- **Dae-Seong (1994)** ได้ทำการศึกษาระบบที่สามารถรู้จักป้ายจราจร ที่มีความจำเป็นและเข้มงวด โดยการวิเคราะห์จากการแบ่งสี แบ่งความละเอียดของภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วทำการวิเคราะห์ จากการทดสอบป้าย ในด้านตำแหน่ง การหมุน การเปลี่ยนขนาดอัตราส่วนและปรับเปลี่ยนฉากด้านหลังต่างๆกัน ตามสภาพแวดล้อมจริงมีความถูกต้องในระดับหนึ่ง

2.8.2 งานศึกษาวิจัยลักษณะการปฏิบัติการใช้งานจริง

เป็นการศึกษาลักษณะการจราจร การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมจราจรในบริเวณที่ทำการศึกษา ผลของการศึกษาทั่วไปพบว่าการตั้งป้ายจราจรมีความเพียงพอ แต่มีปัญหาในเรื่องตำแหน่งการติดตั้ง ขาดการบำรุงรักษา ส่วนในเรื่องสัญญาณไฟจราจรมีความแตกต่างกันในสภาพการใช้งานจริงกับการออกแบบคำนวณ ในบริเวณย่านการค้าในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ดังนี้

- **กิจธวัช ตั้งบุญธินา, เกรียงไกร ศิกษกโสภณ และ ธวัชชัย ประดิษฐอุกฤษฎ์ (1985)** ได้ทำการศึกษาลักษณะการจราจร การตั้งป้าย เครื่องหมายและสัญญาณไฟจราจรบนถนนนิพัทธ์อุทิศ 1 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
- **สุวิทย์ ยอดสุรางค์ และ สันทัด หวังเจริญ (1985)** ได้ทำการศึกษาลักษณะการจราจร การตั้งป้าย เครื่องหมายและสัญญาณไฟจราจร บนถนนนิพัทธ์อุทิศ 2 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

- **ธนา โมมินทร์ และ วิจารย์ ขุนเสถียร (1985)** ได้ทำการศึกษาลักษณะการจราจร การตั้งป้าย เครื่องหมายและสัญญาณไฟจราจร บนถนนนิพัทธ์อุทิศ 3 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
- **ปราโมทย์ พลเชียงขวาง, วีรเทพ บรรณเสถียรศรี และ รุ่งวิทย์ จิวิริยะวัฒน์ (1999)** ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมจราจร โดยใช้ป้ายจราจรและเครื่องหมายจราจรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและการติดตั้งป้ายจราจรและเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พบว่าวิธีการจัดการจราจรทำโดยใช้ความรู้สึกของผู้จัดเป็นหลัก การติดตั้งไม่มีการอ้างถึงมาตรฐานใดๆ ป้ายจราจรและเครื่องหมายจราจรไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอ ทำให้เกิดปัญหาในการเดินทางภายใน ผลการศึกษาได้เสนอให้ทำการกำหนดตำแหน่งป้ายจราจรใหม่ 49 ตำแหน่ง และเสนอให้ปรับเปลี่ยนเครื่องหมายจราจรที่ใช้ 9 ชนิดในตำแหน่งต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยโดยใช้มาตรฐานป้ายและเครื่องหมายจราจรของกรุงเทพมหานคร