การประเมินประสิทธิภาพทางข้ามแบบอัจฉริยะบนช่วงถนนด้วยแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค

PERFORMANCE EVALUATION OF INTELLIGENT MIDBLOCK PEDESTRIAN CROSSING USING MICROSCOPIC TRAFFIC SIMULATION MODEL

ธนวัฒน์ โสภาวัน[1,*] นพดล กรประเสริฐ[2] และ พงศ์เทพ พิเศษสิทธิ์[2]
[1] หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
[*]Corresponding author address: thanawat_so@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

ทางข้ามถนนบนช่วงถนนเป็นจุดขัดแย้งระหว่างคนเดินเท้าและยานพาหนะซึ่งสร้างปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุบ่อยครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางข้ามถนนบนช่วงถนนในเขตเมือง ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีขนส่งอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้ในการจัดการการจราจรและความปลอดภัยบนโครงข่ายถนนอย่างมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ (Intelligent Pedestrian Crossing) เป็นทางข้ามถนนที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบอัตโนมัติมาเพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยแก่คนเดินและผู้ขับขี่ โดยตรวจจับกระแสจราจรของยานพาหนะที่แล่นเข้าสู่ทางข้ามและการเคลื่อนไหวของคนเดินที่กำลังข้ามถนน ควบคุมจังหวะสัญญาณไฟแก่คนข้ามและยานพาหนะ และปรับระยะเวลาสัญญาณไฟคนข้ามให้สอดคล้องกับการใช้งานของคนเดินข้าม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค PTV Vissim เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของทางข้ามแบบอัจฉริยะ และวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับทางข้ามทางม้าลาย และทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ทางข้ามถนนบนช่วงถนนในรูปแบบต่าง ๆ มีประสิทธิภาพการให้บริการในสภาพการจราจรของคนเดินข้ามและยานพาหนะที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลองการจราจรของรูปแบบทางข้ามสามารถนำไปใช้พัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามอัจฉริยะบนช่วงถนนที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่และสภาพการจราจรต่าง ๆ บนโครงข่ายถนนในเขตเมืองได้

***คำสำคัญ**: ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ, ทางข้ามบนช่วงถนน, แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค, เทคโนโลยีขนส่งอัจฉริยะ*

Abstract

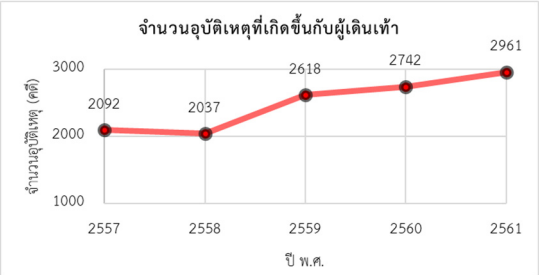
The midblock pedestrian crossing is the conflict between pedestrians and vehicles that create frequent traffic jams and accidents, especially the pedestrian crossing on the road in the city. Currently, an intelligent transportation system, is widely applied in traffic management and road network safety, both in Thailand and abroad. Intelligent Pedestrian Crossing is a pedestrian crossing that uses automated technology to provide pedestrians and drivers convenience and safety. It detects the traffic flow of vehicles entering the crossing and the movement of pedestrians crossing the road, controls the timing of the traffic light on pedestrians and vehicles, and adjusts the pedestrian traffic light's timing following the usage of the pedestrian crossing. This research aimed to create a PTV Vissim microscopic traffic simulation to assess the performance of intelligent pedestrian crossing and compare their performance against zebra crossing, and fixed time signal crossings. The study results find that various midblock pedestrian crossing types had different service efficiency in pedestrians and vehicles traffic conditions. The pedestrian crossing traffic model can develop a criterion for determining intelligent pedestrian midblock crossing patterns on road sections suitable for various local and urban traffic conditions on urban road networks.

***Keywords:** Intelligent Pedestrian Crossing, Midblock Crossing, Microscopic Traffic Simulation, Intelligent Transportation System*

1. บทนำ

ในปัจจุบันการเดินข้ามถนนในเขตเมืองเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญอย่างมากเพราะทางข้ามนี้เป็นจุดตัดของคนเดินเท้าและรถยนต์ ทำให้บริเวณทางข้ามถนนมักเป็นจุดที่เกิดอุบัติเหตุและมีปัญหาการจราจรติดขัดอยู่บ่อยครั้ง นับเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของประเทศไทย ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากรูปแบบการควบคุมทางข้ามถนนบนช่วงถนนยังไม่เหมาะสม โดยเฉพาะคนเดินเท้าจัดเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงมากที่สุด หากประสบอุบัติเหตุจะมีโอกาสเสียชีวิตมากกว่าผู้ขับขี่และผู้โดยสาร พบว่าช่วง ปี พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนเดินเท้าจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ แสดงดังรูปที่ 1 และอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางโดยไม่จำเป็น ถึงแม้ว่าสะพานลอยคนเดินข้าม จะจัดเป็นรูปแบบทางข้ามที่มีความ

ปลอดภัยมากที่สุด แต่อาจเป็นอุปสรรคต่อการเดินทางของผู้สูงอายุและผู้พิการ อีกทั้งการกำหนดตำแหน่งของสะพานลอยคนเดินข้ามในจุดที่ไม่เหมาะสม อาจประสบปัญหาไม่ได้รับความยินยอม



รูปที่ 1 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนเดินเท้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557-2561 [11]

จากเจ้าของพื้นที่และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง ทำให้ต้องมีการขยับตำแหน่งออกไป ส่งผลให้เพื่อเปิดใช้งานแล้ว มีประชาชนบางส่วนไม่ใช้สะพานลอย ทำให้มีความจำเป็นในการปรับปรุงก่อสร้างทางข้ามถนนให้ทันสมัย ปลอดภัย รองรับผู้ใช้งาน และมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีทางข้ามแบบอัจฉริยะเป็นรูปแบบใหม่ที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ และยังไม่มีเกณฑ์ที่ปรับใช้ได้ในไทย ทั้งมีข้อดีคือปรับสัญญาณคนเดินเท้าให้ยืดหยุ่นขึ้นเมื่อมีการตรวจจับว่ายังมีคนเดินเท้าอยู่บนทางข้ามหรือไม่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของทางข้ามแบบอัจฉริยะ โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับทางข้ามในรูปแบบต่างๆ และสามารถนำไปใช้พัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามอัจฉริยะบนช่วงถนนที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่และสภาพการจราจรต่าง ๆ บนโครงข่ายถนนในเขตเมืองได้ โดยการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค PTV Vissim เพื่อให้เกิดประโยชน์ในระยะยาวในพื้นที่เขตเมืองต่อทั้งคนเดินเท้าและรถยนต์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทางข้าม

ทางข้าม หมายถึง พื้นที่ทำไว้สำหรับคนเดินทางข้ามทาง โดยทำเครื่องหมายเป็นเส้นหรือแนว หรือตอกหมุดไว้บนทาง ตามความในพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 โดยทางข้ามถือว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีประโยชน์และสำคัญต่อคนเดินเท้า ที่ช่วยสร้างความสะดวกสบาย ทั้งยังทำให้คนเหล่านี้ข้ามถนนได้อย่างปลอดภัยอีกด้วย ในบทความนี้จะสนใจทางข้ามในระดับเดียวกัน (At-Grade Pedestrian Crossing) ที่เป็นรูปแบบทางข้ามบนช่วงถนน (Midblock Pedestrian Crossing) โดยสามารถจำแนกทางข้ามได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ทางข้ามแบบใช้สัญญาณไฟจราจร และทางข้ามแบบไม่ใช้สัญญาณไฟจราจร [1]

2.1.1. ทางข้ามแบบไม่มีสัญญาณไฟจราจร

ทางข้ามแบบไม่ใช้สัญญาณไฟจราจร เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อความปลอดภัยของคนเดินเท้าขั้นพื้นฐานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยใช้สีทาทำเป็นเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง เพื่อระบุตำแหน่งทางข้ามให้ผู้ใช้รถใช้ถนนสามารถมองเห็น และหยุดให้คนเดินข้ามได้อย่างปลอดภัย โดยทางข้ามลักษณะนี้จะเหมาะสมกับพื้นที่ในเขตชุมชน หรือบริเวณถนนที่มีปริมาณจราจรที่น้อย [2] โดยมีรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- ทางข้ามทางม้าลาย (Zebra crossing) : ทางข้ามที่มีรูปแบบในการพัฒนาทางข้ามระดับพื้นฐานที่มีการใช้งานทั่วโลก ใช้ควบคุมให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วลง และพร้อมที่จะหยุดรถได้ทัน เมื่อมีคนเดินข้ามถนน ณ ทางข้ามนั้น โดยไม่ล้ำเข้าไปในเส้นหยุดหรือเส้นให้ทาง

2.1.2. ทางข้ามแบบมีสัญญาณไฟจราจร

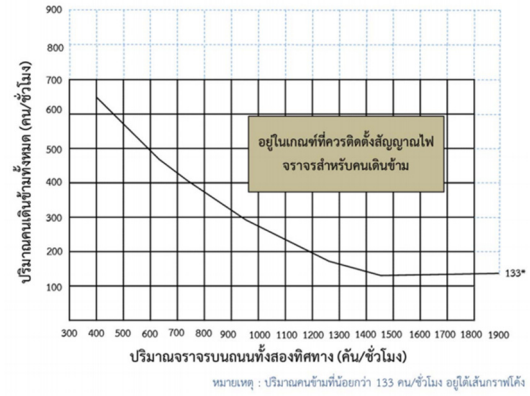
ทางข้ามแบบใช้สัญญาณไฟจราจร เป็นทางข้ามที่มีการนำสัญญาณไฟจราจรมาติดตั้งเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้มากขึ้น โดยส่วนใหญ่เป็นการนำรูปแบบทางข้ามพื้นฐานข้างต้นมาพัฒนาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรคนข้ามเพิ่มเติม ซึ่งจะเหมาะสมกับบริเวณที่มีปริมาณคนข้ามเป็นจำนวนมากหรือมีปริมาณจราจรหนาแน่นและใช้ความเร็วสูง [3] โดยมีรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- ทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม (Fixed time signal) : ทางข้ามที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟสำหรับคนเดินเท้า โดยจะติดตั้งปุ่มกดสำหรับคนเดินข้ามทั้ง 2 ฝั่ง โดยการทำงานของสัญญาณไฟจะเริ่มต้นขึ้นจากการที่คนเดินเท้าเริ่มกดปุ่มที่บริเวณเสาสัญญาณและจะมีการทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถยนต์
- ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ (Intelligent pedestrian crossing) : ทางข้ามที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบอัตโนมัติมาเพื่ออำนวยความสะดวกและความปลอดภัยแก่คนเดินและผู้ขับขี่ โดยตรวจจับกระแสจราจรของยานพาหนะที่แล่นเข้าสู่ทางข้ามและการเคลื่อนไหวของคนเดินที่กำลังข้ามถนน ควบคุมจังหวะสัญญาณไฟแก่คนข้ามและยานพาหนะ และปรับระยะเวลาสัญญาณไฟคนข้ามให้สอดคล้องกับการใช้งานของคนเดินข้าม

2.2. เกณฑ์การตัดสินใจติดตั้งทางข้าม

เกณฑ์การพิจารณาเพื่อติดตั้งทางข้ามบริเวณช่วงถนนสำหรับในกรณีของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางข้ามนั้น MUTCD (Manual of Uniform Traffic Control Device) ได้มีการนำเสนอแนวทางในการพิจารณาไว้ กล่าวคือ จะพิจารณาจากจำนวนคนเดินข้ามทั้งหมดต่อชั่วโมง (Total of all pedestrians crossing per

hour) และจำนวนยานพาหนะทั้งสองทิศทางต่อชั่วโมง (Total of both approaches vehicle per hours) โดยใช้กราฟแสดงดังรูปที่ 2 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา [4]



รูปที่ 2 เกณฑ์ในการพิจารณาติดตั้งทางข้ามแบบสัญญาณไฟ [4]

โดยเมื่อนำจำนวนคนเดินข้ามและปริมาณยานพาหนะทั้งสองทิศทาง มาพล็อตลงในกราฟดังกล่าวแล้วพบว่าจุดพล็อตอยู่เหนือเส้นโค้ง หมายความว่า ควรพิจารณาการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนเดินข้าม

2.3. แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หมายถึง การจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ แบบรายคันในแต่ละประเภทบนโครงข่ายถนน โดยกำหนดตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่ และประสิทธิภาพของรถแต่ละประเภท สามารถทำงานได้โดยการตั้งค่ารูปแบบโครงข่ายถนน ใส่ข้อมูลของยานพาหนะเสมือนจริง กำหนดแนวเส้นทางการเคลื่อนที่ผ่านโครงข่ายถนน จากนั้นทำการสรุปวิเคราะห์ผล เพื่อวัดประสิทธิภาพตามที่วางแผนไว้ โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยจำลองสภาพการจราจรของรูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ ในสถานการณ์ต่างๆ และช่วยประเมินประสิทธิภาพการจราจรในเชิงเวลาและพื้นที่ ในสถานการณ์นั้นๆ ได้ [5]

แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้าเป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองสถานที่ และพฤติกรรมของคนเดินเท้าได้อย่างสมจริง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ได้ในการทำงานด้านการจราจรและการขนส่งได้ โดยเฉพาะด้านการวางแผนและพัฒนาสถานที่ที่มีปริมาณผู้ใช้สถานที่หรือปริมาณคนเดินจำนวนมาก นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองที่มีความสอดคล้องกับพื้นที่จริงจะส่งผลทำให้แบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การจราจรของคนเดินเท้าในสถานการณ์ต่างๆ ได้

2.3.1. โปรแกรม PTV VISSIM

PTV Vissim เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองระบบการจราจรระดับจุลภาคที่มีความยืดหยุ่นสูง ใช้สำหรับจำลองสภาพการจราจรของยานพาหนะในเมือง และการใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ เพื่อที่จะนำแบบจำลองที่ได้มาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดได้ โดยโปรแกรม Vissim สามารถออกแบบโครงข่ายถนนที่มีความซับซ้อนและหนาแน่นได้ ทั้งยังสามารถนำเสนอแบบจำลองได้ในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ในรูปแบบของตารางข้อมูลและกราฟ [6]

2.3.2. โปรแกรม PTV VISWALK

PTV Viswalk เป็นซอฟแวร์หนึ่งที่ใช้ในการจำลองการจราจรระดับจุลภาคที่ใช้สำหรับจำลองสภาพการจราจรของคนเดินเท้า โดยโปรแกรมสามารถพัฒนาแบบจำลองให้โครงข่ายการจราจร และพฤติกรรมต่างๆ ของคนเดินเท้าสอดคล้องกับพื้นที่จริงได้ โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าที่ตรงกับสภาพพื้นที่จริง โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นเส้นทางคนเดินเท้าแบบไดนามิกไปยังปลายทางที่สั้นที่สุดและเร็วที่สุด อีกทั้งแผนที่ที่แสดงการกระจายตัวของความหนาแน่น (Density Heat Map) และกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ดังนั้นโปรแกรม PTV Viswalk จึงถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจราจรของคนเดินเท้า [6]

2.4. หลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นหนึ่งในขั้นตอนหลัก ในการพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพการจราจรในพื้นที่จริงมากที่สุด ตัวแปรส่วนใหญ่ที่ผู้พัฒนาแบบจำลองมักใช้ในการปรับเทียบ เช่น ปริมาณจราจร ความเร็ว ความยาวแถวคอย ความล่าช้า ระยะเวลาการเดินทาง เป็นต้น โดยได้เสนอเกณฑ์เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองที่จะใช้ค่าทางสถิติที่มีชื่อว่า Geoffrey E. Havers หรือ GEH เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจร และเวลาในการเดินทางที่ได้จากพื้นที่จริงใน 1 ชั่วโมง โดยมีหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$GEH = \sqrt{\left(\frac{Simulated - Observed}{0.5 \times (Simulated + Observed)}\right)^2} \quad (1)$$

โดย $Simulated$ = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

$Observed$ = ค่าที่จากการสำรวจ

1. ค่า GEH < 5.0 หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องเป็นอย่างมากกับผลการสำรวจภาคสนาม
2. ค่า 5 < GEH < 10 หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องดีกับผลการสำรวจภาคสนาม แต่มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบใหม่
3. ค่า GEH > 10 หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณ

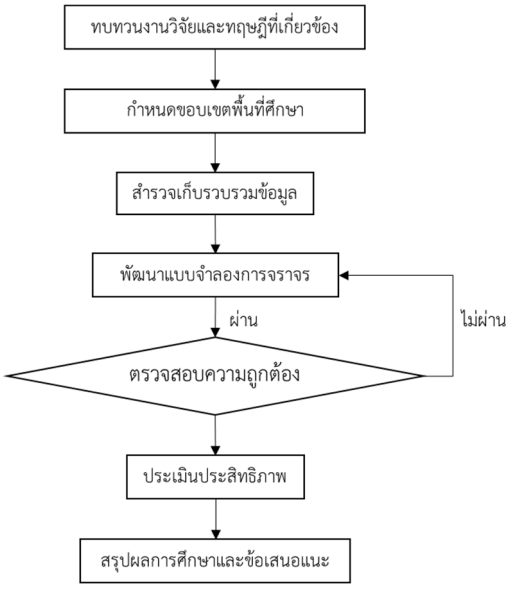
การจราจรที่ได้จากแบบจำลอง ไม่มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนาม

2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ทำแบบจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคที่สามารถใช้ได้จริงสำหรับทางข้ามบริเวณช่วงถนน Merrill [7] ในปี 2005 ได้บอกว่าการข้ามถนนบริเวณช่วงถนนมีผลกระทบต่อระดับให้บริการและความปลอดภัยของยานพาหนะเป็นอย่างมากโดยใช้โปรแกรม VISSIM เนื่องจากมีความสามารถสร้างแบบจำลองที่ยานพาหนะมีปฏิสัมพันธ์กับคนเดินเท้า โดยการเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริง และนำข้อมูลปรับเป็นสัดส่วนโดยใช้การแจกแจงเรขาคณิต (Geometric distribution) เพื่อประเมินสัดส่วนของผู้ขับขี่ที่ยอมให้คนเดินเท้าข้ามทางม้าลาย ในส่วนของระยะเวลาการเดินทาง และความยาวแถวคอยก็ถูกนำมาปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้อง จนได้ผลลัพธ์เป็นความล่าช้าและระดับให้บริการ อีกทั้ง Mohammad [8] ในปี 2013 ได้ทำการประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทางข้ามบริเวณช่วงถนนในเขตเมืองที่ถูกพัฒนาตามมาตรฐาน Highway Capacity Manual (HCM) แต่มีคนเดินข้ามเป็นจำนวนมากโดยใช้โปรแกรม VISSIM ทำให้ทราบถึงความล่าช้า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณดังกล่าวที่แตกต่างของแต่ละสถานการณ์ นำไปสู่การพิจารณาปรับใช้งานในพื้นที่จริง จากนั้น Xiao-Z. G & Noyce, D. A. [9] ในปี 2009 ได้มีการหาประสิทธิภาพของทางข้ามรูปแบบสัญญาณไฟแต่ละประเภทบริเวณช่วงถนน ได้แก่ PA , PUFFIN, PELICAN และ HAWK เปรียบเทียบกับ FLC (Fuzzy logic control) พบว่า ระบบ FLC ไม่เพียงควบคุมจังหวะสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพแต่ยังให้ประสิทธิภาพเท่าเทียมหรือดีกว่า PUFFIN ที่มีข้อดีด้านความปลอดภัยและมีตรรกะที่ตรงไปตรงมาและตัวเลขของพารามิเตอร์เก็บข้อมูลจากพื้นที่จริงได้ แต่พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของ FLC มีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ได้ดี ทำให้ความพึงพอใจอย่างครอบคลุมในแง่ของความปลอดภัยในการเดินเท้าที่เพิ่มขึ้น ลดโอกาสในการชนท้าย ลดระยะเวลาในการรอข้าม และลดต้นทุนทางสังคมจากความล่าช้าและการชนระหว่างยานพาหนะกับคนเดินเท้าที่บริเวณช่วงถนน และธนา [10] ในปี 2563 ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของคนเดินเท้าบริเวณทางข้ามที่มีสัญญาณไฟสำหรับคนเดินเท้า เพื่อเป็นส่วนช่วยในการออกแบบเวลาที่เหมาะสมของสัญญาณไฟ โดยการเก็บข้อมูลความเร็ว และพฤติกรรมการเดินของกลุ่มคนเดินเท้า พบว่าเพศชายมีความเร็วในการเดินมากกว่าเพศหญิง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.30–1.55 m/s และการประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนจริงของยานพาหนะร่วมกับคนเดินเท้า

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ให้ถูกต้อง บทความนี้ได้ลำดับวิธีการดำเนินการวิจัยแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1. การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

บทความนี้มุ่งเน้นในการศึกษาทางข้ามบริเวณช่วงถนน โดยใช้การสร้างแบบจำลองการจราจรของทางข้ามแต่ละรูปแบบในเขตเมือง โดยมีพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือทางข้ามบริเวณประตูทางเข้าหลักของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ พิกัด 18˚47’20’’ N และ 98˚58’30’’ E โดยมีเส้นทางถนนเป็นทางมุ่งเข้าออกเมืองเชียงใหม่ (ทิศตะวันตก-ตะวันออก) และเส้นทางของทางข้ามคนเดินเท้าเป็นจุดเดินข้ามถนนเข้าออกโรงพยาบาล (ทิศเหนือ-ใต้) แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ทางข้ามบริเวณประตูทางเข้าหลักของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่

3.2. การสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ จะใช้การเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริงบริเวณทางข้ามแสดงดังรูปที่ 5 โดยแบ่งการสำรวจออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

3.2.1. การสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพ

- ลักษณะทางกายภาพถนน

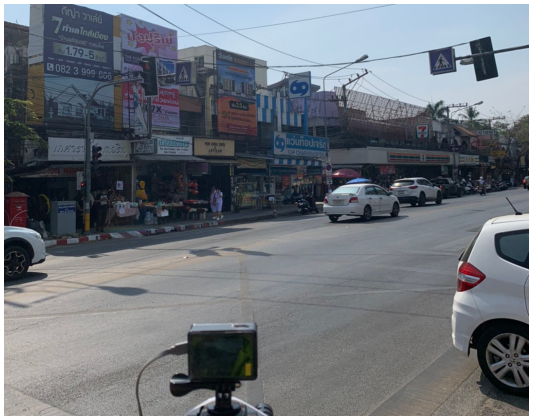
การสำรวจลักษณะทางกายภาพถนนจะพิจารณาความกว้างของช่องจราจร และไหล่ทางทั้ง 2 ฝั่ง โดยพบว่าถนนมีความกว้าง 3.9 เมตร (ขาเข้าเมือง) และ 2.9 เมตร (ขาออกเมือง) มีไหล่ทางกว้าง 2.1 เมตร

- ลักษณะทางกายภาพทางข้าม

การสำรวจลักษณะทางกายภาพของทางข้ามจะพิจารณาความกว้างและความยาวของทางข้าม รวมไปถึงระยะห่างจากทางข้ามที่อยู่ใกล้ที่สุดก่อนและหลัง และระยะห่างจากทางแยกก่อนและหลัง โดยพบว่าทางข้ามมีความกว้าง 5.9 เมตร ความยาว 15.6 เมตร มีระยะห่างจากทางข้ามที่อยู่ใกล้ที่สุด 450 เมตร และระยะห่างจากทางแยก 720 เมตร

- สัญญาณไฟทางข้าม

การสำรวจสัญญาณไฟทางข้ามจะพิจารณาระยะเวลาสัญญาณไฟของยานพาหนะและคนข้าม โดยพบว่าทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม (Fixed time signal) ที่เมื่อกดใช้งานจะต้องรอสัญญาณไฟแดง 25 วินาที หลังจากนั้นจะได้รับสัญญาณไฟเขียว 15 วินาที ไฟเหลือง 3 วินาที และไฟแดงทุกด้าน 2 วินาที



รูปที่ 5 การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางข้าม

3.2.2. สำรวจข้อมูลการจราจร

- ความเร็วของยานพาหนะ

ความเร็วของยานพาหนะจะใช้ปืนตรวจจับความเร็วในการวัดความเร็ว โดยทราบว่ามีความเร็วเฉลี่ยที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

- ความเร็วคนเดินข้าม

การวัดความเร็วของคนเดินข้ามจะวัดจากการสังเกตภาพวิดีโอที่ทำการบันทึกการเดินของคนข้าม โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มข้ามจนถึงข้ามแล้วเสร็จ ทราบว่ามีความเร็วในการเดินเท้าเฉลี่ยที่ 1.53 เมตรต่อวินาที (หรือ 5.51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

- สัดส่วนของยานพาหนะ

การหาสัดส่วนของยานพาหนะจะหาได้จากการนับจำนวนยานพาหนะในช่วงที่มีปริมาณการจราจรสูงสุด และนำมาวิเคราะห์สัดส่วนระหว่างรถยนต์, รถมอเตอร์ไซค์, รถบรรทุก และรถโดยสาร พบว่าอัตราส่วนรถบรรทุกมีสัดส่วนที่น้อยมากเนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณเขตเมือง อีกทั้งรถโดยสารยังไม่พร้อมให้บริการเนื่องจากอยู่ระหว่างพิจารณาผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโควิด ดังนั้นจึงทำการกำหนดค่าสัดส่วนเพียงรถยนต์ต่อมอเตอร์ไซค์อยู่ที่ 47 : 53 ในช่วงเวลาเร่งด่วน

- ระยะเวลาระหว่างยานพาหนะ

การสำรวจต้องกำหนดตำแหน่งอ้างอิงในการพิจารณาช่วงห่างของเวลาระหว่างยานพาหนะหลังจากนั้นเริ่มจับเวลาเมื่อยานพาหนะขับขี่มาถึงตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนด และหยุดเวลาเมื่อยานพาหนะคันถัดไปขับมาถึงตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนด ถ้ามีการตัดสินใจข้ามทางข้ามในช่วงห่างของเวลาที่สำรวจถือว่าช่วงห่างของเวลานั้นคนข้ามยอมรับได้ (Accepted Gap) แต่ถ้าไม่มีการตัดสินใจข้ามถือว่าไม่มีการยอมรับช่วงห่างของเวลานั้น (Rejected Gap) โดยค่าช่วงห่างของเวลาระหว่างยานพาหนะเฉลี่ยที่ 5 วินาที ที่คนข้ามจะตัดสินใจข้ามถนน

3.3. การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับภาคสนาม เกิดจากการวิเคราะห์การปรับเทียบแบบจำลอง โดยนำข้อมูลผลการสร้างแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจจริงว่าผลที่วิเคราะห์ได้จากการแบบจำลองเสมือนจริงสอดคล้องกับผลการสำรวจหรือไม่ โดยจะเปรียบเทียบโดยใช้ค่า GEH เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมจากการสำรวจและแบบจำลองในเวลา 1 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ค่าทางสถิติ GEH

ทิศทาง	Vehicle per hour		GEH	GEH
	Traffic Model	Traffic count		< 5
EB	1999	1980	0.01	ผ่าน
WB	1787	1756	0.02	ผ่าน
SB	181	182	0.01	ผ่าน
NB	153	155	0.01	ผ่าน

3.4. การพัฒนาแบบจำลองการจราจร

การพัฒนาแบบจำลองการจราจรคนเดินเท้าพื้นฐานของรูปแบบทางข้ามบนช่วงถนนในเขตเมือง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและผ่านการวิเคราะห์แล้ว จากนั้นใช้โปรแกรม PTV Vissim และ Viswalk เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของทางข้ามแบบอัจฉริยะ และวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในรูปแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 6 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

รูปที่ 6 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค

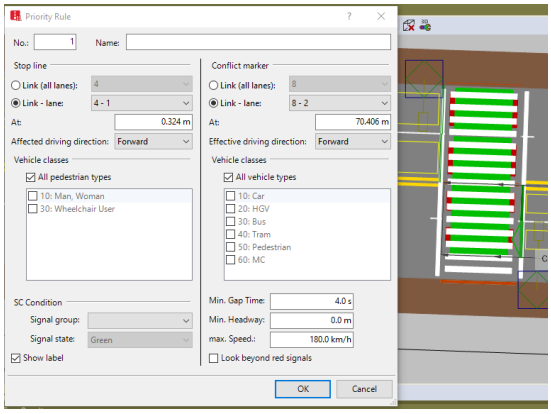
3.4.1. การพัฒนาแบบจำลองพื้นฐาน

การพัฒนาแบบจำลองเริ่มต้นจากการสร้างโครงข่ายถนน โดยการใช้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน และข้อมูลการจราจรของรถที่ผ่านทางแยกที่ได้จากการสำรวจปรับเทียบ (Calibration) ลงไปในแบบจำลอง ปรับพฤติกรรมการขับขี่ของจักรยานยนต์ซึ่งในสภาพจริงจักรยานยนต์จะแทรกตัวเข้าไปยังพื้นที่ที่มีช่องว่างที่ปลอดภัย (Lateral clearance) อีกทั้งความเร็วก่อนเข้าสู่ทางแยกที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่มีความใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด

3.4.2. การพัฒนาแบบจำลองทางเลือก

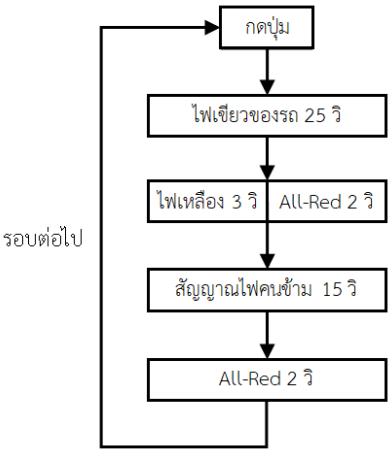
ในการพัฒนาแบบจำลองทางเลือก ได้มีการกำหนดรูปแบบทางข้ามบริเวณช่วงถนนในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) ทางข้ามทางม้าลาย (Zebra crossing) เป็นทางแยกไม่มีสัญญาณไฟ ที่คนเดินข้ามต้องตัดสินใจเดินข้ามเมื่อมีช่องว่างที่ยอมรับได้ (Gap acceptance of pedestrian) โดยบริเวณถนน 4 ช่องจราจรไม่มีเกาะกลางเฉลี่ยอยู่ที่ 4 วินาที และเมื่อคนเดินเท้าอยู่บนทางแยก รถจะต้องให้สิทธิ์คนเดินเท้าก่อน แสดงดังรูปที่ 7

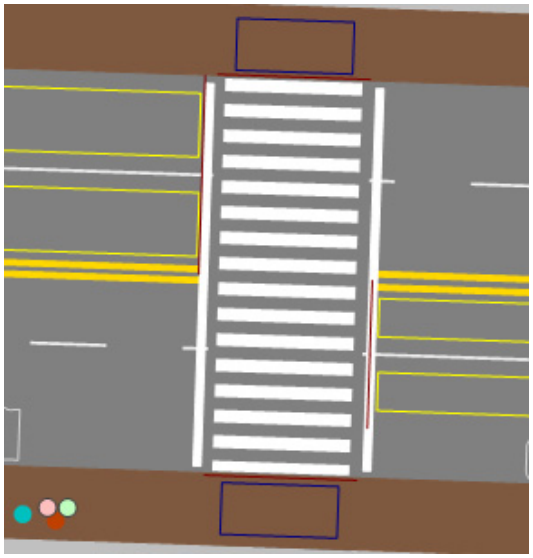


รูปที่ 7 แบบจำลองทางข้ามรูปแบบทางม้าลายใน Vissim

(2) ทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม (Fixed time signal) เป็นทางแยกสัญญาณไฟที่จะเริ่มทำงานเมื่อมีคนกดปุ่มรอข้าม โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างโครงสร้างการควบคุมโดยใช้โปรแกรม VISVAP Flowchart Editor ซึ่งเป็นส่วนขยายของโปรแกรม Vissim โดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Vehicle Actuated Programing (VAP) แสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งกำหนดว่าสัญญาณไฟจะเริ่มทำงานเมื่อมีคนอยู่บริเวณเครื่องตรวจจับ (Detector) เสมือนว่ามีคนกดปุ่มเพื่อรอข้ามจากนั้นคนข้ามจะต้องรอสัญญาณไฟให้เดิน 30 วินาที จากนั้นจะได้สัญญาณไฟคนข้าม 15 วินาที ตามการเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริงลงในโปรแกรม Vissim แสดงดังรูปที่ 9

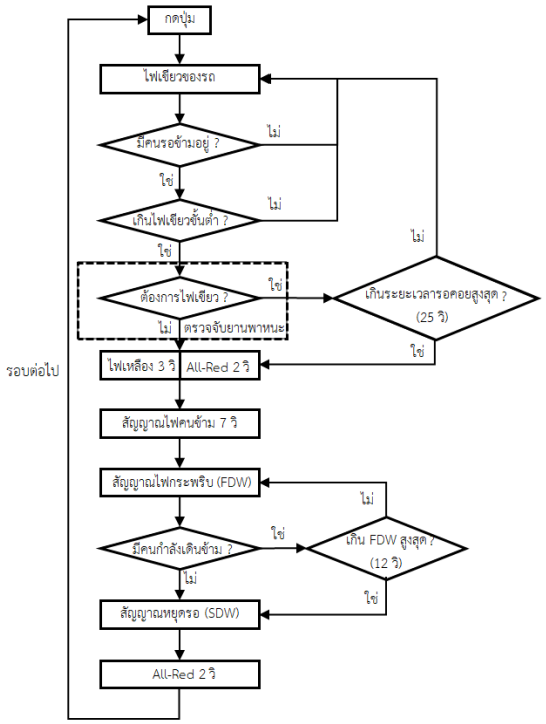


รูปที่ 8 โครงสร้างการควบคุมภายในโปรแกรม VISVAP



รูปที่ 9 แบบจำลองทางข้ามรูปแบบมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม

(3) ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ (Intelligent pedestrian crossing) เป็นทางแยกสัญญาณไฟที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบอัตโนมัติตรวจจับกระแสจราจรของยานพาหนะที่แล่นเข้าสู่ทางข้าม ควบคุมจังหวะสัญญาณไฟ และปรับระยะเวลาสัญญาณไฟคนข้ามให้สอดคล้องกับการใช้งานของคนเดินข้าม โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม VISVAP Flowchart Editor แสดงดังรูปที่ 10 [10] ซึ่งกำหนดว่าระบบจะเริ่มทำงานหลังจากคนเดินเท้ากดปุ่มระบบจะทำการตรวจว่ามีคนอยู่บนพื้นที่รอข้ามและเกินเวลาไฟเขียวขั้นต่ำของยานพาหนะ (G_{min}) จากนั้นทำการตรวจจับยานพาหนะว่ามีความเร็วต่ำกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีช่องว่างระหว่างยานพาหนะเกิน 3.5 วินาทีจะให้สัญญาณไฟคนข้าม หรือมีระยะเวลารอคอยที่จะข้ามเกินระยะเวลาสูงสุด 25 วินาที ก็จะมีการให้สัญญาณไฟคนข้ามเป็นเวลา 7 วินาที และจะมีการตรวจจับว่ายังมีคนเดินบนทางข้ามหรือไม่ หากยังมีระบบจะทำการเพิ่มระยะเวลาสัญญาณไฟให้คนเดินข้ามจนเสร็จ สูงสุด 12 วินาที และให้สัญญาณหยุดรอ แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 โครงสร้างการควบคุมภายในโปรแกรม VISVAP

Count: 2	No	Name	Type	MinGreen	Amber
1	1	Vehicles	Normal	12.0	2.0
2	2	Pedestrian	Normal	7.0	2.0

รูปที่ 11 ค่าที่กำหนดบนแบบจำลองทางข้ามรูปแบบทางม้าลายใน Vissim

3.4.3. การกำหนดปริมาณจราจร

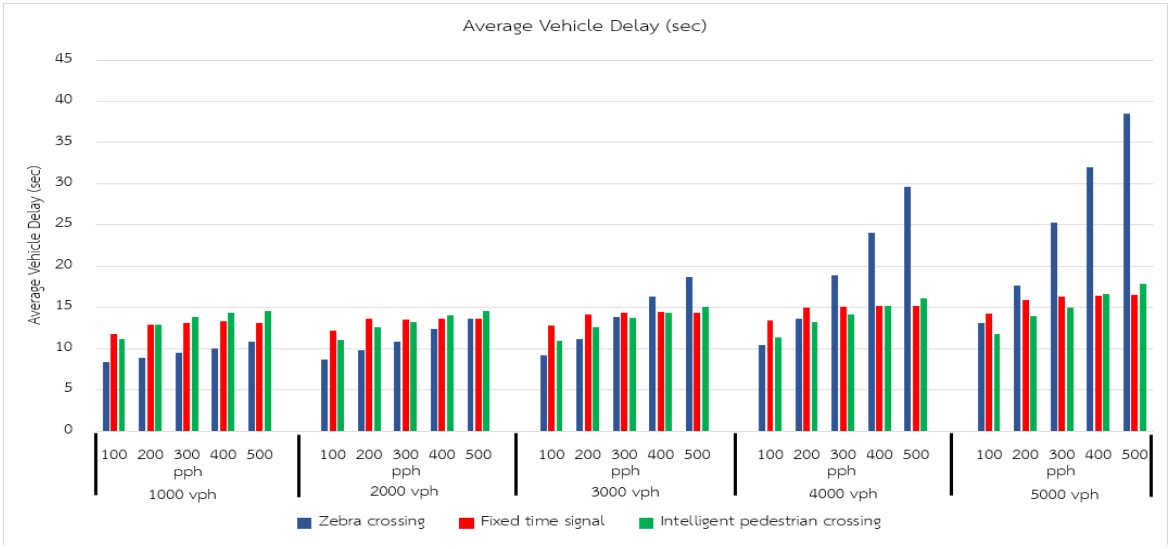
ก่อนที่จะประสิทธิภาพการให้บริการในสภาพการจราจรของคนเดินข้ามและยานพาหนะที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลองการจราจรของรูปแบบทางข้าม โดยมีปริมาณจราจรบนถนนทั้งสองทิศทาง 1000, 2000, 3000, 4000 และ 5000 คันต่อชั่วโมง ปริมาณคนเดินข้ามทั้งหมด 100, 200, 300, 400 และ 500 คนต่อชั่วโมง จากนั้นทำการออกแบบสถานการณ์ด้วยกันทั้งหมด 100 สถานการณ์ โดยสร้างเป็น เมทริกซ์ขนาด 5X5

3.5. การประเมินประสิทธิภาพ

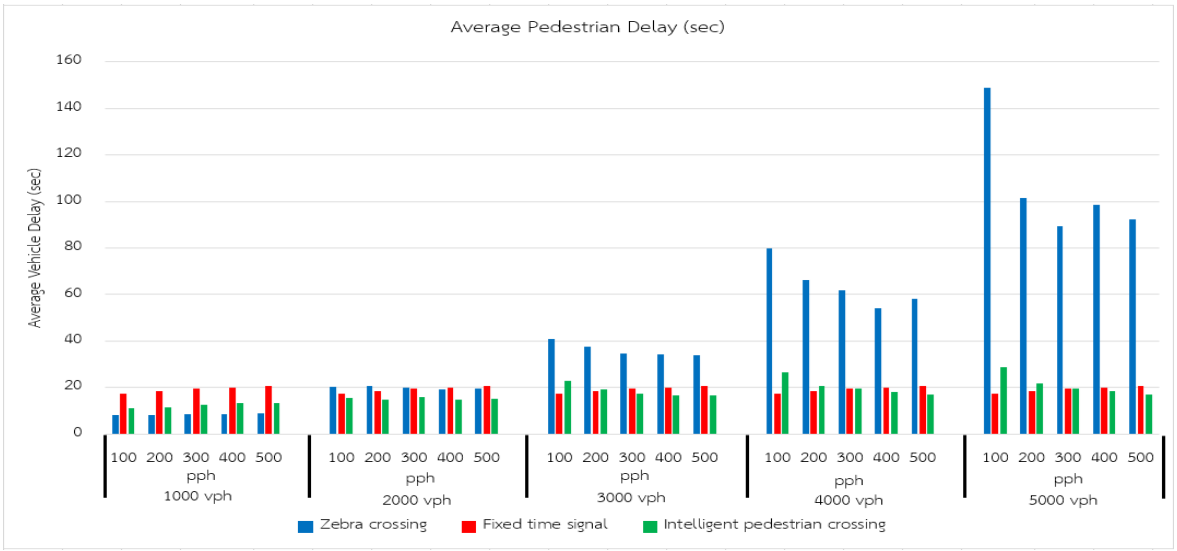
วิเคราะห์ประเมินของรูปแบบทางข้ามในสภาพจราจรต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิ์ภาพและนำไปพัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามอัจฉริยะบนช่วงถนนที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ถนน 4 ช่องจราจรไม่มีเกาะกลางในสภาพการจราจรต่าง ๆ บนโครงข่ายถนนในเขตเมืองได้ โดยพิจารณาจากตัวชี้วัดด้านระยะเวลาและความล่าช้าในการเดินทางของทั้งยานพาหนะและคนเดินเท้า

4. ผลการศึกษา

ผลจากการประเมินประสิทธิภาพด้านการเคลื่อนตัวในการเดินทางของรูปแบบทางข้ามแต่ละประเภท ในสภาพการจราจรต่าง ๆ บริเวณช่วงถนน 4 ช่องจราจร โดยวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบความล่าช้า (Delay) ในการเคลื่อนตัวผ่านทางข้ามของยานพาหนะแสดงดังรูปที่ 12 และคนเดินเท้าแสดงดังรูปที่ 13 ชี้ให้เห็นว่าแต่ละรูปแบบทางข้ามมีความล่าช้าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน โดยเมื่อมีปริมาณคนลดลงก็จะมีความล่าช้าในการเดินทางผ่านทางข้ามที่ลดลงไปด้วย โดยสิ่งนี้จะแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความล่าช้าเฉลี่ยของยานพาหนะกับปริมาณยานพาหนะและคนเดินเท้ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง จะเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อหลังจากมีปริมาณจราจรมากกว่า 3000 คันต่อชั่วโมง ความล่าช้าของยานพาหนะในรูปแบบทางข้ามทางม้าลายจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในส่วนความล้าช้าของคนเดินเท้า จะพบว่ายิ่งมีจำนวนยานพาหนะจำนวนมากขึ้นยิ่งส่งผลต่อความยากในการเดินข้ามมากขึ้น ทำให้เกิดความล่าช้าที่มากขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกัน เมื่อมีประมาณยานพาหนะที่น้อย ก็ทำให้มีช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่มากขึ้น จึงทำให้คนข้ามถนนได้ง่าย ส่งผลให้เกิดความล่าช้าที่ต่ำ



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความล่าช้าของยานพาหนะในสภาพการจราจรต่าง ๆ



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความล่าช้าของคนเดินเท้าในสภาพการจราจรต่าง ๆ

จากนั้นนำประสิทธิภาพการจราจรในรูปแบบความล่าช้าเฉลี่ยของยานพาหนะที่ได้ไปใช้พัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามอัจฉริยะบนช่วงถนนที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่และสภาพการจราจรต่าง ๆ บนโครงข่ายถนนในเขตเมือง โดยสร้างเกณฑ์ของ 3 รูปแบบทางข้าม ได้แก่ (1) ทางข้ามทางม้าลาย (2) ทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม และ (3) ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ โดยปัจจัยสำคัญที่นำมาพิจารณาในการคัดเลือกรูปแบบทางข้าม คือ ความล่าช้าที่น้อยที่สุดของยานพาหนะที่เกิดขึ้นในสภาพการจราจรต่าง ๆ จากนั้นจะกำหนดรูปแบบของทางข้ามซึ่งสอดคล้องกับปริมาณจราจรของยานพาหนะและคนเดินเท้า โดยการกำหนดปริมาณจราจรจากน้อยไปหามาก คือ ต่ำมาก, ต่ำ, ปานกลาง, สูง และ สูงมาก แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามที่เหมาะสม บนโครงข่ายถนน 4 ช่องจราจรในเขตเมือง ในสภาพการจราจรต่าง ๆ

ปริมาณคนเดินข้ามถนนทั้งสองทิศทาง \ ปริมาณจราจรบนถนนทั้งสองทิศทาง					
	Z	Z	Z	Z	I
	Z	Z	Z	Z/I	I
	Z	Z	Z/I	I	I
	Z	Z	F/I	F/I	F/I
	Z	Z/F	F	F	F

หมายเหตุ: Z ทางม้าลาย, F สัญญาณไฟชนิดปุ่มกด, I สัญญาณไฟแบบอัจฉริยะ และเครื่องหมายทับ (/) ใช้ในความหมายว่า “หรือ” โดยมีการกำหนดรูปภาพที่แสดงปริมาณจราจรในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

: ปริมาณยานพาหนะต่ำมาก (0-1000 คัน/ชม)
: ปริมาณยานพาหนะต่ำ (1001-2000 คัน/ชม)
: ปริมาณยานพาหนะปานกลาง (2001-3000 คัน/ชม)
: ปริมาณยานพาหนะสูง (3001-4000 คัน/ชม)
: ปริมาณยานพาหนะสูงมาก (4001-5000 คัน/ชม)
: ปริมาณคนเดินเท้าต่ำมาก (0-100 คน/ชม)
: ปริมาณคนเดินเท้าต่ำ (101-200 คน/ชม)
: ปริมาณคนเดินเท้าปานกลาง (201-300 คน/ชม)
: ปริมาณคนเดินเท้าสูง (301-400 คน/ชม)
: ปริมาณคนเดินเท้าสูงมาก (401-500 คน/ชม)

ตัวอักษร Z ในพื้นที่สีน้ำเงิน เป็นกรณีที่เหมาะสมกับการใช้งานทางข้ามแบบทางม้าลาย (Zebra crossing) โดยยังไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกด้านการให้สัญญาณไฟแต่อย่างใด ตัวอักษร F ในพื้นที่สีแดง เป็นพื้นที่ที่ควรมีการติดตั้งสัญญาณไฟชนิดปุ่มกดแบบเวลาคงที่ (Fixed time signal) และตัวอักษร I ในพื้นที่สีเขียวเป็นพื้นที่ที่ควรมีการติดตั้งสัญญาณไฟแบบอัจฉริยะ (Intelligent pedestrian crossing) และจากการวิเคราะห์เพิ่มเติมทำให้ทราบอีกว่าเมื่อปริมาณคนเดินเท้าน้อยกว่า 50 คนต่อชั่วโมง แสดงว่ายังไม่ควรติดตั้งสัญญาณไฟทั้ง 2 รูปแบบ (ควรใช้รูปแบบทางข้ามทางม้าลาย)

5. สรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบรูปแบบทางข้ามบนช่วงถนน 4 ช่องจราจรในเขตเมือง โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคผ่านโปรแกรม VISSIM สร้างระบบการทำงานผ่านส่วนขยาย VISVAP รวมทั้งใช้แบบจำลองแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาณระหว่างทางข้าม 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) ทางข้ามทางม้าลาย (2) ทางข้ามมีสัญญาณไฟแบบกดปุ่ม และ (3) ทางข้ามถนนแบบอัจฉริยะ ในสภาพการจราจรเดียวกัน โดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเป็นความล่าช้าเฉลี่ยของการเดินทางของยานพาหนะและคนเดินเท้า เพื่อนำไปใช้พัฒนาเป็นเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามอัจฉริยะบนช่วงถนนที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่และสภาพการจราจรต่าง ๆ บนโครงข่ายถนนในเขตเมือง

ผลการประเมินประสิทธิภาพจากความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะและคนเดินเท้า ชี้ให้เห็นว่า ทางข้ามแบบทางม้าลายมีความเหมาะสมเมื่อมีปริมาณการจราจรทั้งยานพาหนะและคนเดินเท้าที่ต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากคนข้ามถนนสามารถหาจังหวะข้ามเองได้ จึงทำให้เกิดความล่าช้าที่ต่ำซึ่งใช้เวลาในการรอข้ามถนนเป็นเวลาไม่นาน แต่กลับกันเมื่อมีประมาณจราจรที่มากขึ้น คนเดินเท้าจะหาจังหวะในการข้ามถนนได้ยากมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดความล่าช้าที่สูงซึ่งใช้เวลาในการรอข้ามมาก ยิ่งไปกว่านั้นทำให้พื้นที่ทางข้ามมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการติดตั้งสัญญาณไฟให้จังหวะการเดินข้ามแก่คนเดินเท้าซึ่งเป็นที่ยอมรับทางวิศวกรรมจราจรในการลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยผลจากการประเมินการติดตั้งสัญญาณไฟแบบปุ่มกดนั้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในช่วงที่มีปริมาณจราจรที่สูงของทั้งยานพาหนะและคนเดินเท้าปานกลางถึงสูง เนื่องจากเมื่อมีปริมาณคนเดินเท้าต่ำ สัญญาณไฟแบบคงที่อาจมีขวางการไหลของกระแสจราจรอย่างไม่จำเป็น ยานพาหนะต้องหยุดแม้ไม่มีคนอยู่บนทางข้ามแล้วก็ตาม และทางข้ามแบบอัจฉริยะเป็นอีกหนึ่งทางข้ามรูปแบบสัญญาณไฟที่มีใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศที่มีความยืดหยุ่นในการให้สัญญาณไฟคนเดินเท้า โดยจากการประเมินพบว่า

เหมาะสมกับช่วงที่มีปริมาณรถสูงและคนเดินเท้าต่ำถึงปานกลาง ค่อนไปทางสูง ซึ่งสามารถช่วยเหลือคนเดินเท้าในการข้ามถนนในช่วงที่มีปริมาณการจราจรสูง

ในส่วนเกณฑ์พิจารณารูปแบบทางข้ามยังไม่ถูกนำเสนอในรูปแบบที่ชัดเจน เนื่องจากมีการประเมินผลของแต่ละสภาพจารจรที่ยังไม่ละเอียดจึงมองไม่เห็นเส้นเกณฑ์ของแต่ละรูปแบบทางข้าม อีกทั้งนอกจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพอาจมีการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ ความคุ้มค่าในการใช้งาน ความสามารถในการลงอุบัติเหตุ หรือความสามารถในการเข้าถึงใช้งานทางข้าม โดยเฉพาะผู้สูงอายุและผู้พิการ เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ที่สามารถเห็นภาพได้ชัดเจน หากมีการพัฒนาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรอย่างที่มีการเสนอขึ้นจริง สภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไปในรูปแบบใด

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและเทคโนโลยีการขนส่ง (Green Infrastructure and Transportation Technology, GITT) ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิศวกรรมขนส่งและเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐาน (Excellence Center in Infrastructure Technology and Transportation Engineering, ExCITE) ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ รวมไปถึงบัณฑิตวิทยาลัย และ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้านการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ได้ด้วยดี

7. การอ้างอิง

[1] New York City Department of Transportation (2020). Street Design Manual (SDM). Third Edition. New York. USA.

[2] FHWA. (2009). Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. Federal Highway Administration. Washington D.C. USA.

[3] AASHTO (2009). Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs. Luminaires and Traffic Signals. Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C.

[4] Federal Highway Administration (2009). Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD). US Department of Transportation.

[5] Rao, A. M. and Rao, K. R. (2015). Microscopic Simulation to Evaluation the Traffic Congestion Mitigation Strategies on Urban Arterials. European Transport.

[6] PTV GROUP (2019.). VISSIM 11 User Manual. PTV Planung Transport Verkehr AG2012, Karlsruhe, Germany. Retrieved February 17, 2021 , from Website: http://vision-traffic.ptvgroup.com

[7] Merrill, John Christopher, (2005). "Vissim model development of a mid-block pedestrian crossing between signalized intersections" UNLV Retrospective Theses & Dissertations. 1785.

[8] Mohammad S. Ghanim (2013). The Impact of Mid-Block Crossing on Urban Arterial Operational Characteristics using Multimodal Microscopic Simulation Approach. American University in Dubai. Dubai. UAE.

[9] Xiao-Z. G & Noyce, D. A. (2009). Pedestrian Crossings at Mid-Block Locations: A Fuzzy Logic Solution for Existing Signal Operations. *Proceedings of* 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board. January 11th - 15th. Washington D.C., USA.

[10] ธนา น้อยเรือน (2563). การศึกษาพฤติกรรมของคนเดินเท้าบริเวณทางข้ามที่มีสัญญาณไฟ: กรณีศึกษาจังหวัดเชียงใหม่. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, วันที่ 15-17 กรกฎาคม 2563, ชลบุรี

[11] สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2562). รายงานสถิติรายปีประเทศไทย 2562. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. ถนนแจ้งวัฒนะเขตหลักสี่, กรุงเทพมหานคร