

การวิเคราะห์การจราจรคนเดินเท้าในสถานีรถไฟฟ้าแบบยกระดับ:
กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าสยาม กรุงเทพมหานคร
Analysis of Pedestrian Traffic in Elevated Skytrain Station:
A Case Study Siam BTS Station in Bangkok

สายชล ผลโพธิ์¹ และศุภรัชชัย วรรัตน์^{2*}

Saichol Pholpho¹ and Suparatchai Vorarat²

¹นักศึกษาปริญญาเอก วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

¹Doctor of the College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University

²วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

²College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University

*Corresponding author E-mail: vorarat@dpu.ac.th

Received: August 16, 2023

Revised: October 7, 2023

Accepted: October 11, 2023

บทคัดย่อ

แนวโน้มของพลเมืองที่มีอัตราการเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของพื้นที่ไม่อาจขยายตัวออกได้ ส่งผลให้รถยนต์ส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะทางถนนไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ระบบขนส่งทางรางจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสม ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงการรถไฟฟ้าที่ช่วยให้โครงการมีประสิทธิภาพคือสถานีรถไฟฟ้าที่ใช้ในการจอดรับส่งผู้ให้บริการ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการจราจรคนเดินเท้าในสถานีรถไฟฟ้าแบบยกระดับ โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งแบบจำลองสามารถแสดงผลโครงข่ายการจราจรและรูปแบบการเดินทางของคนเดินเท้าให้สอดคล้องกับพื้นที่จริงได้ โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าที่ตรงกับสภาพพื้นที่จริง ให้ทราบถึงรูปแบบของชานชาลาแต่ละประเภททั้งแบบ 2 ชั้นและแบบ 3 ชั้น ที่มีรางรถไฟฟ้าอยู่กลางสถานีและแบบรางรถไฟฟ้าอยู่ริมสถานีที่มีจุดเด่นและจุดด้อยในการใช้เวลาเดินทางของผู้โดยสารภายในสถานีของแต่ละแบบ การวิจัยจะทำการศึกษาสถานีรถไฟฟ้าในแต่ละแบบเพื่อเปรียบเทียบให้ทราบถึงรูปแบบที่เหมาะสมในการใช้งาน โดยมีรูปแบบชานชาลาทั้งหมด 6 รูปแบบ และใช้สถานีสยามเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลอง ทั้งจำนวนผู้โดยสารขนาดความกว้างและความยาวทำการจำลองด้วยแบบจำลอง (PTV VISSIM) โดยการจำลองการเดินทางภายในสถานีแบ่งเป็น 3 แบบ แบบที่ 1 เป็นการเดินลงจากชานชาลาเพื่อต่อรถขนส่งสาธารณะ แบบที่ 2 เป็นการเดินขึ้นชานชาลาเพื่อขึ้นรถไฟฟ้า และแบบสุดท้ายเป็นแบบผู้โดยสารเดินขึ้น-เดินลง นำแบบจำลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากสถานีจริง ผลการวิจัยแบบที่ 1 เดินลงอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้น รูปแบบที่ 1 และ ชานชาลาแบบ 3 ชั้นรูปแบบที่ 6 ใช้เวลาน้อยสุด แบบที่ 2 เดินขึ้นอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้นรูปแบบที่ 1 และ ชานชาลาแบบ 3 ชั้นรูปแบบที่ 6 ใช้เวลาน้อยสุด แบบที่ 3 เดินขึ้น-ลง ชานชาลาแบบ 2 ชั้น รูปแบบที่ 2 และชานชาลาแบบ 3 ชั้นเป็นรูปแบบที่ 5 ใช้เวลาน้อยสุด

คำสำคัญ: การจราจรคนเดินเท้า แบบจำลอง PTV VISSIM สถานีรถไฟฟ้า

Abstract

The trend of increasing rates of citizens making the area's density undependable has resulted in personal cars and public transportation systems on the road not being developed as well as they should, so the railway transportation system is an appropriate option. A critical component of the tram project that enables the project to be efficient is the tram station used to park the service user. This research aims to analyze and compare pedestrian traffic at elevated train stations. Using simulation models, the model can display traffic networks and travel patterns of pedestrians to be consistent with the actual area by using input data that matches the actual area conditions. Be aware of the layout of each type of platform, both a 2-story model and a 3-story model with electric train tracks in the middle of the station and electric train tracks at the edge of the station, which have strengths and weaknesses in the use of passenger travel time within the station of each type. The research will study each type of train station to compare the appropriate format for use, with a total of six platform formats, and use Siam Station as a model for modeling both passenger numbers and width. The length is simulated with a model (PTV VISSIM) by simulating travel within the station, divided into three types. Type 1 involves walking down from the platform to connect to public transportation. The second type involves walking up to the platform to board the electric train, and the last type involves passengers walking up and down. The obtained model compares with the data surveyed from the actual location. Research results: Type 1: walk down only 2-story platforms; Type 1: 3-level platforms; and Type 6: take the least time. Type 2: Walk-up only; 2-story platform, type 1, and 3-level platform, type 6, use the least time; type 3 walks up and down the 2-story platform, type 2, and the 3-story platform, type 5, takes the least time.

Keywords: pedestrian traffic, models, PTV VISSIM, skytrain station



บทนำ

แผนในการส่งเสริมการก่อสร้างการขนส่งพื้นฐานงานระบบการเดินทางขนส่งที่เชื่อมโยงของประเทศในอีก 10 ปี ข้างหน้า มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากระบบพื้นราบไปสู่ขนส่งทางรางเนื่องจากเป็นโครงการมีต้นทุนของระบบการขนส่งต่อหน่วยไม่สูงมากและมีความสามารถในการขนส่งมวลชนได้จำนวนมาก อีกทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานและทำให้ลดการเกิดมลภาวะที่เกิดจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ รถไฟฟ้ายังใช้เป็นแม่แบบในการชี้้นำการปรับปรุงเมืองโดยการปรับปรุงระบบรางจะปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย

อีกทั้งใช้แก้ปัญหาความหนาแน่นของผู้พักอาศัยที่กระจุกตัวเฉพาะในเขตศูนย์กลางเมือง ถือเป็นการช่วยยกระดับความเป็นอยู่ของผู้อยู่คนโดยรวม (Inpayung, 2016) โครงข่ายระบบรถไฟฟ้าในประเทศไทยที่ใช้กันปัจจุบันเป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางในประเทศไทย เปิดให้ใช้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2542 โดยกรุงเทพมหานครเป็นเมืองแรกที่มีระบบรถไฟฟ้า ต่อด้วยเมืองนนทบุรี สมุทรปราการ และปทุมธานี ตามลำดับระบบการให้บริการทางรางเป็นระบบเดินทางที่มีประสิทธิภาพมีบทบาทสำคัญการแก้ไขการจราจรในเมืองขนาดใหญ่ที่เป็นจุดศูนย์รวมการปกครอง การศึกษา และการคมนาคมขนส่ง (The Mass Rapid Transit network in

Thailand, 2010) ดังนั้นระบบขนส่งทางรางจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสม ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงการรถไฟฟ้าที่ช่วยให้โครงการมีประสิทธิภาพ คือ สถานีรถไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดรับส่งผู้ให้บริการ การออกแบบสถานีรถไฟฟ้าออกแบบโดยคำนึงถึงให้หลบเลี่ยงสาธารณูปโภคใต้ดินและบนดิน และรักษาสภาพผิวจราจรบนถนนมากที่สุด โดยทั่วไปออกแบบจะมีโครงสร้างชนิดเสาเดี่ยวตั้งอยู่บริเวณบนเกาะกลาง เช่นเดียวกับโครงสร้างของทางวิ่งโดยทั่วไปโดยมีระยะห่างของแต่ละสถานีอยู่ที่ประมาณ 850-1,100 เมตร (BTS E-Library, 2020) โครงสร้างสถานีมีความยาวประมาณ 150 เมตร รูปแบบของสถานีแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบประกอบด้วย

1. ชานชาลาเกาะกลาง (island platform) มีลักษณะที่ชานชาลาตั้งอยู่ตรงกลาง โดยมีรางรถไฟฟ้าอยู่สองข้าง การก่อสร้างรูปแบบลักษณะนี้ค่อนข้างซับซ้อน คือ ต้องใช้รางรถไฟฟ้าแยกออกจากกันแต่มีการใช้งานได้คล่องตัวเพราะสะดวกในการเปลี่ยนขบวนรถหรือเปลี่ยนเส้นทางอาจไม่เหมาะกับสถานีที่มีผู้โดยสารพลุกพล่านหรือผู้โดยสารสูงทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับโดยผู้โดยสารทั้งสองทิศทางจะใช้พื้นที่ร่วมกันและเกิดความสับสนในชั่วโมงเร่งด่วนได้

2. ชานชาลาแบบข้าง Side Platform Station มีลักษณะชานชาลาอยู่ทั้งสองฝั่งโดยรถไฟฟ้าวิ่งอยู่ตรงกลาง โดยทั่วไปได้ออกแบบให้มีลักษณะแบบนี้ เนื่องจากทำการสร้างได้อย่างรวดเร็วและใช้เนื้อที่ทำงานน้อย ใช้ในสถานีรถไฟฟ้า BTS ทั่วไปยกเว้นสถานีสยาม สถานีสำโรง สถานีห้าแยกตลาดพร้าวและสถานีวัดพระศรีฯ

3. ชานชาลาต่างระดับหรือชานชาลาซ้อนกัน (split platform) ลักษณะสถานีรถไฟฟ้าซึ่งมี 2 ชานชาลาอยู่คนละระดับ การก่อสร้างชานชาลาลักษณะนี้ซับซ้อนยุ่งยากต้องใช้รางไฟฟ้าคู่ โดยลดและเพิ่มระดับออกจากกันจะใช้ชานชาลาแบบนี้ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่ในการก่อสร้างเพียงพอ เนื่องจากมีระบบสาธารณูปโภคใต้ดินบังคับบดบังเช่น มีสถานีรถไฟฟ้าอยู่ใต้ดิน มีข้อจำกัดจากท่ออุโมงค์ส่งน้ำ เสาเข็มยาวของสะพานลอยและอาคารสูง สถานีรถไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ระบบขนส่งเกิดการสิ้นเปลืองตัว (Parthiban & Archana, 2020) ช่วยไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโควิด 19 ที่เกิดจากการแออัดยัดเยียดของ

การขึ้นและลงของผู้โดยสาร (Sun et al., 2021) อีกทั้งยังเกิดการคล่องตัวยามเกิดอุบัติเหตุเพลิงไหม้ในสถานี (Lo & Wang, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับปัจจุบันในชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานการระบายผู้โดยสารเป็นไปด้วยความล่าช้า

งานวิจัยนี้ได้มีการนำซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองคนเดินเท้าจำลองการจราจรคนเดินเท้าภายในสถานีรถไฟฟ้าโดยซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้คือซอฟต์แวร์ PTV VISSIM ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้จำลองสถานการณ์ของการจราจรคนเดินเท้าภายในสถานีรถไฟฟ้าในรูปแบบ 3 มิติ โดยจะสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ อาศัยสิ่งอำนวยความสะดวกของคนเดินและสิ่งกีดขวางเพื่อช่วยตรวจสอบการทำงานของระบบจราจรของคนเดินเท้าในสถานการณ์ต่าง ๆ ให้มีสถานการณ์ที่ใกล้เคียงของจริง

Srithaso and Karunsunthawong (2021) ผู้วิจัยใช้ PTV VISSIM จำลองสถานการณ์ 2 รูปแบบ เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยงานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองสถานการณ์รูปแบบปัจจุบันเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 และทำการวัดผลโดยใช้ตัวชี้วัด คือ ผลรวมของเวลาในแถวคอยเฉลี่ย (Petchan & Karoonsoontawong, 2020)

ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้สถานีรถไฟฟ้าสยามเป็นสถานีอ้างอิง โดยมีขนาดและส่วนประกอบภายในเหมือนกับสถานีสยาม และเปลี่ยนแปลงชานชาลาและรางวิ่งตามรูปแบบได้กำหนดไว้ทั้ง 6 แบบ เพื่อให้การเปรียบเทียบของสถานีแต่ละแบบมีความใกล้เคียงกัน เส้นทางเดินของผู้โดยสารภายในแบบจำลองสถานีรถไฟฟ้าเป็นการจำลองเส้นทางที่ผู้โดยสารเดินภายในสถานี การตัดสินใจเลือกใช้บริการที่จุดต่าง ๆ เช่น ตู้ขายบัตรโดยสารอัตโนมัติหรือห้องขายบัตรโดยสาร บันไดหรือบันไดเลื่อน และเกท เป็นต้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

เมื่อผู้โดยสารเดินทางเข้ามาในสถานี (A01) จะต้องเลือกเส้นทาง (B01) ว่า จะเดินไปซื้อบัตรโดยสารที่ห้องขายบัตรโดยสารหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะเดินไปยังห้องขายบัตรโดยสาร (C01) แต่ถ้าไม่ก็จะเดินไปที่เครื่องขายบัตรโดยสารอัตโนมัติ (C02) เมื่อผู้โดยสารซื้อบัตรโดยสารเสร็จแล้วก็

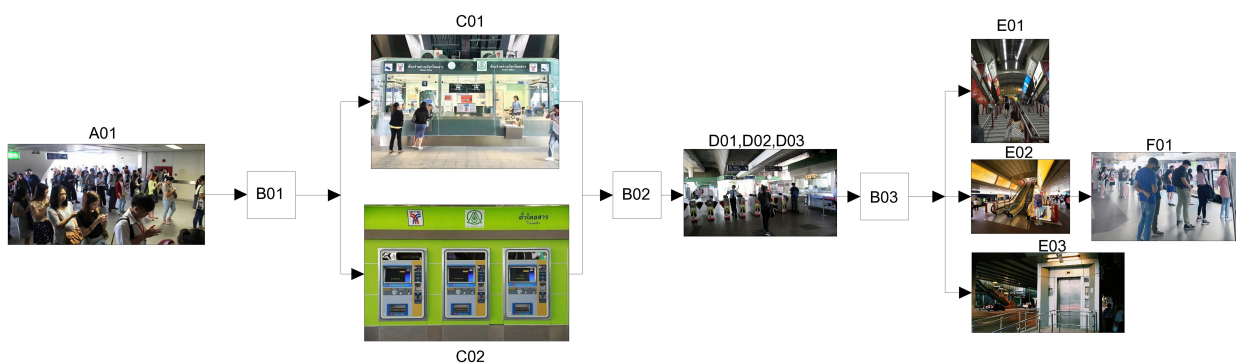
จะต้องเลือกเส้นทาง (B02) ว่า จะเดินไปเครื่องตรวจบัตรโดยสารอัตโนมัติที่ 1 (D01) หรือเครื่องตรวจบัตรโดยสารอัตโนมัติที่ 2 (D02) หรือเครื่องตรวจบัตรโดยสารอัตโนมัติที่ 3 (D03) เมื่อเดินผ่านเครื่องตรวจบัตรโดยสารเข้ามาแล้ว ผู้โดยสารจะเลือกเส้นทาง (B03) ว่า จะเดินขึ้นบันได (E01) หรือบันไดเลื่อน (E02) หรือลิฟต์ (E03) จากนั้นผู้โดยสารก็จะเดินไปยังจุดรอรถไฟที่ระดับสำหรับรถไฟฟ้ามหานคร-ส่งผู้โดยสาร (F01) ดังแสดงในภาพ 1

เมื่อผู้โดยสารลงจากรถไฟฟ้า (G01) ต้องเลือกเส้นทาง (B01) ว่า เลือกจะลงบันได (E01) หรือลงบันไดเลื่อน (E02) หรือลงลิฟต์ (E03) จากนั้น ผู้โดยสารจะเลือกเส้นทาง (B02) เลือกว่า จะออกจากสถานีที่ประตูทางออกที่ 1 (H01) หรือประตูทางออกที่ 2 (H02) หรือทางออกที่ 3 (H03) หรือทางออกที่ 4 (H04) เมื่อผู้โดยสารเลือกเส้นทางได้แล้วจึงเดินไปยังฝั่งที่จะออก

แล้วจึงตัดสินใจ (B03) เลือกว่า จะแลกบัตรโดยสารที่เครื่องตรวจบัตรโดยสารที่ 1 (I01) หรือเครื่องตรวจบัตรโดยสารที่ 2 (I02) หรือเครื่องตรวจบัตรโดยสารที่ 3 (I03) เมื่อแลกบัตรโดยสารเสร็จแล้วผู้โดยสารจึงเดินไปยังทางออกที่ต้องการ และจะต้องตัดสินใจ (B04) ว่า จะลงบันได (E01) ไขว่หรือไม่ ถ้าไขว่ก็จะเดินลงบันได แต่ถ้าไม่ก็จะเดินลงบันไดเลื่อน (E02) หรือใช้ลิฟต์ (E03) แล้วจึงออกจากสถานี (J01) ดังแสดงในภาพ 2

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสม มีการจราจรภายในที่ลื่นไหลคล่องตัว ผู้ใช้บริการไม่แออัดยัดเยียด



ภาพ 1 เส้นทางเดินเข้าใช้บริการของผู้โดยสาร

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบให้ได้รูปแบบที่ดีที่สุดใช้งานได้คล่องตัว

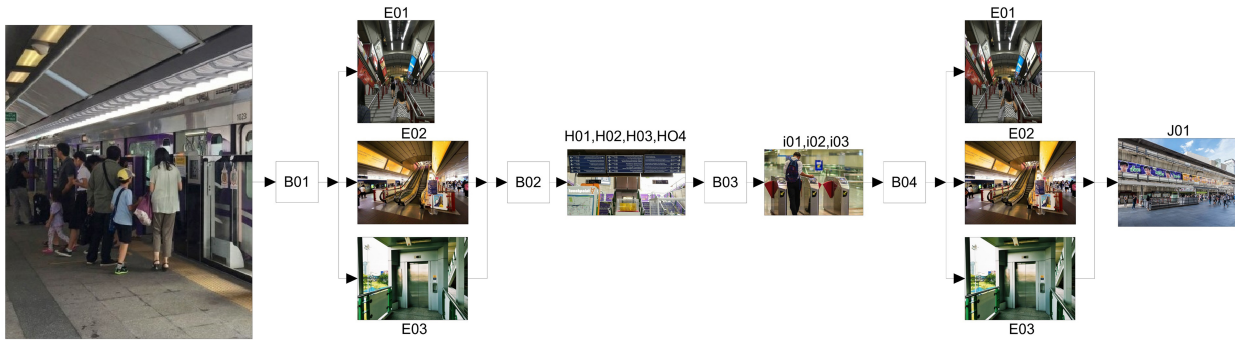
3. เพื่อศึกษาข้อดีและข้อเสียของสถานีรถไฟฟ้ามหานครรูปแบบ

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

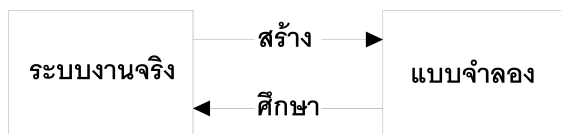
การจำลองสถานการณ์ (simulation) เป็นการจำลองเหตุการณ์ วิธีการหรือระบบงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมเนื่องจากในการทำงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้ การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิจัยงานเชิงระบบเนื่องจากสามารถวัดค่าผลกระทบเชิงปริมาณ

แนวคิดและทฤษฎีแบบจำลอง

การจำลอง (simulation) เป็นการหาคำตอบที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง เนื่องจากเทคนิคการจำลองสถานการณ์มีการปรับเปลี่ยนได้สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคในการหาคำตอบอื่น ๆ การจำลองระบบ หมายถึงกระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (model) ของระบบงานจริงแล้วทำการทดลองใช้ต้นแบบจำลองนั้น เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างระบบงานจริงกับแบบจำลองดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 2 เส้นทางเดินออกจากสถานีของผู้โดยสาร



ภาพ 3 การทดลองด้วยการจำลอง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจราจรคนเดินเท้า ประกอบด้วย

คนเดิน (pedestrian) คือ คนที่เดินทางเคลื่อนที่ด้วยเท้าไปยังสถานที่ต่าง ๆ โดยไม่ใช้เครื่องทุ่นแรงหรือยานพาหนะ ทุกคนมีการเลือกการเดินที่จะไปหรือความเร็วในการเดินต่างกันไปตามองค์ประกอบและความต้องการของแต่ละคน โดยจะหลบสิ่งกีดขวางเพื่อให้ไปถึงยังจุดหมายให้เร็วที่สุด เช่น กลุ่มคนเดินเท้าด้วยกันเอง กลุ่มคนเดินที่เคลื่อนที่สวนทางกัน และกลุ่มคนเดินมีความเร็วในการเคลื่อนที่น้อยกว่าตัวคนเดิน

ความเร็วสำหรับคนเดิน (pedestrian speed) คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย โดยปกติคนเดินจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่ที่ 0.9-1.4m/s

ความหนาแน่นสำหรับคนเดิน (pedestrian density) การวัดจำนวนของคนเดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่การบริการลดลง โดยเก็บข้อมูลได้โดยการวัดจำนวนของพื้นที่ของทางเดินและสิ่งอำนวยความสะดวกในพื้นที่ตัวอย่าง จากนั้นทำการกำหนดจำนวนสูงสุดของคนเดินที่จะทำการเก็บตัวอย่างข้อมูลในช่องตามระยะเวลาที่กำหนด

อัตราการไหลของคนเดิน (pedestrian flow rate) เป็นปริมาณที่คนเดินผ่านพื้นที่หนึ่งต่อหน่วยเวลา

ซึ่งมีจุดที่กำหนดเป็นเส้นตั้งฉากกับความกว้างของทางเดิน การหาการคล่องตัวของคนเดินจะแบ่งเป็นช่องละ 15 นาที ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์การคล่องตัว เพื่อหาค่าการไหลของคนเดินสูงสุดที่ 15 นาที

ความต้องการพื้นที่ในการเดินทางของคนเดินเท้า (pedestrian space) คือ พื้นที่ที่คนเดินใช้ในการเดินของแต่ละคน คนทุกคนต้องการใช้พื้นที่ในการยืนและการเดิน โดยคนแต่ละคนต้องการพื้นที่ในการเดินเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อยืนเป็นรูปวงรี โดยพื้นที่ที่คนเดินใช้ในการเดินแล้วสะดวกสบายที่สุดประมาณ 0.65–0.93 m/ped (Noiruen, 2020)

แนวคิดและพฤติกรรมแบบจำลอง

การเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ภายใต้แรงกระทำรอบข้าง (social force) โดยที่แรงกระทำรอบข้างเกี่ยวข้องกับควบคุมพฤติกรรมของคนซึ่งไม่สามารถคาดเดาได้ มีลักษณะเป็นปัจเจกต่อกันหรืออิสระต่อกัน คนเดินเท้าในระบบต่างมีอิทธิพลต่อกัน และปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา (Petchan & Karoonsoontawong, 2020) โดยแรงกระทำรอบข้างนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งเป็นแรงอันเนื่องมาจากปัจจัยแวดล้อมของคนเดินเท้าขณะนั้น เช่น ระยะห่างกับคนรอบข้าง ระยะห่างระหว่างอุปสรรคสิ่งกีดขวาง หรือแรงดึงดูดจากคนรอบข้างในระบบ รวมไปถึงเป้าหมายที่ต้องการเดินทางของคนเดินเท้าด้วย ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของคนเดินเท้านั้นประกอบด้วย ความเร็วของคนเดินเท้า (velocity) แรงกระทำรอบข้าง (social force) เวลาผ่อนคลาย (relaxation time) ผลจากการดึงดูด (attraction effect) เป็นต้น

แนวคิดและทฤษฎีแถวคอยการเกิดคิว (queuing) หรือแถวคอย (waiting lines) เป็นสิ่งที่พบเห็นได้เสมอในระบบงานต่าง ๆ และในชีวิตประจำวัน เช่น ต่อแถวเพื่อซื้อตัวชมภาพยนตร์ การติดต่อเกี่ยวกับการเงินกับธนาคาร เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นสิ่งที่ทุกคนมีความคุ้นเคยและตอบรับกับการรอคิวในแถวคอยเสมอ แม้ว่าจะมีความไม่สะดวกสบายเกิดขึ้นสำหรับการรอคอยที่ใช้เวลานาน ทฤษฎีแถวคอย (queuing theory) เป็นการศึกษาการรอคอยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหรือระบบงานที่สนใจ โดยดำเนินการสร้างตัวแบบแถวคอยที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของระบบแถวคอยต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ โดยที่สูตรที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในแต่ละตัวแบบจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของแถวคอยที่เหมาะสมที่สุดภายใต้สถานการณ์นั้น ๆ ที่เกิดขึ้นจริง (Khatiyasoontron & Kronprasert, 2019) กระบวนการรอคอยจะประกอบด้วย เหตุการณ์หลาย ๆ อย่างรวมกัน เช่น การมาถึง (arrivals) ของผู้เข้ามาใช้บริการ การเข้าแถวเพื่อรอรับบริการ การเข้าใช้บริการ และการจากไป โดยที่วิธีการจะเริ่มต้นจากการที่มีผู้เข้ามาใช้บริการ (call population) หรือที่เรียกว่า “ลูกค้า” โดยเข้ามาในระบบของแถวคอยเพื่อมารับบริการ ซึ่งถ้าหน่วยให้บริการว่าง (service mechanism) ผู้ที่มารับบริการก็จะได้รับบริการทันทีจนเสร็จแล้วจึงออกไปจากระบบแถวคอย แต่ถ้าหน่วยให้บริการกำลังให้บริการลูกค้าคนอื่นอยู่ ผู้เข้ามาใช้บริการที่เข้ามาใหม่ก็ต้องเข้าแถวคอย (queue) เพื่อรอรับบริการตามลำดับ สำหรับพวกที่อยู่ในแถวคอยจะได้บริการตามกฎระเบียบของการให้บริการแถวคอย (queue discipline) นั้น ๆ ซึ่งระบบแถวคอยโดยทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วยประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ลูกค้าหรือผู้เข้ามาใช้บริการ แถวคอย หน่วยให้บริการ หรือผู้ให้บริการ เมื่อนำปัจจัยทั้ง 3 ส่วนมารวมกัน สามารถเขียนเป็นโครงสร้างของระบบแถวคอยได้ ดังแสดงภาพ 4

ลูกค้าหรือผู้เข้ามาใช้บริการ ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า คือ จำนวนประชากร และลักษณะการเข้ามาใช้บริการแถวคอย ลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับแถวคอย คือ ความยาวของแถวคอย และรูปแบบการจัดระบบแถวคอย หน่วยให้บริการ ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับหน่วยให้บริการ ได้แก่ ระเบียบการใช้งานและลักษณะการใช้งาน

แบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาค (microscopic pedestrian traffic simulation) แบบจำลองการจราจรสามารถพัฒนาโครงข่ายการจราจรสำหรับคนเดินและจำลองพฤติกรรมต่าง ๆ ของคนเดินให้สอดคล้องกับพื้นที่จริง ในส่วนการวิจัยนี้ได้เลือกแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคด้วยซอฟต์แวร์ PTV VISSIM เป็นซอฟต์แวร์แบบจำลองระดับจุลภาคที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้จำลองพฤติกรรมสำหรับคนเดินเท้า ซอฟต์แวร์ PTV VISSIM เป็นโปรแกรมจำลองด้านการจราจรในเครือ PTV GROUP สำหรับ PTV VISSIM ใช้ในการจำลองลักษณะของคนเดินที่ให้ความเหมือนจริงและมีการแสดงผลที่มีประสิทธิภาพที่ถูกต้องและมีคุณสมบัติที่หลากหลายสามารถยืดหยุ่นตามสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริง (Kirimatthong, Pitchayapan & Kornprasert, 2020)

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบสถานี ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ต้นแบบจากสถานีรถไฟฟ้า BTS สยาม โดยใช้ขนาดความกว้างยาวของสถานีนำมาทำแบบจำลองการจราจรภายในสถานีโดยความยาวอยู่ที่ 192 เมตร และความกว้างอยู่ที่ 25 เมตร มีทั้งหมด 6 รูปแบบ มีทั้งแบบ 2 ระดับและแบบ 3 ระดับ ดังแสดงในตาราง 1

รูปแบบที่ 1 (T-1) ประกอบด้วยชั้นที่ 1 ระดับจำหน่ายบัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟที่อยู่ริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ดังแสดงในภาพ 5-6

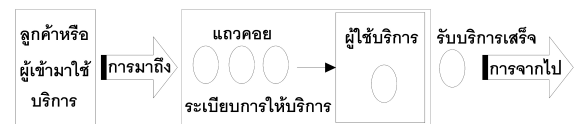
รูปแบบที่ 2 (T-2) ประกอบด้วยชั้นที่ 1 ระดับจำหน่ายบัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟอยู่ตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ดังแสดงในภาพ 7-8

รูปแบบที่ 3 (T-3) ประกอบด้วยชั้นที่ 1 ระดับจำหน่ายบัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟอยู่ตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ชั้นที่ 3 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟที่อยู่ริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ดังแสดงในภาพ 9-11

รูปแบบที่ 4 (T-4) ประกอบด้วยชั้นที่ 1 จำหน่าย บัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ดังแสดงในภาพ 12-14

รูปแบบที่ 5 (T-5)ประกอบด้วยชั้นที่ 1 จำหน่ายบัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ดังแสดงในภาพ 15-17

แบบที่ 6 (T-6) ประกอบด้วยชั้นที่ 1 จำหน่ายบัตรโดยสาร ชั้นที่ 2 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ชั้นที่ 3 เป็นระดับชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ดังแสดงในภาพ 18-20

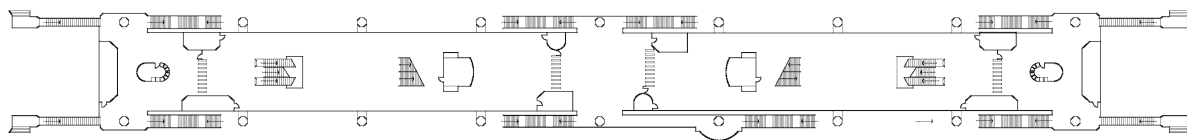


ภาพ 4 โครงสร้างพื้นฐานระบบแถวคอย

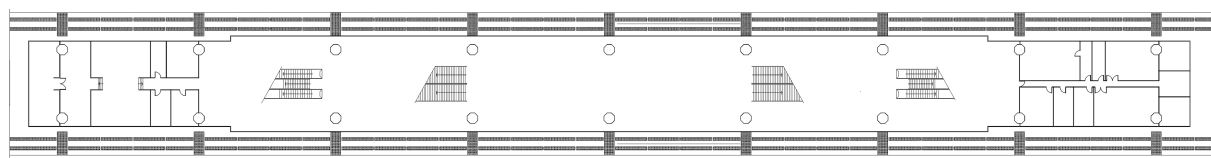
ตาราง 1

รูปแบบชานชาลา

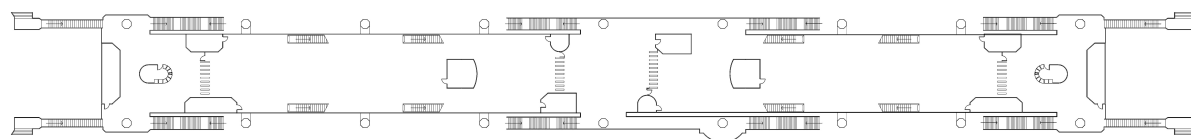
รูปแบบ	ลักษณะชานชาลา	อักษรย่อ
รูปแบบที่ 1	มีจำนวน 2 ชั้น ชั้นที่ 1 ชั้นจำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง	T-1
รูปแบบที่ 2	มีจำนวน 2 ชั้น ชั้นที่ 1 จำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน	T-2
รูปแบบที่ 3	มีจำนวน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ชั้นจำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง	T-3
รูปแบบที่ 4	มีจำนวน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 จำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน	T-4
รูปแบบที่ 5	มีจำนวน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ชั้นจำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมตรงกลาง ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ริมทั้งสองด้าน	T-5
รูปแบบที่ 6	มีจำนวน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ชั้นจำหน่ายตั๋ว ชั้นที่ 2 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาทางรถไฟฟ้ายูริมทั้งสองด้าน ชานชาลาสำหรับขึ้นลงอยู่ตรงกลาง	T-6



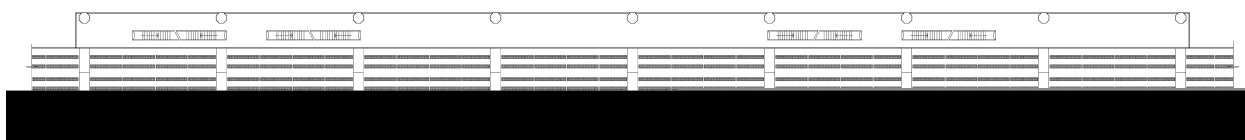
ภาพ 5 (T-1) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



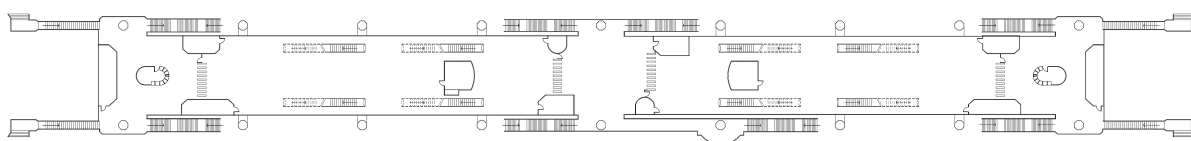
ภาพ 6 (T-1) ขานขาลาชั้นที่ 2 (ขาลาอยู่กลาง รางรถไฟอยู่ริม)



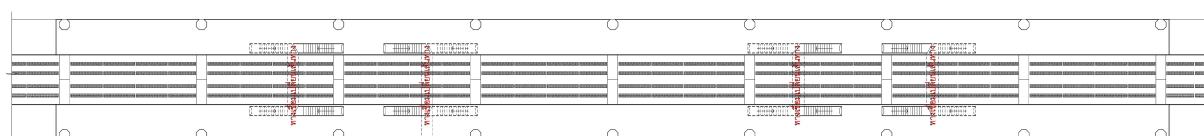
ภาพ 7 (T-2) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



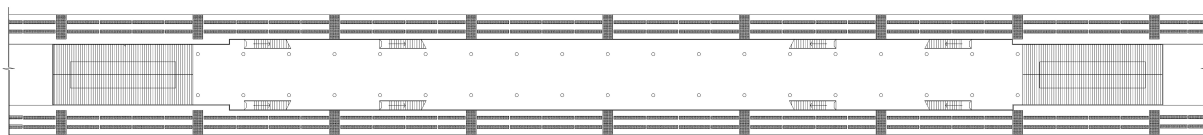
ภาพ 8 (T-2) ขานขาลาชั้น 2 (ขานขาลาอยู่ริม รางรถไฟอยู่กลาง)



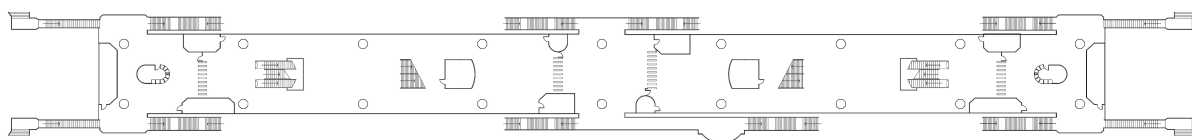
ภาพ 9 (T-3) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



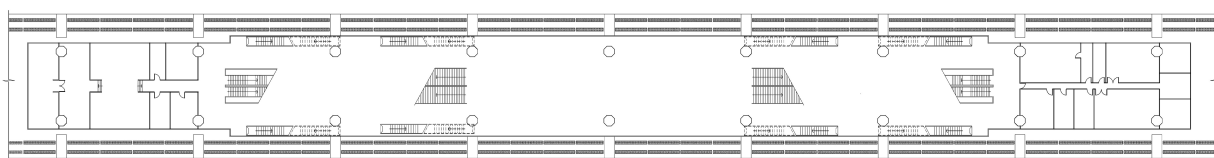
ภาพ 10 (T-3) ขานขาลาชั้น 2 (ขานขาลาอยู่ริม รางรถไฟอยู่กลาง)



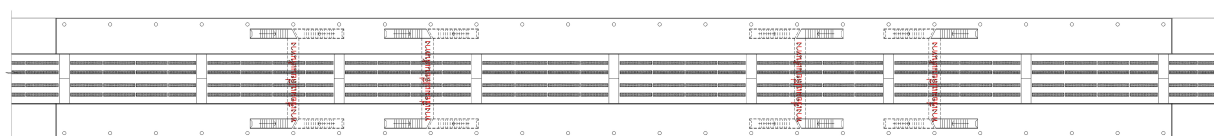
ภาพ 11 (T-3) ขานขาลาชั้น 3 (ขานขาลาอยู่กลาง รางรถไฟอยู่ริม)



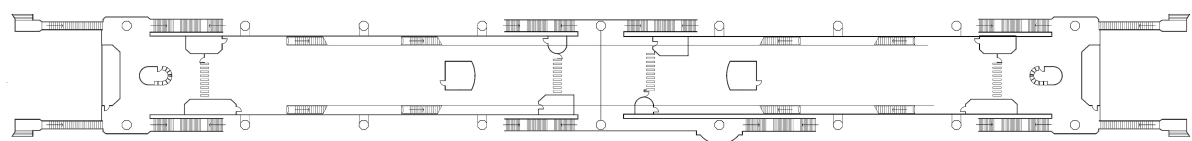
ภาพ 12 (T-4) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



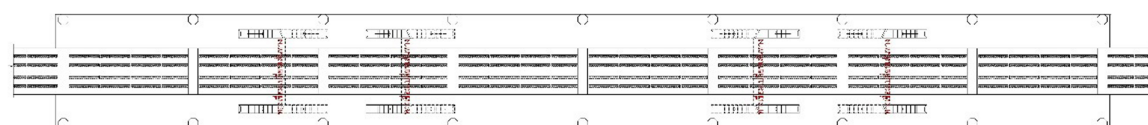
ภาพ 13 (T-4) ขานขาลาชั้น 2 (ขานขาลาอยู่กลาง รางรถไฟอยู่ริม)



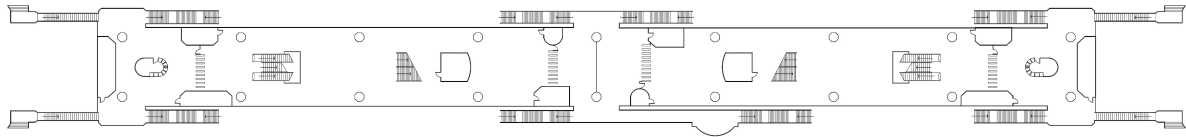
ภาพ 14 (T-4) ขานขาลาชั้น 3 (ขานขาลาอยู่ริม รางรถไฟอยู่กลาง)



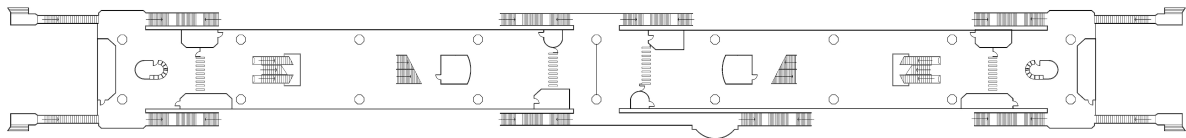
ภาพ 15 (T-5) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



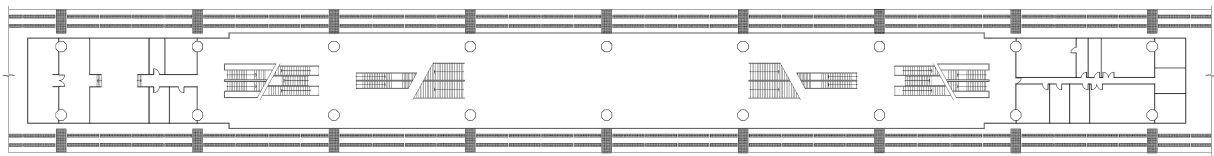
ภาพ 16 (T-5) ขานขาลาชั้น 2 (ขานขาลาอยู่ริม รางรถไฟอยู่กลาง)



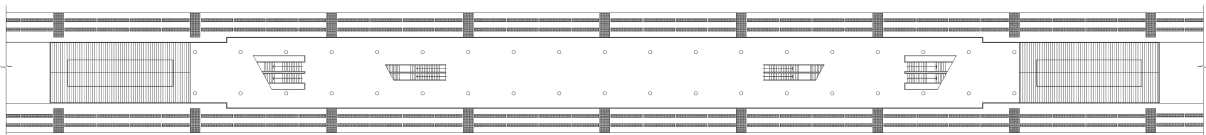
ภาพ 17 (T-5) ชานชาลาชั้น 3 (ชานชาลาอยู่ริม รางรถไฟอยู่กลาง)



ภาพ 18 (T-6) ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร



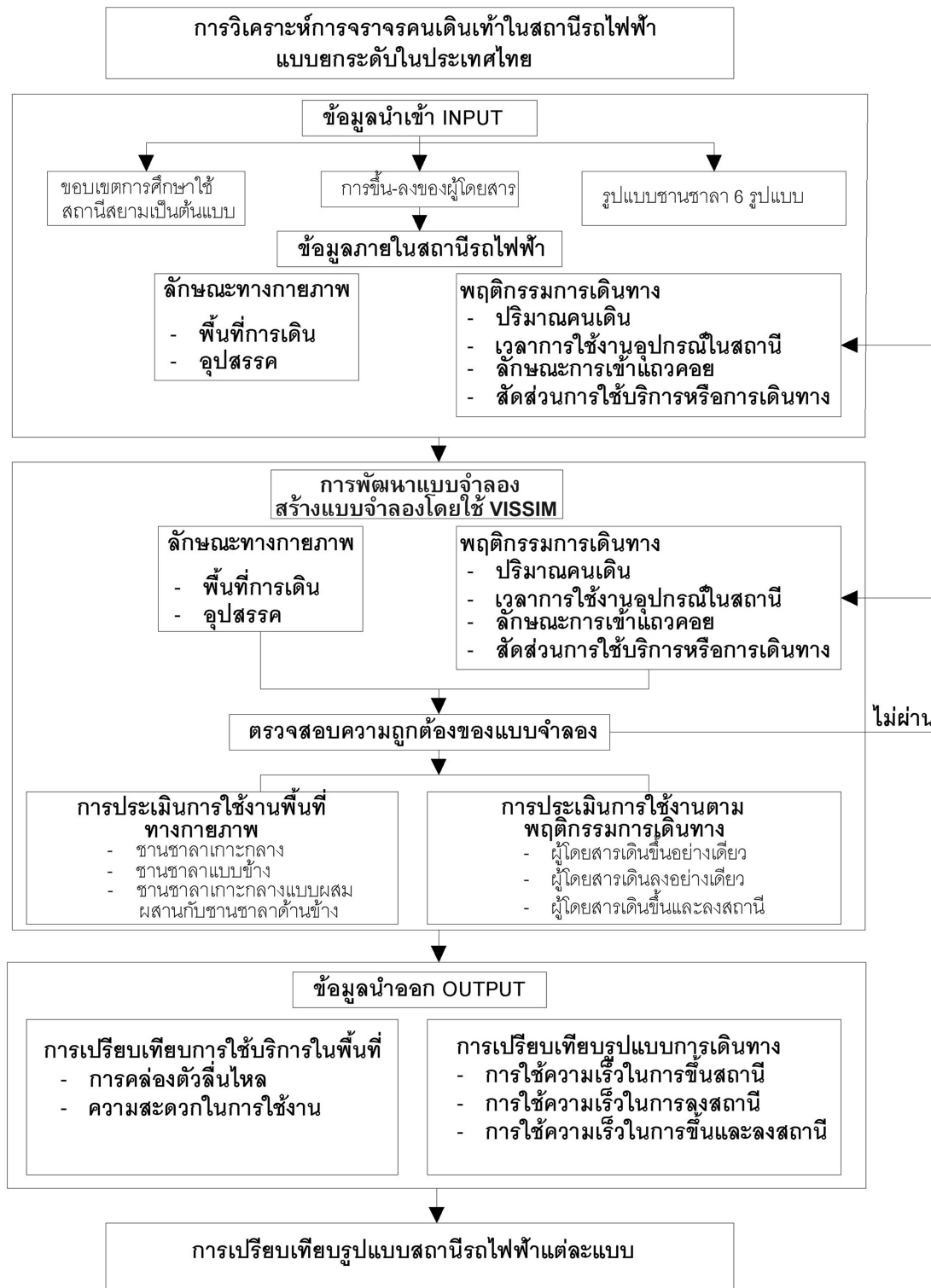
ภาพ 19 (T-6) ชานชาลาชั้น 2 (ชานชาลาอยู่กลาง รางรถไฟอยู่ริม)



ภาพ 20 (T-6) ชานชาลาชั้น 3 (ชานชาลาอยู่กลาง รางรถไฟอยู่ริม)



ภาพ 21 แบบจำลองที่สร้างในซอฟต์แวร์ PTV VISSIM



ภาพ 22 ขั้นตอนการศึกษา

การพัฒนาแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลองการเดินทางด้วยซอฟต์แวร์ PTV VISSIM และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการเดินทางภายในสถานีรถไฟฟ้า และนำผลการวิเคราะห์มาทำการเปรียบเทียบ ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง การดำเนินการของการให้บริการช่องทางจำหน่ายบัตรโดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้าได้แบ่งขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองนำเข้าข้อมูล ขั้นตอนการพัฒนาลักษณะทางกายภาพในแบบจำลองลักษณะทางกายภาพในการสร้างแบบจำลองคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ พื้นที่คนเดิน (areas/ pedestrian areas) เป็นพื้นที่ที่สามารถเดินได้ โดยมีความกว้างของพื้นที่ในการเดินไม่น้อยกว่า 0.4 เมตร อุปสรรค (obstacles) เป็นสิ่งกีดขวางในการเดินทางของคนเดินในแบบจำลอง ซึ่งไม่สามารถเดินผ่านได้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม PTV VISSIM สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์คนเดินเท้าโดยการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ภายใต้แรงทางสังคม (social force) คนเดินเท้าภายในระบบต่างมีอิทธิพลต่อกัน จากแรงทางด้านสังคม (social force) แรงทางด้านจิตวิทยา (psychological force) และแรงทางด้านกายภาพ (physical force) รวมกันเป็นพลังงานรวม (total force) เรียกว่า แบบจำลองทางสังคม (social force model) ซึ่งเป็นแนวคิดของ Dirk Helbing (Helbing et al., 1995) และด้วยความสามารถของโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง จึงง่ายต่อการจำลองและการวิเคราะห์คนเดินในสถานการณ์ต่าง ๆ การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาของระบบขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจึงมีความสำคัญ ตัวแบบจำลองจะต้องสามารถวัดผลได้จริงเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลได้ การเปรียบเทียบแบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลองนั้นเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมากในการทำแบบจำลองโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรบางตัวในแบบจำลองเพื่อทำให้ผลลัพธ์มีค่าที่ใกล้เคียงเสมือนจริงกับค่าที่ได้จากการไปสำรวจข้อมูล โดยการนำผลลัพธ์เหล่านั้นมาทำการสอบเทียบข้อมูลแบบจำลองของระบบโดยผลลัพธ์นั้น ๆ จะต้องผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อที่สามารถยอมรับได้ว่าแบบจำลองสามารถอ้างอิงระบบในโลกความจริงได้ หลังจากนั้นจึงจะสามารถนำแบบจำลองเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์อื่น ๆ ต่อไป โดยในงานวิจัยนี้ จะทำการสอบเทียบเวลาของคนเดินในทางเดินปกติ เกณฑ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบ

จำลองนั้นจะนำหลักการทางสถิติมาช่วยในการหาผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสมของแบบจำลองนั้น ๆ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการประเมินผลด้วย MAD MSE และ MAPE

ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation--MAD) เป็นการวัดค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ที่วัดความผิดพลาดในหน่วยเดียวกันกับข้อมูลอนุกรมเวลา มีรูปแบบสมการดังนี้

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (1)$$

ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error--MSE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยแก้ปัญหาวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด โดยพิจารณาระหว่างความแตกต่างข้อมูลสำรวจกับแบบจำลองโดยวิธียกกำลังสองรูปแบบสมการดังนี้

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (2)$$

ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error--MAPE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์โดยไม่คำนึงถึงค่าผลลัพธ์ที่ได้ต่ำมีความแม่นยำ

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

F_t = ค่าที่ได้จากการสำรวจ

A_t = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

n = จำนวนข้อมูล

ค่าที่ได้จากการเดินในทางเดินปกติจากการสำรวจที่สถานีรถไฟฟ้าสยามโดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 120 ตัวอย่าง ได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลในวันทำงาน จันทร์-ศุกร์ ช่วงเวลา 06.30-08.30 น. และ 17.00-19.30 น. ซึ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนของผู้โดยสารใช้บริการหนาแน่นและนำข้อมูลการสำรวจที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ยความเร็วของ

คนเดิน MAD MSE และ MAPE มาทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ได้ค่าที่ยอมรับได้ในการปรับพารามิเตอร์ของซอฟต์แวร์ให้เกิดความเสมือนจริงของการเคลื่อนที่ในแบบจำลองดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2

ตารางแสดงการสอบเทียบแบบจำลองกับค่าระยะเวลาการเดินทางในทางเดินปกติจากการสำรวจ

เพศ	สำรวจ	Model	MAD	MSE	MAPE
ชาย	121 (m/s)	122 (m/s)	0.047	0.003	3.880
หญิง	118 (m/s)	119 (m/s)	0.047	0.004	4.030
ชาย & หญิง	119 (m/s)	120 (m/s)	0.023	0.002	1.940

ผลการวิจัย

ความแออัดยัดเยียดของสถานีรถไฟฟ้าในชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานสิ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหา คือ การระบายผู้โดยสารให้ขึ้นไหลสถานีรถไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้การจราจรภายในเกิดการคล่องตัวการใช้ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ได้เห็นการจราจรภายในหลายมิติตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ความคล่องตัวของการจราจรการเปรียบเทียบรูปแบบต่าง ๆ และข้อเสียของแต่ละรูปแบบผ่านการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบการเคลื่อนไหวเสมือนจริง จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือประสิทธิภาพการจราจรคนเดินเท้าภายในสถานีรถไฟฟ้าแต่ละรูปแบบที่มีการสัญจรภายในที่ขึ้นไหลและถึงที่จุดหมายได้อย่างรวดเร็ว โดยการกำหนดการเดินทางของผู้โดยสารเป็นแบบที่ 1 กำหนดให้ผู้โดยสารเดินลงรถไฟฟ้าอย่างเดียวถ้าเป็นแบบขานชาลา 2 ขึ้นจะมีผู้โดยสารลงจากรถไฟฟ้าชั้นบนเพื่อลงต่อรถสาธารณะที่ชั้นล่างในขณะเดียวกันถ้าเป็นแบบ 3 ขึ้นจะมีผู้โดยสารลงจากรถไฟฟ้าชั้นที่ 3 เพื่อมาต่อรถไฟฟ้าที่ชั้น 2 หรือลงชั้นล่างเพื่อต่อรถสาธารณะซึ่งจะทำให้การจราจรไปในทิศทางเดียวกันเกิดความคล่องตัวสำหรับแบบที่ 2 กำหนดให้ผู้โดยสารขึ้นรถไฟฟ้าอย่างเดียวผู้โดยสารจะขึ้นจากระดับล่างและระดับที่ 2 ที่เป็นจุดจอดรถขนส่งสาธารณะและจุดจอดรถไฟฟ้าเพื่อมาขึ้นรถไฟฟ้าในชั้นที่

2-3 และแบบที่ 3 กำหนดให้ผู้โดยสารขึ้นและลงรถไฟฟ้าตามการใช้งานจริง โดยจะมีการขึ้นและลงตามการใช้งานจริงผลการทดลองที่ได้แสดงรายละเอียด ดังนี้

แบบที่ 1 ผู้โดยสารจะเดินลงอย่างเดียวจากรถไฟฟ้าที่จุดจอดชั้นที่ 2-3 จนถึงจุดปลายทางที่จุดจอดรถประจำทางระดับล่าง หรือต่อรถไฟฟ้าที่ชั้นที่ 2 ผลการทดลองที่ได้แสดงในตาราง 3

แบบที่ 2 ผู้โดยสารจะขึ้นจากระดับล่างและระดับที่ 2 ที่เป็นจุดจอดรถขนส่งสาธารณะและรถไฟฟ้าเพื่อมาขึ้นรถไฟฟ้าระดับที่ 2-3 ผลการทดลองที่ได้แสดงในตาราง 4

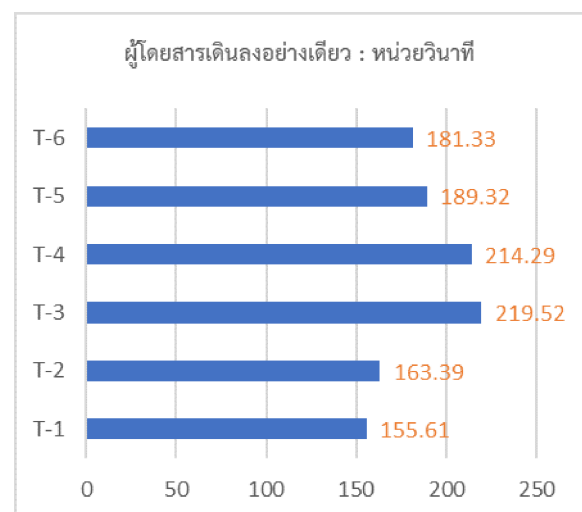
แบบที่ 3 ผู้โดยสารจะเดินขึ้นจากการซื้อตั๋วขึ้นล่างเพื่อมาขึ้นรถไฟฟ้าชั้นที่ 2-3 ซึ่งเป็นจุดขึ้น-ลงรถไฟฟ้าในขณะเดียวกันชั้นที่ 2-3 ก็จะมีผู้โดยสารขึ้นหรือลงจากรถไฟฟ้าโดยจะลงไปต่อรถชั้นที่ 2 หรือลงชั้นล่างเพื่อนั่งรถขนส่งสาธารณะเช่นกัน ตามรูปแบบของขานชาลาแต่ละชนิดผลการทดลองที่ได้ ดังแสดงในตาราง 5

นำผลการทดลองมารวมเป็นกราฟไว้ในชุดเดียวกัน (ดังแสดงในภาพ 26)

ตาราง 3

แสดงค่าผู้ให้บริการเดินลงอย่างเดียว: หน่วยวินาที

รูปแบบ	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
เวลาเดินลง	155.61	163.39	219.52	214.29	189.32	181.38

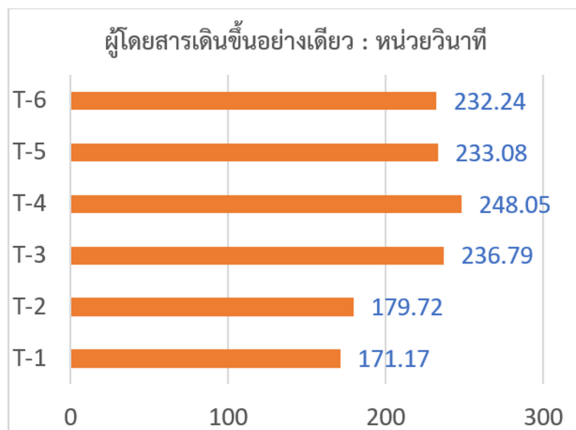


ภาพ 23 กราฟแสดงเวลาผู้โดยสารเดินลงอย่างเดียว: หน่วยวินาที

ตาราง 4

แสดงเวลาผู้โดยสารเดินขึ้นอย่างเดียว: หน่วยวินาที

รูปแบบ	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
เวลาเดินขึ้น	171.17	179.72	236.79	248.05	233.08	232.24

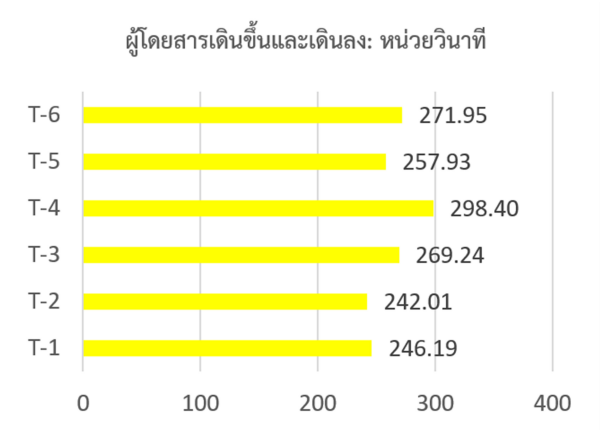


ภาพ 24 กราฟแสดงเวลาผู้โดยสารเดินขึ้นอย่างเดียว: หน่วยวินาที

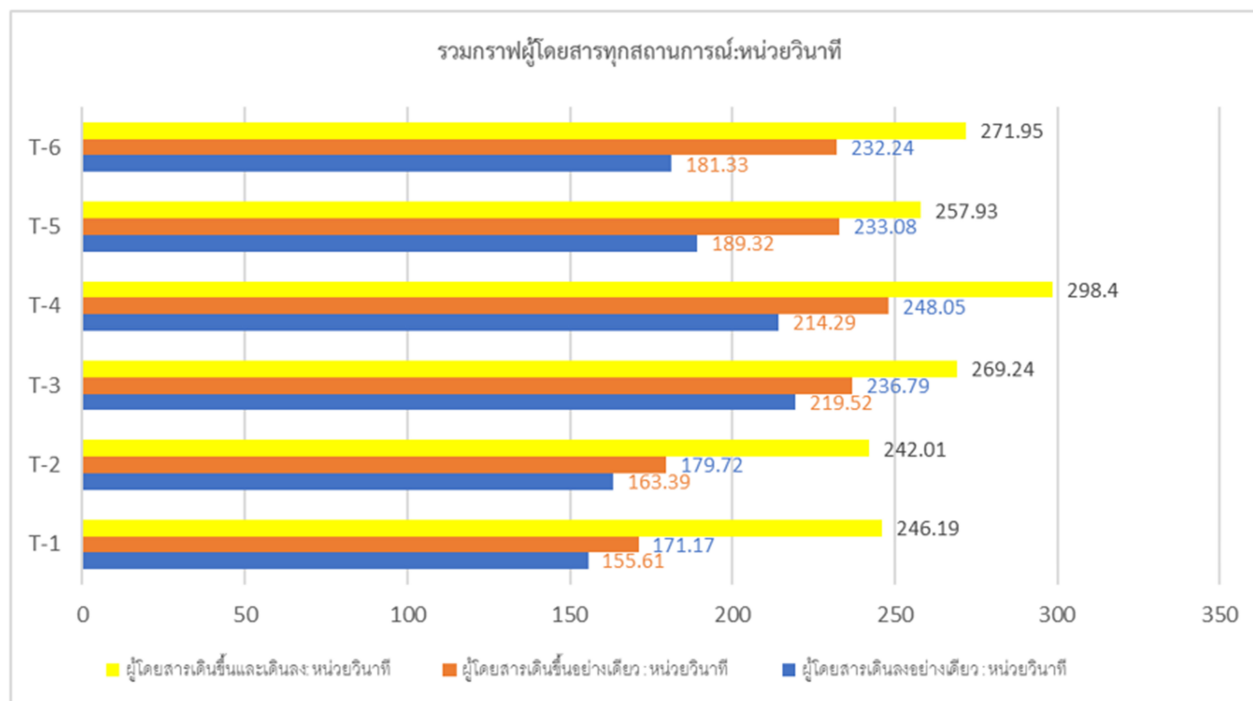
ตาราง 5

แสดงเวลาผู้โดยสารเดินขึ้นและลง: หน่วยวินาที

รูปแบบ	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
เวลาเดินขึ้น-เดินลง	246.19	242.01	269.24	298.40	257.93	271.95



ภาพ 25 กราฟแสดงเวลาผู้โดยสารเดินขึ้นและลง: หน่วยวินาที



ภาพ 26 รวมกราฟแสดงเวลาผู้โดยสารเดินขึ้นและลง: หน่วยวินาที

สรุปและการอภิปรายผล

จากผลการทดลองจำลองสถานการณ์จำนวน 30 ครั้ง จำลองวันทำงาน จันทร์-ศุกร์ ช่วงเวลา 06.30-08.30 น. และ 17.00-19.30 น. ซึ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนของผู้โดยสารใช้บริการหนาแน่นพบว่าชานชาลาแบบที่ 1 และชานชาลาแบบที่ 2 ซึ่งเป็นชานชาลา 2 ชั้น ผู้โดยสารใช้เวลาในการเดินทางภายในสถานีรถไฟฟ้าจากการเดินทางภายในทั้งสามแบบประกอบด้วย

แบบที่ 1 ผู้โดยสารเดินลงอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้นแบบที่ 1 ใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นแบบที่ 2 เนื่องจากชานชาลาที่ทางเดินอยู่ตรงกลางทำให้ไม่ต้องเดินแยกออกข้างซ้ายและขวาช่วยลดระยะเวลาการเดินทางทำให้แบบที่ 1 ทำเวลาการเดินทางได้ดีกว่า ส่วนชานชาลาแบบ 3 ชั้นแบบชานชาลาที่ 5 และแบบที่ 6 ใช้เวลาใกล้เคียงกันทั้ง 2 แบบ แบบที่ 6 จะใช้เวลาการเดินทางได้ดีกว่า เนื่องจากชานชาลาที่ทางเดินอยู่กลางทำให้เวลาเดินไม่ต้องแยกออกข้างซ้ายและขวาลดเวลาการเดินทางได้เล็กน้อย ส่วนแบบที่ 3 และแบบที่ 4 จะใช้เวลาใกล้เคียงกันเนื่องจากชั้นที่ 2 และ 3 ทางสัญจรภายในสลับกันระหว่างทางเดินอยู่กลางและอยู่ริมทำให้เสียเวลาการเดินทางลง

แบบที่ 2 เป็นแบบเดินขึ้นอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้น แบบที่ 1 ใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นแบบที่ 2 เนื่องจากแบบที่ 1 ชานชาลาที่ทางเดินอยู่ตรงกลางทำให้ไม่ต้องเดินแยกออกข้างซ้ายและขวาช่วยลดระยะเวลาการเดินทาง ส่วนชานชาลาแบบ 3 ชั้น แบบที่ 5 และแบบที่ 6 ใช้เวลาใกล้เคียงกัน แบบที่ 6 จะใช้เวลาการเดินทางได้ดีกว่า เนื่องจากชานชาลาที่ทางเดินอยู่ตรงกลางทำให้ไม่ต้องเดินแยกออกข้างซ้ายและขวาช่วยลดระยะเวลาการเดินทาง ส่วนแบบที่ 3 และแบบที่ 4 จะใช้เวลาใกล้เคียงกันเนื่องจากชั้นที่ 2 และ 3 ทางสัญจรภายในสลับกันระหว่างทางเดินอยู่กลางและอยู่ริมทำให้เสียเวลาการเดินทางลง

แบบที่ 3 ผู้โดยสารเดินขึ้นและเดินลงเหมือนการใช้งานจริง ชานชาลาแบบ 2 ชั้น แบบที่ 2 ใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นแบบที่ 1 เนื่องจากชานชาลาที่ทางเดินอยู่ริมทำให้เกิดการสัญจรที่สลับขึ้นเพราะแยกออก

ข้างซ้ายและขวาช่วยลดปัญหาความแออัดและสับสนเมื่อต้องเดินสวนทางกันลดระยะเวลาการเดินทางทำให้แบบที่ 2 ทำเวลาการเดินทางได้ดีกว่าแบบที่ 1 ส่วนชานชาลาแบบ 3 ชั้น แบบชานชาลาที่ 5 และ แบบที่ 6 เป็นชานชาลา 3 ชั้นใช้เวลาใกล้เคียงกันทั้ง 2 รูปแบบ โดยแบบที่ 5 จะใช้เวลาการเดินทางได้ดีกว่าเนื่องจากทางเดินอยู่ริมทำให้เกิดการสัญจรที่สลับขึ้นเพราะแยกออกข้างซ้ายและขวาช่วยลดปัญหาความแออัด ส่วนแบบที่ 3 และแบบที่ 4 จะใช้เวลาใกล้เคียงกันเนื่องจากชั้นที่ 2 และ 3 ทางสัญจรภายในสลับกันระหว่างทางเดินอยู่กลางและอยู่ริมทำให้เสียเวลาการเดินทางลง

เมื่อนำผลการจำลองซอฟต์แวร์การเดินทางทั้ง 3 รูปแบบ ทำเป็นเปอร์เซ็นต์ดังแสดงในตาราง 5 จากตารางแสดงเปอร์เซ็นต์เวลาผู้โดยสารเดินลงอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้น T1 และ T2 แบบที่เร็วที่สุด คือ T1 จะเร็วกว่า T2 คิดเป็น 0.69% ชานชาลาแบบ 3 ชั้น T3 T4 T5 และ T6 แบบที่เร็วที่สุด คือ T6 จะเร็วกว่า T3 คิดเป็น 3.40 %

ตาราง 6

แสดงเปอร์เซ็นต์เวลาผู้โดยสารเดินขึ้นและลง

รูปแบบ	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
เวลาเดินลง	13.85	14.54	19.54	19.07	16.85	16.14
เวลาเดินขึ้น	13.16	13.81	18.20	19.07	17.91	17.85
เวลาเดินขึ้น-เดินลง	15.53	15.26	16.98	18.82	16.27	17.15

ผู้โดยสารเดินขึ้นอย่างเดียว ชานชาลาแบบ 2 ชั้น T1 และ T2 แบบที่เร็วที่สุด คือ T1 จะเร็วกว่า T2 คิดเป็น 0.65% ชานชาลาแบบ 3 ชั้น T3 T4 T5 และ T6 แบบที่เร็วที่สุด คือ T6 จะเร็วกว่า T4 คิดเป็น 1.22 %

ผู้โดยสารเดินขึ้นและเดินลง ชานชาลาแบบ 2 ชั้น T1 และ T2 แบบที่เร็วที่สุด คือ T2 จะเร็วกว่า T1 คิดเป็น

0.27% ขานขาลาแบบ 3 ชั้น T3 T4 T5 และ T6 แบบที่เร็วที่สุด คือ T5 จะเร็วกว่า T4 คิดเป็น 2.55 %

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพิ่มเติมต่อไปในอนาคตควรพิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้าในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อศึกษาความเหมาะสมและการใช้งานของผู้โดยสารที่สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้นไป

2. การศึกษาวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางเดิน (Level-of-Service--LOS) สิ่งอำนวยความสะดวกและสิ่งกีดขวางซึ่งเป็นตัวแปร โดยสามารถจำแนกความต้องการพื้นที่เช่น การเข้าแถวรอคิวของผู้โดยสาร



References

- BTS E-Library. (2020). *Mass rapid transit master*. Retrieved from [https://www.bts.co.th/library/system-design.html/Mass Rapid Transit Master](https://www.bts.co.th/library/system-design.html/Mass%20Rapid%20Transit%20Master). (in Thai)
- Helbing, D., & Molnar, P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 51(5), 4282-4286. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.51.4282>
- Inpayung, N. (2016). *Assessing accessibility of transit terminal for supporting urban railway system development research project income from government subsidies* (Research report). ChonBuri: ChonBuri Burapha University. (in Thai)
- Khatiyasoontron, K., & Kronpraser, N. (2019). Evaluation of mass rapid transit ticket service. *Engineering Journal Chiang Mai University*, 26(1), 121–134. (in Thai)
- Kirimatthong, M., Pitchayapan, P., & Kornprasert, N. (2020). Service time evaluation for terminal screening at Chiang Mai International Airport during normal and new normal condition. *The 25th National Convention on Civil Engineering* (pp. 1-8). Chonburi: National Convention on Civil Engineering (in Thai)
- Sun, L., Yuan, G., Yao, L., Cui, L., & Kong, D. (2021). Study on strategies for alighting and boarding in subway stations. *Physica A*, 583, 126302. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126302>
- Noiruen, T., Tajumpa, P., & Pantasiri, S. (2020). A study pedestrian behavior crossroads at signal light: Case study in Chiang Mai. *National Convention on Civil Engineering*, 37, 1-12. (in Thai)
- Parthiban, P., & Archana, S. (2020). Pedestrian flow and capacity analysis at railway station. *Proceeding of National Conference on Emerging Trends in Civil Engineering* (pp. 316–325). AIJR Kollam, Kerala, India Publisher. <https://doi.org/10.21467/proceedings.112.65>
- Petchan, P., & Karoonsoontawong, A. (2020). Development of simulation for queuing system at Saphan-Taksin BTS station by using PTV Viswalk. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 10(3), 24–45. (in Thai)
- Loa, S. M., Wanga, W. L., Liua, S. B., & Mab. J. (2014). Using agent-based simulation model for studying fire escape process in Metro Stations. *Procedia Computer Science*, 32, 388–396. doi: 10.1016/j.procs.2014.05.439

- Srithaso, P., & Karunsunthawong, A. (2021). Development of passenger emergency evacuation model: A case study of Chatuchak park MRT station. *The 26th National Convention on Civil Engineering. Online Conference* (p. 27). <https://oa.mg/work/3175246734> (in Thai)
- The Mass Rapid Transit network in Thailand. (2010). *Mass rapid transit master plan in Bangkok metropolitan region*. Retrieved from https://th.wikipedia.org/wiki/Mass_Rapid_Transit_Master_Plan_in_Bangkok_Metropolitan_Region.
- Weerawatand, W., & Thongboonpien, T. (2018). Pedestrian transit simulation of feeder system case study of Tao Poon Station. *The Journal of Industrial Technology*, 14(1), 40-49. (in Thai)

