



โครงการสร้างแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพ ในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในสถานี โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์
(Final Report)

ตุลาคม 2561

ก. ชื่อโครงการวิจัย

โครงการร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ด้านรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ปีงบประมาณ 2561 โดยมี 2 โครงการย่อย ดังนี้

1. โครงการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรพื้นที่บริเวณโดยรอบแนวเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี
2. โครงการวิจัยการสร้างแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

ข. รายชื่อผู้ทำงานวิจัย

ดร. นพดล กรประเสริฐ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (หัวหน้าโครงการ)
ดร. ทรงยศ กิจธรรมเกษร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร. รัฐภูมิ ปรีชาตปรีชา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
นายปวี คุวิบูลย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายณฤดล ศรีตะระโส	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ค. วิธีการจ้างทำงานวิจัย

พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ.2560 จ้างที่ปรึกษาโดยวิธีเฉพาะเจาะจง

ง. งบประมาณ

1,999,000 บาท (หนึ่งล้านเก้าแสนเก้าหมื่นเก้าพันบาทถ้วน)

จ. ระยะเวลาดำเนินงาน

วันที่ 10 กรกฎาคม – 10 ธันวาคม 2561



รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)



โครงการวิจัย การสร้างแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัย ภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

บทนำ

ปัจจุบันระบบการขนส่งมวลชนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดให้กับประชาชนในสังคมเมือง เป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญในการขนส่งผู้โดยสารบริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปัจจุบันมีการดำเนินงานระบบรถไฟฟ้ามหานครอยู่ 2 สาย ได้แก่ สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) โดยมีเส้นทางให้บริการอยู่ 2 รูปแบบ คือ เส้นทางรถไฟฟ้าแบบใต้ดิน และเส้นทางรถไฟฟ้าแบบยกระดับ (ลอยฟ้า) จากจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) จึงวางระบบป้องกันและระงับเหตุการณ์ฉุกเฉิน รวมไปถึงการออกแบบพื้นที่ภายในสถานีให้เป็นที่โล่ง ไม่มีชอกหรือมุมที่ลับตาเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และที่สำคัญมีการติดตั้งโทรทัศน์วงจรปิดทุกกระยะเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยตลอดเวลา

เพื่อให้ระบบป้องกันและระงับเหตุอัคคีภัยของระบบรถไฟฟ้ามหานครที่มีอยู่ในปัจจุบันสมบูรณ์แบบ จึงได้มีการนำโปรแกรมแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมในการอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย เพื่อวิเคราะห์หาเวลาการอพยพที่น้อยที่สุดสำหรับกรณีเกิดเหตุอัคคีภัย โดยใช้กรณีการอพยพเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในสถานีต้นแบบ คือ

- บริเวณสถานีสุขุมวิท โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลเนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใต้ดินตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ศูนย์กลางทางธุรกิจ มีความหนาแน่นของผู้โดยสารสูง และเป็นสถานีเชื่อมต่อกับสถานีอโศก โครงการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา (รถไฟฟ้าบีทีเอส)
- บริเวณสถานีเตาปูน โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายฉลองรัชธรรม เนื่องจากเป็นสถานีรถไฟฟ้ายกระดับ ที่ต่อเนื่องมาจากสถานีบางซื่อ ซึ่งเป็นสถานีใต้ดิน และเป็นจุดเชื่อมต่อกับสถานีเตาปูนของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายฉลองรัชธรรม ซึ่งมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก หากเกิดเหตุการณ์อัคคีภัยจะเกิดผลกระทบสูง

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคสำหรับสนับสนุนการวางแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานีของโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของ รฟม.

2. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานีของโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของ รฟม. และหาแนวทางในการปรับปรุงแผนการอพยพดังกล่าว

ระเบียบวิธีวิจัย

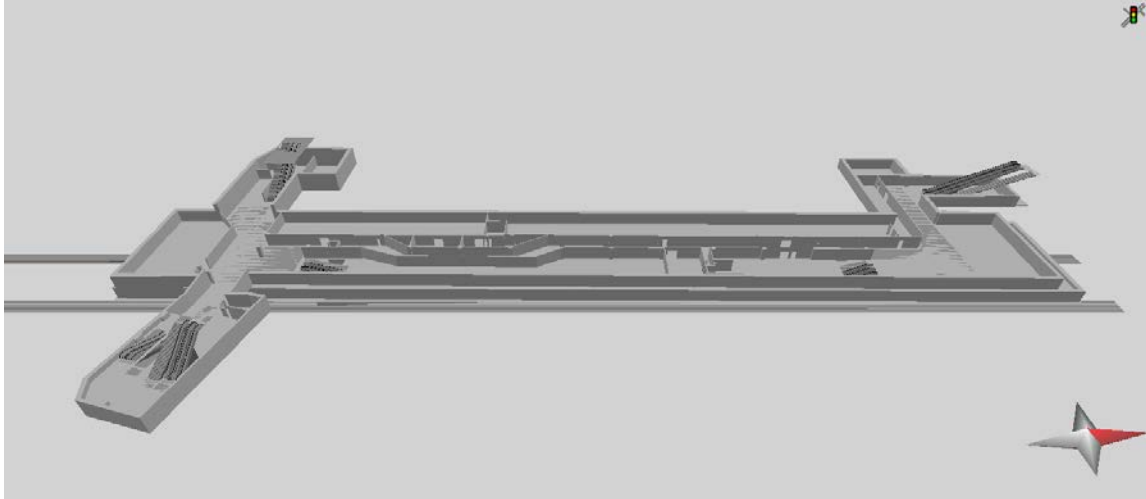
ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม PTV Viswalk ซึ่งมีขั้นตอนการการศึกษาวิจัยดังนี้

1. การระบุปัญหา โดยสำรวจถึงสภาพปัญหาและวัตถุประสงค์ในการวางแผนการอพยพเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน และกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา
2. การทบทวนวรรณกรรม ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย เช่น โครงสร้างตัวสถานีและตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวก มาตรการความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน คุณลักษณะของการจราจรและระดับการให้บริการของคนเดิน และการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคในการจำลองอุบัติเหตุกรณีอัคคีภัยภายในสถานีรถไฟฟ้าหรืออาคารรูปแบบอื่นๆ เป็นต้น
3. การสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ดำเนินการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ และการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
4. การพัฒนาแบบจำลอง ได้ใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาค (Microscopic Pedestrian Traffic Simulation) โปรแกรม PTV Viswalk ในการวิเคราะห์ โดยมีกระบวนการดังนี้
 - การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) เพื่อให้แบบจำลองมีสภาพการจราจรใกล้เคียงกับสภาพจริง
 - การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation) การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
 - การออกแบบสถานการณ์ (Scenario) โดยที่ปรึกษาได้อ้างอิงรูปแบบการอพยพจากแผนการอพยพสถานี สายสีม่วง ของบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ซึ่งการอพยพผู้โดยสารในกรณีเกิดเหตุอุบัติเหตุแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ
 - รูปแบบที่ 1 การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน
 - รูปแบบที่ 2 การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ
 - รูปแบบที่ 3 การอพยพผู้โดยสารโดยใช้ทางวิ่งรถไฟ
5. การประเมินผล เป็นการประเมินระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอพยพ นับตั้งแต่จุดใกล้สุดภายในสถานีจนกระทั่งผู้โดยสารเดินทางมาถึงทางออกที่จัดสรรไว้ตามแผนการอพยพ



สถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท

ที่ปรึกษาได้สร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท เพื่อใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการประยุกต์ใช้สำหรับสถานการณ์การอพยพต่างๆ ต่อไป แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทในแบบจำลอง

จากการพัฒนาแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท กรณีสภาพการจราจรคนเดินปัจจุบัน ที่ปรึกษานำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 และ 2 โดยผลการประเมินประสิทธิภาพในแต่ละแผนมีดังนี้

1. รูปแบบที่ 1 การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Floor มี 3 เส้นทาง โดยเส้นทางที่ใช้เวลาในการอพยพสั้นที่สุด คือ เส้นทางทางฝั่งทิศเหนือ เนื่องจากเป็นเส้นทางที่เป็นทางเดียวสู่ทางออก จึงไม่มีระยะเวลาในการตัดสินใจหรือลังเลในการเลือกเส้นทางเหมือนเส้นทางทางฝั่งทิศใต้ และทางทิศเหนือมีการใช้บริการของผู้โดยสารเบาบาง

เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Concourse Floor มี 2 เส้นทาง เส้นทางทั้งสองเมื่ออพยพในจุดเริ่ม ไม่มีความแตกต่างเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่ไม่ต่างกัน แต่เมื่อขึ้นมาที่ชั้น Subway Access Floor บริเวณพื้นที่อพยพของเส้นทางทางฝั่งทิศเหนือ เกิดเป็นคอขวดเนื่องจากมีทางออกเดียว แตกต่างจากเส้นทางทางฝั่งทิศใต้ที่เมื่อขึ้นมา มี 2 ทางออกและมีพื้นที่สำหรับอพยพเพียงพอไม่เป็นคอขวด

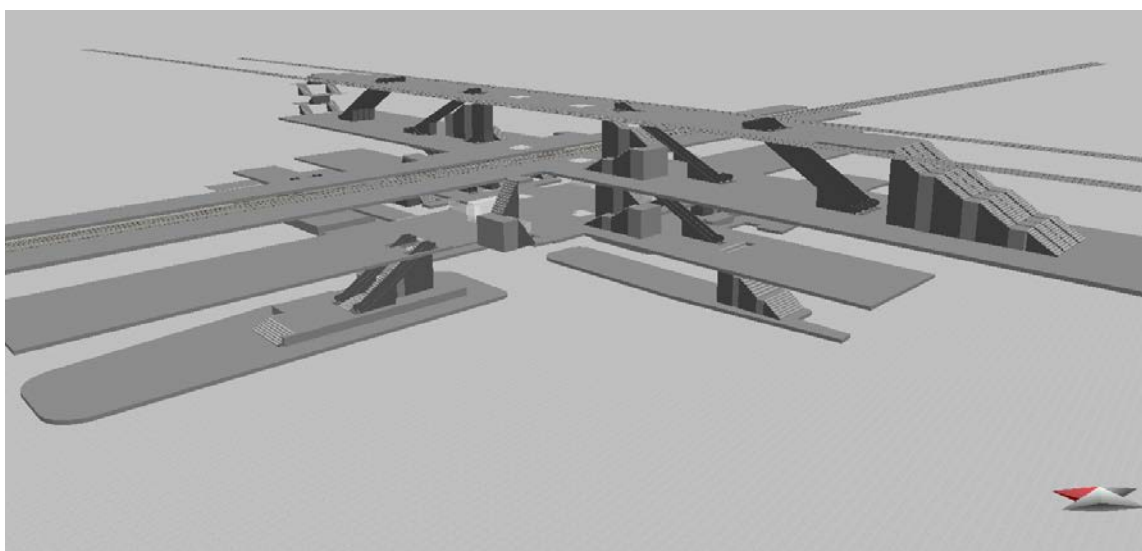
เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Subway Access Floor มี 2 เส้นทาง มีเวลาในการอพยพที่ใกล้เคียง เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใกล้ทางออก และผู้โดยสารสามารถเคลื่อนที่เข้าใกล้ทางออกได้ตลอดเวลาและเป็นกลุ่มแรกที่อพยพถึงทางออกก่อนเส้นทางอื่นๆ

2. รูปแบบที่ 2 การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ

โดยรูปแบบการอพยพนี้เป็นรูปแบบที่ผู้โดยสารต้องรอรถไฟเข้ามาเป็นการอพยพที่ผู้โดยสารต้องแออัดอยู่บริเวณชั้น Platform Floor ส่งผลให้เวลาในการอพยพออกจากสถานีนาน และอพยพได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อผู้โดยสารภายในสถานี เนื่องจากระยะเวลาช่วงห่างรถไฟ (Headway Time) ต่อขบวนอยู่ที่ประมาณ 3 นาที

สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

ทางที่ปรึกษาได้การพัฒนาแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน เพื่อใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการประยุกต์ใช้สำหรับสถานการณ์การอพยพต่างๆ ต่อไป แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนในแบบจำลอง

จากการสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท กรณีสภาพการจราจรคนเดินปัจจุบัน ที่ปรึกษานำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพ 3 รูปแบบ โดยรูปแบบเส้นทางการอพยพและผลการประเมินประสิทธิภาพในแต่ละแผนมีดังนี้

1. รูปแบบที่ 1 การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Purple line Floor มี 2 เส้นทาง โดยแต่ละเส้นทางอพยพประสิทธิภาพในการอพยพที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีลักษณะพื้นที่เหมือนกัน

เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Blue line Floor มี 2 เส้นทาง ซึ่งเส้นทางทางทั้ง 2 เส้นทางมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากลักษณะเส้นทางที่คล้ายกัน โดยเส้นทางฝั่งตะวันตก มีอัตราการไหลที่มากกว่า เนื่องจากการยืนของผู้โดยสารมากระจุกตัวมาบริเวณทางฝั่งทิศตะวันออกเพื่อเข้าเมือง

เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Concourse Floor มี 2 เส้นทาง เป็นเส้นทางการอพยพที่ใกล้ที่สุดกับผู้โดยสารอยู่เบาบาง สามารถทำการอพยพได้รวดเร็ว



2. รูปแบบที่ 2 การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟฟ้า

ซึ่งเป็นรูปแบบการอพยพที่ผู้โดยสารต้องรอรถไฟฟ้าเข้ามาเป็นการอพยพที่ผู้โดยสารต้องแออัดอยู่บริเวณชั้น Platform Floor ส่งผลให้เวลาในการอพยพออกจากสถานีนาน และอพยพได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อผู้โดยสารภายในสถานี

3. รูปแบบที่ 3 การอพยพผู้โดยสารโดยใช้ทางวิ่งรถไฟฟ้า

โดยประสิทธิภาพเส้นทางในการอพยพใกล้เคียงกับการอพยพรูปแบบที่ 2 แต่แตกต่างที่ผู้โดยสารที่บริเวณ Platform Floor สามารถเดินไปตามทางรถไฟได้โดยไม่ต้องรอรถไฟฟ้าแต่ต้องมีเจ้าหน้าที่นำทางสามารถระบายคนออกจากสถานีได้มากกว่าการอพยพรูปแบบที่ 2

สรุปผลการศึกษา

แบบจำลองการจราจรคนเดินภายในพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทและสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนสามารถประเมินประสิทธิภาพการดำเนินการจากตัวชี้วัดได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ จำนวนผู้อพยพ อัตราการไหลของการอพยพ และความหนาแน่นของพื้นที่ที่ใช้ในการอพยพ ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผนการอพยพในแต่ละแผนและสามารถคาดการณ์การเลือกใช้แผนการอพยพตามสถานการณ์การเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยในการอพยพทั้ง 3 รูปแบบ โดยที่การอพยพรูปแบบที่ 1 มีระยะเวลาในการอพยพและอัตราการไหลของการอพยพ ที่ดีกว่าการอพยพทั้ง 2 รูปแบบที่เหลือ แต่ในการเลือกใช้รูปแบบการอพยพขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือการพิจารณาเลือกใช้รูปแบบการอพยพ

ข้อเสนอแนะ

ทางที่ปรึกษาอ้างอิงจากแผนการอพยพของบริษัท รถไฟฟ้าและทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยแผนการอพยพดังกล่าวเป็นแผนการอพยพเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย ซึ่งเป็นเหตุที่มีระดับความรุนแรงมาก และต้องการการอพยพอย่างเร่งด่วน เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอาจมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลต่อการบริหารจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการอพยพ ได้แก่ บันได บันไดเลื่อน ทางออกฉุกเฉิน เป็นต้น และระยะเวลาในการอพยพเป็นระยะเวลาที่ผู้โดยสารทราบถึงการอพยพและมีการเตรียมพร้อมเพื่ออพยพ โดยไม่รวมระยะเวลาในการแจ้งเหตุฉุกเฉิน และระยะเวลาในการควบคุมกลุ่มผู้โดยสารที่ตื่นตระหนก

คำนำ

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ได้มีการจัดทำแผนวิสาหกิจประจำปีงบประมาณ 2560-2564 โดยทางฝ่ายพัฒนาโครงการรถไฟฟ้า (ฝพค.) โดยกองวิเคราะห์และพัฒนา (กวพ.) แผนกวิจัย และพัฒนาระบบรถไฟฟ้า (วพ.) ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับงานศึกษาวิจัย จึงได้จัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2561 “โครงการร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และพัฒนาองค์ความรู้ด้านรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน” เพื่อใช้เป็นแผนการดำเนินงานให้ รฟม. สามารถบรรลุผลตามแผนวิสาหกิจฯ และบันทึกข้อตกลงการประเมินผลการดำเนินงานรัฐวิสาหกิจฯ ดังกล่าว

โดยวิจัยการสร้างแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน เนื่องจากปัจจุบัน ระบบการขนส่งมวลชนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดให้กับประชาชนในสังคมเมือง ประชาชนมีความจำเป็นที่จะต้องเดินทางไปในพื้นที่ต่างๆ รถไฟฟ้ามหานคร เป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญในการขนส่งผู้โดยสารบริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปัจจุบันมีการดำเนินงานระบบรถไฟฟ้ามหานครอยู่ 2 สาย ได้แก่ สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง)

เพื่อให้ระบบป้องกันและระงับเหตุอัคคีภัยของระบบรถไฟฟ้ามหานครที่มีอยู่ในปัจจุบันสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการนำโปรแกรมแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมในการอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย เพื่อวิเคราะห์หาเวลาการอพยพที่น้อยที่สุดสำหรับกรณีเกิดเหตุอัคคีภัย โดยใช้กรณีการอพยพผู้โดยสารเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในสถานีต้นแบบ คือ สถานีสุขุมวิท (โครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล) ที่มีเส้นทางให้บริการในรูปแบบใต้ดิน และสถานีเตาปูน (โครงการรถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม) ที่มีเส้นทางให้บริการแบบยกระดับ (ลอยฟ้า) และคำนึงถึงจำนวนขบวนรถไฟฟ้า จำนวนผู้โดยสารสูงสุด ความเร็วของรถไฟฟ้า โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน มาเป็นเงื่อนไข เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ในรูปแบบของแบบจำลองการจราจร

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....	ก
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1-1
1.1 ที่มาของการวิจัย	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-2
1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	1-2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการวิจัย	1-3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	1-4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2-1
2.1 เหตุฉุกเฉิน (Emergency).....	2-1
2.1.1 การระบุสถานการณ์ที่อาจเกิดเหตุฉุกเฉิน.....	2-2
2.1.2 ระดับของเหตุการณ์ฉุกเฉิน.....	2-2
2.1.3 ขั้นตอนปฏิบัติในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินที่เกิดขึ้น	2-3
2.1.4 แผนฉุกเฉิน (Emergency Plans).....	2-4
2.1.5 การจัดทำแผนฉุกเฉิน	2-5
2.1.6 กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการ ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับ การป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555	2-7
2.2 พฤติกรรมมนุษย์ (Human Behaviors)	2-8
2.2.1 พฤติกรรมรวมหมู่ (Collective behavior)	2-9
2.2.2 พฤติกรรมรวมหมู่ที่เป็นการแพร่ระบาดทางอารมณ์.....	2-9
2.2.3 พฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์ไฟไหม้.....	2-11
2.2.4 รูปแบบพฤติกรรมของคนเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้.....	2-13
2.2.5 แนวทางในการแนะนำแผนการอพยพ การป้องกันและมาตรการรับมือ กับเหตุฉุกเฉิน	2-14



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3	ข้อกำหนดความปลอดภัยของระบบรถไฟฟ้า	2-18
2.4	การจัดการความปลอดภัยเหตุอัคคีภัยในระบบรถไฟฟ้า	2-19
2.4.1	มาตรฐานการจัดการเหตุอัคคีภัยในระบบรถไฟฟ้า	2-19
2.4.2	เวลาในการอพยพผู้โดยสารเมื่อสถานีเกิดเหตุไฟไหม้	2-21
2.5	มาตรฐานความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้า	2-25
2.5.1	ระยะเวลาในการอพยพออกจากชานชาลา	2-27
2.5.2	ระยะเวลาในการอพยพจากชานชาลาไปยังจุดปลอดภัย (บนพื้นดินนอกสถานี)	2-27
2.6	การอพยพผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้า	2-28
2.6.1	วิธีการอพยพผู้โดยสาร	2-29
2.6.2	การจำลองการอพยพผู้โดยสาร	2-30
2.7	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้า	2-31
2.7.1	ปัจจัยที่มีผลกระทบ	2-31
2.7.2	กลยุทธ์ในการอพยพ	2-32
2.7.3	ความเร็วในการเดินของผู้อพยพ	2-33
2.7.4	การคำนวณและจำลองในการอพยพ	2-33
2.8	หลักการพิจารณาการอพยพของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	2-37
2.8.1	อำนาจในการสั่งการและอนุมัติการอพยพ	2-37
2.8.2	การกำหนดตำแหน่งพนักงานที่ถือวิทยุ Hand Portable Radio	2-37
2.8.3	รูปแบบของแต่ละสถานี	2-38
2.8.4	จุดสกัดในการอพยพ (Tactical Location)	2-38
2.8.5	ทางหนีไฟฉุกเฉิน (Emergency Fire Escape Exit)	2-38
2.8.6	ประตู Roller Shutter ของแต่ละสถานีและรูปแบบทางเข้าออก	2-39
2.8.7	โทรศัพท์ Help Point ที่ทางเข้าออกระดับถนน	2-39
2.8.8	Emergency Trip Switch	2-39
2.8.9	ปริมาณผู้โดยสารและช่วงเวลาการให้บริการ	2-39
2.8.10	อุปกรณ์ป้องกันและระงับเหตุเพลิงไหม้ภายในสถานี	2-39
2.8.11	ที่ตั้งจุดรวมพล จุดบัญชาการเหตุการณ์ และจุดปฐมพยาบาล	2-40



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9	แนวคิดและทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง	2-41
2.9.1	เส้นทางการอพยพ	2-41
2.9.2	การเลือกเส้นทางอพยพในสถานการณ์ฉุกเฉิน	2-41
2.9.3	การไหลของกระแสจราจรคนเดินเท้า	2-42
2.9.4	ระดับการให้บริการ ทฤษฎีการวัดระดับการให้บริการ (Level of Service)	2-42
2.9.5	คุณลักษณะคนเดินเท้า	2-43
2.9.6	แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า	2-43
2.10	โปรแกรมแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า	2-44
2.11	ทฤษฎีที่ใช้กำหนดการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าในแบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า	2-45
2.12	การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า	2-46
บทที่ 3	ระเบียบวิธีวิจัย	3-1
3.1	การระบุปัญหา	3-1
3.1.1	ระบุปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3-1
3.1.2	กรอบแนวคิดการวิจัย	3-3
3.2	การทบทวนวรรณกรรม	3-7
3.3	การสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม	3-7
3.3.1	การสำรวจลักษณะทางกายภาพของสถานีจากแบบแปลน ประกอบด้วย	3-7
3.3.2	การรวบรวมข้อมูลการจราจรของคนเดินภายในสถานี ประกอบด้วย	3-7
3.4	การพัฒนาแบบจำลอง	3-10
3.4.1	การสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดิน (Pedestrian Network Modelling)	3-10
3.4.2	การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)	3-14
3.4.3	การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)	3-14
3.4.4	การออกแบบสถานการณ์ (Scenario)	3-14
3.5	การประเมินผล	3-15
บทที่ 4	ผลการศึกษา	4-1
4.1	การพัฒนาแบบจำลอง กรณีสภาพการจราจรปัจจุบัน	4-1



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1	แบบจำลองการจราจรคนเดินสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท	4-1
4.1.2	แบบจำลองการจราจรคนเดินสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	4-4
4.2	แบบจำลองการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท	4-8
4.2.1	รูปแบบเส้นทางการอพยพ.....	4-8
4.2.2	ผลการประเมินแบบจำลองการอพยพ	4-11
4.3	แบบจำลองการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	4-17
4.3.1	รูปแบบเส้นทางการอพยพ.....	4-17
4.3.2	ผลการประเมินแบบจำลองการอพยพ	4-22
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	5-1
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	5-1
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	5-1
บรรณานุกรม.....		
ภาคผนวก ก.....		



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.2-1	รายงานสถานการณ์การเกิดกรณีการลอบวางเพลิงเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2004	2-15
ตารางที่ 2.4-1	การใช้มาตรฐาน NFPA 130 ในแถบอเมริกาเหนือ (USA, CANADA)	2-20
ตารางที่ 2.8-1	ตารางผู้ถือวิทยุ Hand Portable Radio ของสถานี.....	2-37
ตารางที่ 2.9-1	ระดับการให้บริการของคนเดิน	2-43
ตารางที่ 2.11-1	ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าใน PTV Viswalk.....	2-45
ตารางที่ 4.1-1	ระยะเวลาจอดรับผู้โดยสารและระยะเวลาช่วงห่างรถไฟ (Headway Time)	4-3
ตารางที่ 4.1-2	ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานีรถไฟใต้ดินสุขุมวิทจากการสำรวจและจากแบบจำลอง.....	4-4
ตารางที่ 4.1-3	ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารกับเจ้าหน้าที่ สถานีรถไฟใต้ดิน สุขุมวิท	4-4
ตารางที่ 4.1-4	ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารอัตโนมัติ สถานีรถไฟใต้ดิน สุขุมวิท	4-4
ตารางที่ 4.1-5	ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานีรถไฟใต้ดินเตาปูนจากการสำรวจและจากแบบจำลอง.....	4-7
ตารางที่ 4.1-6	ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารกับเจ้าหน้าที่ สถานีรถไฟ เตาปูน	4-8
ตารางที่ 4.1-7	ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารจากเครื่องอัตโนมัติ สถานีรถไฟ เตาปูน	4-8
ตารางที่ 4.2-1	ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-12
ตารางที่ 4.2-2	ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-15
ตารางที่ 4.3-1	ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-22
ตารางที่ 4.3-2	ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-25
ตารางที่ 4.3-3	ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3).....	4-27



สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.3-1	ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาในการวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัย.....	1-2
รูปที่ 2.4-1	แบบจำลองของสภาพอัคคีภัยในระดับความรุนแรงปกติ	2-23
รูปที่ 2.4-2	ความหนาแน่นของควันไฟและระยะมองเห็นสำหรับการอพยพ	2-24
รูปที่ 2.4-3	แบบจำลองของความรุนแรงอัคคีภัยในกรณีลอบวางเพลิง.....	2-24
รูปที่ 2.4-4	พื้นที่ที่ต้องการสำหรับการอพยพเหตุอัคคีภัย	2-25
รูปที่ 2.5-1	การติดตั้งปล่องหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 130	2-26
รูปที่ 2.5-2	ช่องหนีไฟระหว่างอุโมงค์ตามมาตรฐาน NFPA 130	2-27
รูปที่ 2.5-3	การออกแบบช่องทางเดินด้านข้างสำหรับผู้โดยสารออกจากรถไฟฟ้าที่ติดภายใน อุโมงค์	2-28
รูปที่ 2.10-1	ตัวอย่างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า PTV Viswalk	2-44
รูปที่ 2.11-1	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนเดินเท้าใน SFM	2-46
รูปที่ 2.12-1	ภาพร่างของรูปแบบการจัดพื้นที่ในการศึกษาการเดินทาง	2-47
รูปที่ 2.12-2	ตัวอย่างพฤติกรรมการเดินของคนเดินเท้าที่ได้จากแบบจำลอง	2-47
รูปที่ 2.12-3	ตัวอย่างการกำหนดแนวเส้นทางให้แก่คนเดินเท้าในแบบจำลอง	2-48
รูปที่ 2.12-4	ตัวอย่างการกระจายตัวความหนาแน่นของคนเดินเท้าในแบบจำลอง	2-48
รูปที่ 3.1-1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	3-2
รูปที่ 3.1-2	แบบแปลนบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท	3-3
รูปที่ 3.1-3	แบบแปลนชั้นเชื่อมต่อทางขึ้น-ลงสถานีของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท.....	3-3
รูปที่ 3.1-4	แบบแปลนชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท	3-4
รูปที่ 3.1-5	แบบแปลนชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท.....	3-4
รูปที่ 3.1-6	แบบแปลนบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	3-5
รูปที่ 3.1-7	แบบแปลนชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	3-5
รูปที่ 3.1-8	แบบแปลนชั้นชานชาลาสายเฉลิมรัชมงคล สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	3-6
รูปที่ 3.1-9	แบบแปลนชั้นชานชาลาสายฉลองรัชธรรม สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน	3-6
รูปที่ 3.3-1	สภาพการจราจรของคนเดินบริเวณประตูเข้าออกระบบ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท....	3-8
รูปที่ 3.3-2	สภาพการจราจรของคนเดินภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท....	3-8
รูปที่ 3.3-3	สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร)	3-8



สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.3-4	สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (ชั้นชานชาลาของสายเฉลิมรัชมงคล).....	3-9
รูปที่ 3.3-5	สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (ชั้นชานชาลาของสายฉลองรัชธรรม).....	3-9
รูปที่ 3.4-1	พื้นที่สำหรับการจราจรของคนเดินเท้าในแบบจำลอง PTV Viswalk.....	3-10
รูปที่ 3.4-2	ลักษณะทางกายภาพของบันไดโปรแกรม PTV Viswalk.....	3-11
รูปที่ 3.4-3	ลักษณะทางกายภาพของบันไดเลื่อนในสถานที่สำรวจ	3-12
รูปที่ 3.4-4	แบบแปลนที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของอุปสรรค	3-12
รูปที่ 3.4-5	การเข้าแถวคอยเพื่อเข้าใช้บริการเครื่องจำหน่ายตั๋วโดยสาร และห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร	3-13
รูปที่ 3.4-6	การเข้าแถวคอยเพื่อเข้าใช้บริการประตูอัตโนมัติ	3-13
รูปที่ 3.4-7	ระยะเวลาที่รถไฟฟ้าจอดรอรับผู้โดยสาร	3-14
รูปที่ 4.1-1	โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทในแบบจำลอง	4-1
รูปที่ 4.1-2	ระยะเวลาการเข้าใช้บริการห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร	4-2
รูปที่ 4.1-3	ระยะเวลาการเข้าใช้บริการเครื่องขายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ	4-2
รูปที่ 4.1-4	เวลาในการผ่านเครื่องตรวจบัตรโดยสารจากการสำรวจ (Automated Fare Collection).....	4-2
รูปที่ 4.1-5	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของความเร็วการเดินทาง	4-3
รูปที่ 4.1-6	โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนในแบบจำลอง	4-5
รูปที่ 4.1-7	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาการเดินทางผ่านประตูเข้า-ออกระบบ (Automated Fare Collection).....	4-5
รูปที่ 4.1-8	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาซื้อตั๋วที่ห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร	4-6
รูปที่ 4.1-9	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการซื้อตั๋วที่เครื่องจำหน่ายตั๋ว อัตโนมัติ	4-6
รูปที่ 4.1-10	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้า (สายเฉลิมรัชมงคล)	4-6
รูปที่ 4.1-11	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้า (สายฉลองรัชธรรม)	4-7
รูปที่ 4.1-12	การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของความเร็วในการเดิน	4-7



สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2-1	ตำแหน่งบันได/บันไดเลื่อนภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท.....	4-9
รูปที่ 4.2-2	แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1 (สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท)..	4-10
รูปที่ 4.2-3	แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2 (สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท)..	4-11
รูปที่ 4.2-4	ความหนาแน่นการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-13
รูปที่ 4.2-5	ความหนาแน่นการจราจรชั้น Subway Access สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-13
รูปที่ 4.2-6	ความหนาแน่นการจราจรชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-14
รูปที่ 4.2-7	ความหนาแน่นการจราจรชั้นชานชาลา สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-14
รูปที่ 4.2-8	ความหนาแน่นการจราจรชั้น Subway Access สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-15
รูปที่ 4.2-9	ความหนาแน่นการจราจรชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-16
รูปที่ 4.2-10	ความหนาแน่นการจราจรชั้นชานชาลา สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-16
รูปที่ 4.3-1	ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน...	4-17
รูปที่ 4.3-2	ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้า เตาปูน.....	4-18
รูปที่ 4.3-3	ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน...	4-19
รูปที่ 4.3-4	แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน).....	4-20
รูปที่ 4.3-5	แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน).....	4-21
รูปที่ 4.3-6	แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน).....	4-21
รูปที่ 4.3-7	ความหนาแน่นการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-23
รูปที่ 4.3-8	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-23



สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3-9	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-24
รูปที่ 4.3-10	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1).....	4-24
รูปที่ 4.3-11	ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2) ..	4-25
รูปที่ 4.3-12	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-26
รูปที่ 4.3-13	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-26
รูปที่ 4.3-14	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2).....	4-27
รูปที่ 4.3-15	ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3) ..	4-28
รูปที่ 4.3-16	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3).....	4-28
รูปที่ 4.3-17	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3).....	4-29
รูปที่ 4.3-18	ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3).....	4-29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของการวิจัย

กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางความเจริญของธุรกิจในด้านต่างๆ เป็นแหล่งจ้างงานที่สำคัญของประเทศ จึงเป็นเหตุให้ประชาชนในเขตจังหวัดอื่นๆ เข้ามาประกอบอาชีพกันเป็นจำนวนมาก ทำให้มีประชากรในเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดปัญหาความแออัด ปัญหาการจราจรติดขัด และระบบการขนส่งไม่สามารถสร้างขึ้นหรือเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็วเพื่อรองรับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ รัฐบาลจึงแก้ไขปัญหาโดยการนำระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนเข้ามาให้บริการแก่ประชาชน เป็นการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของประชาชนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพฯ

ปัจจุบันระบบการขนส่งมวลชนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดให้กับประชาชนในสังคมเมือง ประชาชนมีความจำเป็นที่จะต้องเดินทางไปในสถานที่ต่างๆ รถไฟฟ้ามหานครเป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญในการขนส่งผู้โดยสารบริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปัจจุบันมีการดำเนินงานระบบรถไฟฟ้ามหานครอยู่ 2 สาย ได้แก่ สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) โดยมีเส้นทางการให้บริการอยู่ 2 รูปแบบ คือ เส้นทางรถไฟฟ้าแบบใต้ดิน และเส้นทางรถไฟฟ้าแบบยกระดับ (ลอยฟ้า) ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการรถไฟฟ้ามหานครเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) จึงวางระบบป้องกันและระงับเหตุการณ์ฉุกเฉิน ไม่ว่าจะเป็นระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมการเดินรถอัตโนมัติ 3 ระบบ ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบป้องกันอัคคีภัย รวมไปถึงการออกแบบพื้นที่ภายในสถานีให้เป็นที่โล่ง ไม่มีชอกหรือมุมที่ลับตาเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และที่สำคัญมีการติดตั้งโทรทัศน์วงจรปิดทุกระยะเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยตลอดเวลา

เพื่อให้ระบบป้องกันและระงับเหตุอัคคีภัยของระบบรถไฟฟ้ามหานครที่มีอยู่ในปัจจุบันสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการนำโปรแกรมแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมในการอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย เพื่อวิเคราะห์หาเวลาการอพยพที่น้อยที่สุดสำหรับกรณีเกิดเหตุอัคคีภัย โดยใช้กรณีการอพยพผู้โดยสารเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในสถานีต้นแบบ คือ สถานีสุขุมวิท (โครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล) ที่มีเส้นทางการให้บริการในรูปแบบใต้ดิน และสถานีเตาปูน (โครงการรถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม) ที่มีเส้นทางการให้บริการแบบยกระดับ (ลอยฟ้า) และคำนึงถึงจำนวนขบวนรถไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้สถานีสูงสุด ความเร็วของรถไฟฟ้า โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าได้



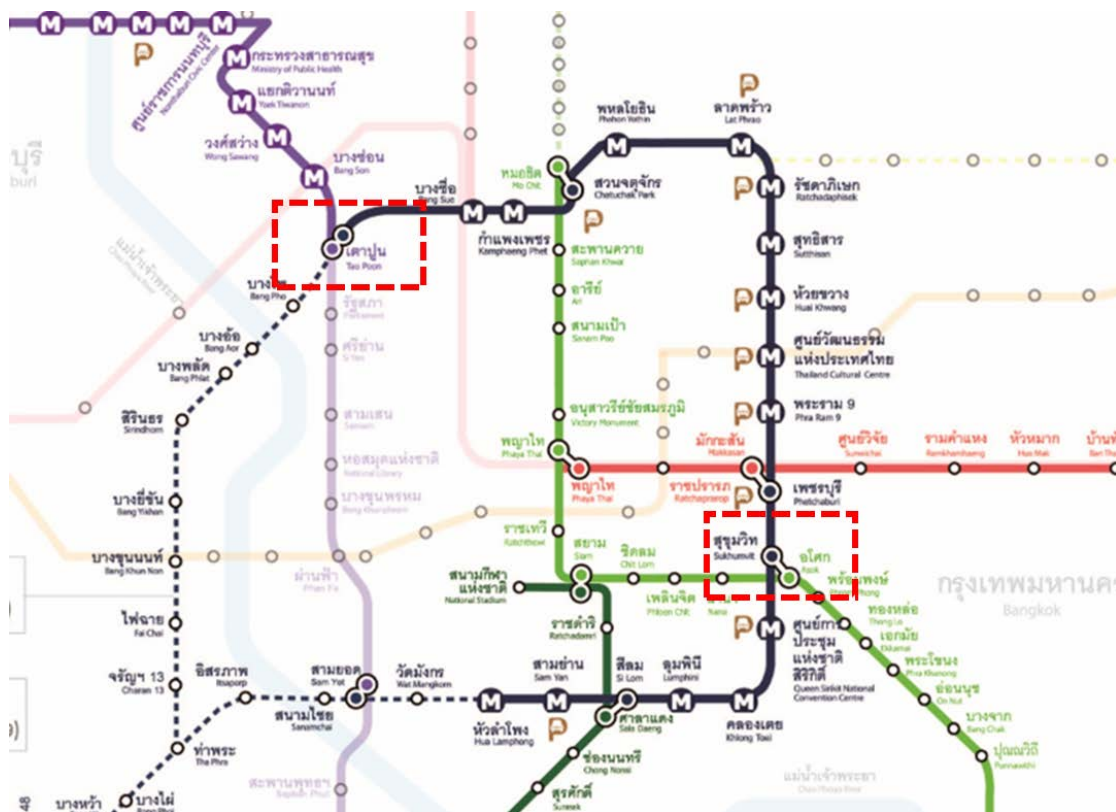
ดิน มาเป็นเงื่อนไข เพื่อการจราจรและการเดินทางภายในสถานีที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้บริการ เจ้าหน้าที่ ป้ายข้อมูลประชาสัมพันธ์ ร้านค้าและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ภายในสถานี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคสำหรับสนับสนุนการวางแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานีของโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของ รฟม.
2. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานีของโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของ รฟม. และหาแนวทางในการปรับปรุงแผนการอพยพดังกล่าว

1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัยฯ นี้ จะจำกัดอยู่ในพื้นที่ภายในสถานีรถไฟฟ้าที่อยู่ในความรับผิดชอบของรฟม. ซึ่งประกอบด้วย 2 สถานีดังรูปที่ 1.3-1 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.3-1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาในการวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัย

ที่มา: [http:// www.bangkokmetro.co.th/web/imgcontent/Image/map17latest.jpg](http://www.bangkokmetro.co.th/web/imgcontent/Image/map17latest.jpg)

- บริเวณสถานีสุขุมวิท โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลเนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใต้ดินตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ศูนย์กลางทางธุรกิจ มีความหนาแน่นของผู้โดยสารสูง และเป็นสถานีเชื่อมต่อกับสถานีอโศก โครงการรถไฟฟ้าเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา (รถไฟฟ้าบีทีเอส)
- บริเวณสถานีเตาปูน โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายฉลองรัชธรรม เนื่องจากเป็นสถานีรถไฟฟ้ายกระดับ ที่ต่อเนื่องมาจากสถานีบางซื่อ ซึ่งเป็นสถานีใต้ดิน และเป็นจุดเชื่อมต่อกับสถานีเตาปูนของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายฉลองรัชธรรม ซึ่งมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก หากเกิดเหตุการณ์อัคคีภัยจะเกิดผลกระทบสูง

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. ประโยชน์เชิงความรู้พื้นฐานด้านงานวิจัย

- แบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคสำหรับสนับสนุนการวางแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานีซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการดำเนินการโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่อยู่ในความรับผิดชอบของ รฟม. ได้
- ผลประสิทธิภาพในการอพยพผู้โดยสารกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงแผนการอพยพให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต
- ต้นแบบการพัฒนาแบบจำลองการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้า โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

2. ประโยชน์เชิงนโยบายและการจัดการดำเนินงาน

- ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ในรูปแบบของแบบจำลองการจราจร สำหรับการประเมินประสิทธิภาพสนับสนุนการวางแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานี
- แนวทางเบื้องต้นการออกแบบแผนการอพยพผู้โดยสารกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉินภายในสถานี
- การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีแก่บุคลากร รฟม. ให้สามารถใช้งานแบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- องค์ความรู้ด้านการวิจัยของบุคลากร รฟม. รวมทั้งส่งเสริมบรรยากาศการทำงานวิจัยของ รฟม.



1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบจำลองสภาพการจราจรคนเดิน (Microscopic pedestrian traffic simulation model) หมายถึง แบบจำลองลักษณะพฤติกรรมบุคคลที่เป็นอิสระต่อกัน หรือวัดผลความต้องการการเดินทางที่แตกต่างกันได้
2. PTV Viswalk หมายถึง แบบจำลองระดับจุลภาคที่ถูกพัฒนาขึ้นภายหลังเพื่อใช้จำลองพฤติกรรมสำหรับคนเดินเท้า สามารถจำลองลักษณะการเดินเท้าที่ให้ความสมจริงและมีการวัดประสิทธิภาพการทำงานที่ถูกต้อง
3. สถานีรถไฟฟ้า หมายถึง อาคารหรือกลุ่มอาคาร ที่ใช้เป็นจุดจอด แวะพัก เปลี่ยนขบวน สำหรับการเดินรถไฟ มีการรับส่งผู้โดยสารเป็นภารกิจหลัก และรับส่งสินค้าบ้างเป็นครั้งคราว
4. สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนเดิน (Pedestrian Facilities) หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่สร้างขึ้นบนถนน เพื่อกำหนดรูปแบบและองค์ประกอบทางกายภาพต่างๆ ที่จำเป็นหรือส่งเสริมให้เกิดการเดินได้ด้วยความสะดวกสบาย
5. สิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการเชื่อมต่อการเดินทาง (ITF) หมายถึง การออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวก
6. ความสะดวกตามหลักวิชาการการเชื่อมต่อการเดินทาง เพื่อให้เกิดการใช้บริการและการลงทุนรถไฟฟ้าซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทุกฝ่าย
7. ความจุและระดับการให้บริการ (Level of Service) หมายถึง การประเมินประสิทธิภาพและสภาพของถนนในการรองรับปริมาณจราจรหรือปริมาณคนเดินเท้า
8. แกว่คอย หมายถึง ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการมีมากกว่าความสามารถในการให้บริการจึงเกิดการต่อแถวรอการบริการ
9. การขนถ่ายผู้โดยสารออกจากรถไฟ (Detrainment) หมายถึง การขนถ่ายผู้โดยสารออกจากรถไฟในเหตุการณ์ที่ไม่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า
10. การอพยพ (Evacuation) หมายถึง การอพยพบุคคลจากพื้นที่อันตราย ไปยังพื้นที่ปลอดภัย การอพยพอาจแบ่งเป็น การอพยพที่ควบคุมได้ (Controlled Evacuation) และการอพยพที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrolled Evacuation)

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ของโครงการวิจัยการสร้างแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน แบ่งการทบทวนออกเป็น 12 ส่วนดังนี้

2.1 เหตุฉุกเฉิน (Emergency)

เหตุฉุกเฉิน คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีทันใด โดยไม่ได้มีการคาดคิดมาล่วงหน้า ไม่มีใครรู้ล่วงหน้าว่าอุบัติภัยต่างๆ จะเกิดขึ้นเมื่อใด บางครั้งอุบัติภัยหนึ่งๆ ก็เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงโดยที่ไม่มีการแจ้ง เตือนล่วงหน้าใดๆ หรือมีสิ่งบ่งชี้ล่วงหน้าให้ทราบเพียงเล็กน้อย คำว่าฉุกเฉินมีความคล้ายกับคำว่า ฉุกเฉิน (หมายความว่า ความตาม พจนานุกรม : สับสนวุ่นวายเพราะมีเรื่องเกิดขึ้นปัจจุบันทันด่วนโดยไม่คาดฝัน) คำว่า ฉุกเฉิน (emergency) ตามความหมายในพจนานุกรม หมายถึง ที่ เป็นไปโดยปัจจุบันทันด่วนและจะต้องรีบแก้ไขโดยฉับพลัน

เหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นนั้นมีหลายรูปแบบหลายเหตุการณ์ เช่น อาการบาดเจ็บส่วนบุคคล อัคคีภัย ระเบิด สารเคมี ก๊าซพิษ การทำร้ายร่างกาย หรืออุบัติภัยธรรมชาติ (พายุ น้ำท่วม แผ่นดินไหว) ตลอดจนอุบัติภัยที่เกิดจากน้ำมือมนุษย์ (การจราจร การก่อการร้าย) ซึ่งเหตุการณ์ฉุกเฉินต้องมีการคาดการณ์ล่วงหน้าและมีการวางแผนในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ เพื่อลดระดับความรุนแรงต่อคนที่อยู่ในเหตุการณ์และยังทำให้ความเสียหายต่อวัสดุอุปกรณ์ และทรัพย์สินต่างๆ ลดลง โดยเหตุฉุกเฉินสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เหตุฉุกเฉินที่คาดการณ์ได้

เนื่องจากเป็นเหตุฉุกเฉินที่สามารถคาดการณ์ได้ถึงลักษณะที่เกิด สถานที่เกิด รวมทั้งผลลัพธ์หลังเกิดเหตุ ดังนั้นเหตุฉุกเฉินในลักษณะนี้ควรมีการจัดมาตรการรักษาความปลอดภัย รวมทั้งฝึกฝนปฏิบัติ บุคคลกรเพื่อรับมือเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นเป็นประจำ เพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ทันทั่วทั้ง

2. เหตุฉุกเฉินที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้

เนื่องจากเป็นเหตุฉุกเฉินที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ไม่สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ จัดทำมาตรฐานความปลอดภัย รวมทั้งฝึกฝนปฏิบัติบุคคลกรเพื่อรับมือเหตุฉุกเฉิน ดังนั้นควรกำหนดเพียง ผู้รับผิดชอบ การสั่งการ และผู้สั่งการต้องได้รับการอบรมการฝึกมาตรฐานการออกคำสั่งปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉิน

เพื่อป้องกันการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน จึงต้องมีการเตรียมแผน “แผนรับเหตุฉุกเฉิน” คือสิ่งที่ต้องเตรียมการไว้ล่วงหน้าก่อนการเกิดเหตุ โดยมีเนื้อหาหลักที่กำหนดไว้ คือ ทำอะไร เมื่อไร อย่างไร ทำ



อย่างไร และใครเป็นคนทำ ซึ่งในการจัดทำแผนการไว้ล่วงหน้าเพื่อช่วยในการลดความรุนแรงเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

2.1.1 การระบุสถานการณ์ที่อาจเกิดเหตุฉุกเฉิน

การระบุสถานการณ์ที่อาจเกิดเหตุฉุกเฉิน คือ สิ่งที่มีอันตรายได้รับการประเมินว่ามีความรุนแรงสูง หรือมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดผลกระทบต่อระบบควบคุม ให้นำสิ่งนั้นมาจัดทำแผนรับมือเหตุฉุกเฉิน โดยในขั้นตอนแรกต้องมีการระบุถึงอุบัติการณ์ อุบัติเหตุและเหตุฉุกเฉินทั้งหมดที่อาจเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะการปฏิบัติงานตามปกติ และในระหว่างเหตุการณ์ มีแนวทางหลากหลายที่สามารถนำมาใช้ระบุเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น ดังเช่น

- ทบทวนอุบัติการณ์ที่บันทึกในไว้ 5 ปีที่ผ่านมา
- ตรวจสอบสถิติประเภทอุบัติการณ์และเหตุฉุกเฉินที่เคยเกิดขึ้นรวมทั้งพื้นที่ เวลาที่เกิดกะ(shifts) สภาพการปฏิบัติการ สภาพอากาศและปัจจัยสำคัญอื่นๆ (รวมทั้งที่เคยเกิดในรูปแบบที่ใกล้เคียง)
- ทบทวนประเด็นปัญหาอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่อาจเกิดเป็นเหตุฉุกเฉินได้ภายใต้สภาพการปฏิบัติงานที่ผิดปกติ
- ระดมความคิดจากกลุ่มบุคคลที่ทำงานในพื้นที่ต่างๆ ถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินและอุบัติการณ์ที่เป็นไปได้
- กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับกิจการเฉพาะ ที่กำหนดให้องค์กรต้องจัดทำแผนฉุกเฉินและซักซ้อม

การระบุสถานการณ์ที่อาจเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยเป็นการกำหนดเหตุฉุกเฉินและสถานที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดเหตุฉุกเฉิน เพื่อที่สามารถจัดอบรมบุคลากรและเตรียมพร้อมวัสดุอุปกรณ์ในการป้องกันการเกิดเหตุฉุกเฉิน รวมทั้งเป็นการวางแผนเพื่อป้องกันการหรือจกการเวลาเกิดเหตุฉุกเฉิน

2.1.2 ระดับของเหตุการณ์ฉุกเฉิน

ระดับของเหตุการณ์ฉุกเฉิน คือการกำหนดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นเพื่อให้ผู้คนหรือบุคลากรได้ทราบถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้น กำลังดำเนินการ เพื่อตัดสินใจดำเนินกลยุทธ์ และรวบรวมทรัพยากรทั้งในตัวบุคคลและอุปกรณ์เพื่อระงับเหตุฉุกเฉินได้ถูกวิธีและเหมาะสมกับเหตุการณ์ ในการแบ่งระดับภาวะฉุกเฉินในแต่ละองค์กรอาจแตกต่างกัน เช่น สถานการณ์ฉุกเฉินในระดับจังหวัด ระดับนิคมอุตสาหกรรม หรือระดับสถานประกอบการ โดย การจัดแบ่งระดับภาวะฉุกเฉินโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ตามความรุนแรง และความต้องการในการใช้เครื่องมือ เพื่อจัดการกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นดังนี้

1. เหตุการณ์ฉุกเฉินระดับที่ 1 ได้แก่ ภัยหรือเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน ไม่มาก ความรุนแรงของสถานการณ์จำกัดในบริเวณที่เกิดเหตุเท่านั้น ซึ่งสามารถใช้ทรัพยากรขององค์กรเข้าควบคุมและระงับเหตุได้
2. เหตุการณ์ฉุกเฉินระดับที่ 2 ได้แก่ ภัยหรือเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน ได้ขยายลุกลาม หรือคาบเกี่ยวกับการขยายลุกลาม ซึ่งเกินความสามารถของบุคลากรและ

ทรัพยากรขององค์กรที่เกิดเหตุจะควบคุมและระงับเหตุได้ ต้องขอความช่วยเหลือจากบุคลากรหรือทรัพยากรขององค์กรบริเวณใกล้เคียง อาจต้องมีการอพยพคนออกจากสถานที่เกิดเหตุ

3. เหตุการณ์ฉุกเฉินระดับที่ 3 ได้แก่ กรณีภัยหรือเหตุฉุกเฉินที่ลุกลามขยายขนาดใหญ่ เกินความสามารถของบุคลากรและทรัพยากรขององค์กรและบริเวณใกล้เคียง ในการระงับและควบคุมสถานการณ์ได้ ต้องมีการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอกหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉินโดยตรง อาจมีการอพยพคนในพื้นที่ใกล้เคียง และกำหนดเขตในการป้องกันอันตราย

ในบางกรณีอาจแบ่งระดับเหตุการณ์ฉุกเฉินเพิ่มอีกระดับหนึ่ง คือ เหตุการณ์ฉุกเฉินระดับวิกฤต ได้แก่ ภัยหรือเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น ก่อให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตของพนักงานและประชาชนทั่วไปจำนวนมาก ทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินอย่างใหญ่หลวง ตลอดจนเกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง การระงับเหตุฉุกเฉินต้องระดมบุคลากรที่เกี่ยวข้องและทรัพยากรอื่นๆ ทั้งจากระดับประเทศหรือนานาชาติเข้ามาช่วยกันระงับเหตุ

2.1.3 ขั้นตอนปฏิบัติในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนในการปฏิบัติในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน หรือการวางแผนรับเหตุฉุกเฉิน ก่อนทำการวางแผนต้องทราบถึงชนิดของเหตุฉุกเฉินที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดเหตุฉุกเฉินต้องได้รับการกำหนดแผนผังให้ชัดเจน และมีการจัดอุปกรณ์การป้องกันสำหรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งระบบการจัดการกับเหตุฉุกเฉินที่มาจากคนและเหตุภัยธรรมชาติ องค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการเหตุฉุกเฉินจะมี 4 ประเด็นได้แก่

1. การป้องกัน (Prevention)
2. การเตรียมการ (Preparedness)
3. การตอบสนอง/ตอบโต้ (Response)
4. ฟื้นฟูเยียวยา (Recovery)

องค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการเหตุฉุกเฉิน ที่ควรมีการเตรียมการและเข้มงวดคือในส่วน การป้องกัน (Prevention) และการเตรียมการ (Preparedness) เพราะเป็นสิ่งที่สามารถเตรียมพร้อมไว้ล่วงหน้าเพื่อไม่ให้เหตุฉุกเฉินเกิดขึ้น ส่วนในประเด็นการตอบสนอง/ตอบโต้ (Response) เป็นสิ่งที่ไม่มี ความแน่นอนสูงเพราะเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน การควบคุมการจัดการคนให้เป็นไปตามแผนเป็นไปได้ยาก หากไม่มีการซักซ้อมเป็นประจำ ส่วนในเรื่องฟื้นฟูเยียวยา (Recovery) คือทำหลังเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้นและทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว เป็นส่วนที่ต้องจัดทำแต่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น ดังนั้นควรให้ความสำคัญกับการป้องกัน และการเตรียมการ



2.1.4 แผนฉุกเฉิน (Emergency Plans)

การตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินเป็นแนวทางในการลดความรุนแรงและความเสียหายต่ออุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ดังนั้นต้องมีการจัดทำแผนฉุกเฉิน (Emergency Plans) เพื่อกำหนดมาตรฐาน วิธีการ ขั้นตอน โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- เพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ และจำกัดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สินและสิ่งแวดล้อมให้ลดลง
- ช่วยผู้ที่ตกอยู่ในสถานการณ์หรือเหตุฉุกเฉิน รักษาชีวิตผู้ปฏิบัติตามแผน และผู้ที่บาดเจ็บจากเหตุฉุกเฉิน
- เพื่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างองค์กร โดยกำหนดหน้าที่รับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งแนวทางการประสานความร่วมมือ
- เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับตอบโต้เหตุฉุกเฉิน
- เพื่อให้บุคคลกรรู้หน้าที่ของตนเองโดยการฝึกซ้อมการปฏิบัติการตามแผนฉุกเฉินและทำให้เกิดความฉุกเฉิน
- ทำให้เกิดการประสานงานทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน ในการช่วยเหลือและกู้ภัย

ในการจัดทำแผนฉุกเฉินควรมีการฝึกซ้อมแผนฉุกเฉิน รวมทั้งกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการป้องกันเหตุฉุกเฉิน สำหรับองค์กรที่มีขนาดใหญ่หรือเป็นองค์กรที่อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงควรมีการเตรียมพร้อมเพิ่มเติมเกี่ยวกับแผนการรับมือเหตุวินาศกรรม แผนรับมือสำหรับภัยตามธรรมชาติ และแผนในการควบคุมฝูงชนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยในการจัดทำแผนรับมือเหตุฉุกเฉิน ต้องพิจารณาข้อมูลดังต่อไปนี้

- ลักษณะทางการภาพของพื้นที่ที่จัดทำแผนการรับมือเหตุฉุกเฉิน
- พื้นที่ที่เป็นพื้นที่เสี่ยงก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เช่น อาคารเก็บวัตถุไวไฟ เชื้อเพลิง เคมีภัณฑ์
- บริเวณโดยรอบ เส้นทางการจราจรและเส้นทางการเดินของคนเดิน
- จำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละช่วงเวลา
- ความรู้พื้นฐานด้านการระงับเหตุฉุกเฉินของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ
- ระบบเครื่องมือในการระงับเหตุ เช่น อุปกรณ์ฉุกเฉิน หน้ากาก เครื่องช่วยหายใจ เป็นต้น
- ตำแหน่งห้องสำคัญ เช่น ห้องกำหนดไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำดับเพลิง ห้องควบคุมไฟฟ้า
- ระบบการติดต่อสื่อสารในเวลาปกติและเวลาเกิดเหตุฉุกเฉิน
- การทำการของระบบการแจ้งเตือน ระบบการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ ระบบดับเพลิง
- จุดที่ตั้งอำนวยความสะดวก จุดรวมพล พื้นที่สำรอง แหล่งน้ำแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง

โดยในการรับมือเหตุฉุกเฉินควรมีการกำหนดอำนาจหน้าที่ บทบาท และความรับผิดชอบ ต่อพนักงานและพนักงานควรมีส่วนรวมการกำหนดจัดทำแผนฉุกเฉิน เพื่อให้ทางพนักงานได้รับรู้แผน และสามารถตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน รวมทั้งการประสานงานระหว่างองค์กร

2.1.5 การจัดทำแผนฉุกเฉิน

แผนฉุกเฉินมีไว้สำหรับเหตุการณ์รุนแรงที่มีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินหรือต้องการความร่วมมือจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ มาช่วยแก้ไขปัญหา โดยการจัดทำแผนฉุกเฉินโดยเริ่มจากการประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์ สำหรับเหตุการณ์ที่ไม่มีความรุนแรงหรือผู้พบเห็น พนักงานสามารถระงับเหตุการณ์ได้ทันทีจึงไม่จำเป็นต้องมีการจัดทำแผนฉุกเฉิน

ในการจัดทำแผนฉุกเฉินมีแนวทางโดยเริ่มจากการสำรวจเพื่อวางแผน เช่น สำรวจสถานที่ อันตรายต่างๆ และการป้องกัน สำรวจแนวทางในการช่วยชีวิต (ทางหนีไฟ อุปกรณ์ช่วยชีวิต) และเมื่อทำการสำรวจเบื้องต้นเสร็จสิ้น ในขั้นตอนต่อไปในการจัดทำแผนฉุกเฉิน คือ การร่างผังตำแหน่งต่างๆ ที่ทำการสำรวจดังต่อไปนี้

- ตำแหน่งแผนผังสถานที่ ประกอบด้วย ตำแหน่ง ลักษณะทางกายภาพ ทางเข้า-ออก ถนนบริเวณโดยรอบ
- เส้นทางหนีไฟ บันไดหนีไฟ ทางเข้า-ออกอาคาร ตำแหน่งลิฟต์และหน้าต่าง
- ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิง ระบบน้ำดับเพลิง
- ตำแหน่งติดตั้งสัญญาณเตือนภัย
- ตำแหน่งการเก็บอุปกรณ์ในการป้องกันภัยส่วนบุคคล เครื่องมือดับเพลิง อุปกรณ์ปฐมพยาบาล
- ตำแหน่งศูนย์ควบคุมเหตุฉุกเฉิน หน่วยปฐมพยาบาล
- สถานที่ตั้งของหน่วยงานภายนอกที่สามารถขอความช่วยเหลือ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

โดยในขั้นตอนต่อไปในการจัดทำแผนฉุกเฉินหลังจากการร่างผังตำแหน่งต่างๆ คือการกำหนดแผนฉุกเฉินเพื่อตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น โดยหัวข้อสำคัญที่ต้องรวมอยู่ในแผนฉุกเฉิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผู้รับผิดชอบในการจัดทำและปรับปรุงแผนฉุกเฉิน

มีความจำเป็นที่ต้องระบุชื่อและตำแหน่งผู้รับผิดชอบในแผน เพื่อให้มั่นใจในแผนฉุกเฉินมีทันสมัยและพร้อมใช้งานตลอดเวลา เพราะเมื่อถึงเวลาที่เกิดเหตุฉุกเฉินและมีการใช้งานแผนฉุกเฉิน แต่ผู้รับผิดชอบในแผนตามตำแหน่งได้ออกจากองค์กรหรือระบบต่างๆ ได้มีการเปลี่ยนแปลง อาจส่งผลกระทบต้องแผนฉุกเฉิน

2. การเตือนภัยและการสื่อสารตามระบบ (Notification & Communication)

จำเป็นต้องระบุให้ทราบ เนื่องจากอาจไม่ใส่ใจและข้ามขั้นตอนที่ถูกต้องจนมีผลให้การช่วยเหลือที่จำเป็นมาถึงล่าช้าหรือทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการให้ความช่วยเหลือที่ไม่ตรงตามเป้าหมายที่เกิดขึ้น



3. การระดมพลและการกู้ภัย (Activation & Response)

เพื่อให้พนักงานหรือบุคคลกรทราบถึงการเข้ารายงานตัวและการเตรียมพร้อมเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งตอบสนองต่อสถานการณ์ได้ทันเวลาที่ ควรมีข้อมูลที่สำคัญดังนี้

- แผนผังการบังคับบัญชาฉุกเฉิน (Emergency Response org.)
- บทบาทและหน้าที่รับผิดชอบ (Roles & Responsibilities)
- การร้องขอความช่วยเหลือ (Requesting Assistance)
- ขั้นตอนและวิธีการรายงาน (Reporting Procedure)

4. ขั้นตอนการรับมือกับเหตุการณ์ต่างๆ (Response procedure)

เพื่อระบุถึงการประเมินเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นและขั้นตอนต่างๆ ในการกู้ภัยในสถานการณ์ที่ได้รับการประเมิน

5. ระบบสั่งการหรืออำนวยการ (Command System)

เพื่อให้ทราบถึงระบบการสั่งการและบทบาทของแต่ละหน่วยงานภายในผังแสดงสายบังคับบัญชาฉุกเฉิน (Emergency Response Organization) รวมถึงการประสานงานกับภาครัฐทำให้การผสมผสานการทำงานระหว่างหน่วยงานของรัฐและเอกชนในการกู้ภัยเป็นไปอย่างราบรื่นรวดเร็ว เพราะทุกคนจะเข้าใจในหน้าที่ของตนเองที่ได้รับมอบหมายมาและเข้าใจว่าหน่วยงานอื่นจะช่วยเหลืองานของตนอย่างไร

6. วิธีการติดต่อและหมายเลขติดต่อกับสมาชิกของทีมกู้ภัย (Response Team Member Contact)

รายชื่อของสมาชิกและหมายเลขติดต่อจะต้องได้รับการแก้ไขโดยผู้รับผิดชอบที่ระบุไว้ในข้อ 1 ทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลของส่วนบริการที่เกี่ยวข้องมีไว้เพื่ออำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ทันที ดังนั้นควรรวบรวมและจัดทำให้อ่านง่ายพร้อมใช้งานได้ทันที โดยทั่วไปข้อมูลประกอบด้วย ชื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ ผู้ที่จะติดต่อเพื่อขอความช่วยเหลือ

7. รายการอุปกรณ์กู้ภัยที่มีอยู่ (Equipment List)

นอกเหนือจากอุปกรณ์ที่เรามีแล้ว เราควรระบุถึงอุปกรณ์ที่เราสามารถขอยืมมาใช้ได้ทันทีจากองค์กรอื่นๆ ที่มีสัญญาผูกพันต่อกันด้วย รายการเครื่องมือจะช่วยให้เราสามารถประเมินได้ว่าหากเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงแล้วเราจะสามารถหาอุปกรณ์ที่ต้องการในเวลาฉุกเฉินได้หรือไม่และจากที่ใด หากประเมินแล้วพบว่าไม่มีพอหรือหาจากองค์กรอื่นไม่ได้ ก็ต้องทำการจัดซื้อจัดหาเพื่อบรรจุเข้าไว้ในรายการอุปกรณ์กู้ภัยที่จำเป็น

8. รายละเอียดการดำเนินการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินในสถานการณ์ต่างกัน

การปฏิบัติการแก้ไขภาวะฉุกเฉินขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและระดับความรุนแรงของสถานการณ์ ซึ่งผู้อำนวยการตามแผนมีหน้าที่ตัดสินใจสั่งการตามข้อมูลที่ได้รับ เพื่อตัดสินใจว่าควรดำเนินการอย่างไรกับสถานการณ์ดังกล่าว ดังนั้นแผนฉุกเฉินจึงต้องวางแนวทางการปฏิบัติให้ชัดเจนในแต่ละ

สถานการณ์และระดับความรุนแรง โดยกำหนดแผนงานบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงที่คาดว่าจะเกิดขึ้น พร้อมวิธีปฏิบัติในการตอบโต้ สถานการณ์ของผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบตามโครงสร้างอำนาจหน้าที่และการประสานงานระหว่างกัน

2.1.6 กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555

โดยแนวทางในการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยภายในตัวอาคาร และเป็นแนวทางในการแสดงถึงระบบรักษาความปลอดภัยให้แก่ผู้คนที่มาใช้บริการหรือพนักงานขององค์กร โดยอ้างอิง ราชกิจจานุเบกษา กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 วรรคหนึ่ง และมาตรา 8 วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติ ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับ มาตรา 33 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงานออกกฎกระทรวงไว้

ในหมวด 2 เรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับอาคารและทางหนีไฟ โดยที่มีรายละเอียดกฎกระทรวงดังต่อไปนี้

ข้อ 8 ให้นายจ้างจัดให้มีเส้นทางหนีไฟทุกชั้นของอาคารอย่างน้อยชั้นละสองเส้นทางซึ่งสามารถอพยพลูกจ้างที่ทำงานในเวลาเดียวกันทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกินห้านาที เส้นทางหนีไฟจากจุดที่ลูกจ้างทำงานไปสู่จุดที่ปลอดภัยต้องปราศจากสิ่งกีดขวาง ประตูที่ใช้ในเส้นทางหนีไฟต้องทำด้วยวัสดุทนไฟ ไม่มีธรณีประตูหรือขอบกั้น และเป็นชนิดที่บานประตูเปิดออกไปตามทิศทางของการหนีไฟกับต้องติดอุปกรณ์ที่บังคับให้บานประตูปิดได้เอง ห้ามใช้ ประตูเลื่อน ประตูม้วน หรือประตูหมุน และห้ามปิดตาย ใส่กลอน กุญแจ ผูก ล่ามโซ่ หรือทำให้เปิดออกไม่ได้ในขณะที่มีลูกจ้างทำงาน

ข้อ 9 สถานประกอบกิจการที่มีอาคารตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป หรือมีพื้นที่ประกอบกิจการตั้งแต่ สามร้อยตารางเมตรขึ้นไป ให้นายจ้างจัดให้มีระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในสถานประกอบกิจการทุกชั้น โดยให้ปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

1. ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อย่างน้อยต้องประกอบด้วย

- อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั้งที่ใช้ระบบแจ้งเหตุอัตโนมัติและระบบแจ้งเหตุที่ใช้มือ เพื่อให้ อุปกรณ์ส่งสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทำงาน
- อุปกรณ์ส่งสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องสามารถส่งเสียงหรือสัญญาณให้ทุกคน ภายในอาคารได้ยินหรือทราบอย่างทั่วถึงเพื่อการหนีไฟ



2. อุปกรณ์แจ้งเหตุที่ใช้มือต้องอยู่ในที่เห็นได้อย่างชัดเจน เข้าถึงได้ง่าย หรืออยู่ในเส้นทางหนีไฟ โดยติดตั้งห่างจากจุดที่ลูกจ้างทำงานไม่เกินสามสิบเมตร
3. เสียงหรือสัญญาณที่ใช้ในการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องมีเสียงหรือสัญญาณที่แตกต่างไปจากเสียงหรือสัญญาณที่ใช้ในสถานประกอบกิจการ
4. กิจการโรงพยาบาลหรือสถานที่ห้ามใช้เสียงหรือใช้เสียงไม่ได้ผล ต้องจัดให้มีอุปกรณ์หรือมาตรการอื่นใด เช่น สัญญาณไฟ หรือรหัส ที่สามารถแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การติดตั้งระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือมาตรฐานอื่นที่อธิบดีกำหนด

ข้อ 10 ให้นายจ้างจัดให้มีแสงสว่างอย่างเพียงพอสำหรับเส้นทางหนีไฟในการอพยพลูกจ้างออกจากอาคารเพื่อการหนีไฟ รวมทั้งจัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองที่สามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อการหนีไฟและสำหรับใช้กับอุปกรณ์ดับเพลิงขั้นต้นหรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องได้ในทันทีที่ไฟฟ้าดับ

ข้อ 11 ให้นายจ้างจัดให้มีป้ายบอกทางหนีไฟที่มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

- ขนาดของตัวหนังสือต้องสูงไม่น้อยกว่าสิบห้าเซนติเมตร และเห็นได้อย่างชัดเจน
- ป้ายบอกทางหนีไฟต้องมีแสงสว่างในตัวเองหรือใช้ไฟส่องให้เห็นได้อย่างชัดเจนตลอดเวลาทั้งนี้ ต้องไม่ใช่สีหรือรูปร่างที่กลมกลืนไปกับการตกแต่งหรือป้ายอื่นๆ ที่ติดไว้ใกล้เคียง หรือโดยประการใดที่ทำให้เห็นป้ายไม่ชัดเจน

นายจ้างอาจใช้รูปภาพบอกทางหนีไฟตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ ทั้งนี้ ต้องให้เห็นได้อย่างชัดเจน โดยราชกิจจานุเบกษาฉบับนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันขั้นพื้นฐาน

2.2 พฤติกรรมมนุษย์ (Human Behaviors)

พฤติกรรม (Behavior) คือ กริยาอาการที่แสดงออกหรือปฏิกิริยาโต้ตอบเมื่อเผชิญกับสิ่งเร้า (Stimulus) หรือสถานการณ์ต่างๆ อาการแสดงออกต่างๆ เหล่านั้น อาจเป็นการเคลื่อนไหวที่สังเกตได้ หรือวัดได้ เช่น การเดิน การพูด การเขียน การคิด การเต้นของหัวใจ เป็นต้น อาจจะสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมที่ไม่สามารถควบคุมได้เรียกว่า เป็นปฏิกิริยาสะท้อน เช่น การสะดุ้งเมื่อถูกเข็มแทง การกระพริบตา เมื่อมีสิ่งมากระทบกับสายตา ฯลฯ
2. พฤติกรรมที่สามารถควบคุมและจัดระเบียบได้ เนื่องจากมนุษย์มีสติปัญญา และอารมณ์ (EMOTION) เมื่อมีสิ่งเร้ามากระทบ สติปัญญาหรืออารมณ์ จะเป็นตัวตัดสินว่า ควรจะปล่อยปฏิกิริยาใดออกไป

โดยแบ่งการควบคุม เป็นถ้าสติปัญญาควบคุมการปล่อยกิริยา เรียกได้ว่าเป็นการกระทำตามความคิดหรือทำด้วยสมอง แต่ถ้าอารมณ์ควบคุมเรียกว่า เป็นการทำตามอารมณ์ หรือปล่อยตามใจ นักจิตวิทยาส่วนใหญ่เชื่อว่า อารมณ์มีอิทธิพลหรือพลังมากกว่าสติปัญญา ทำให้พฤติกรรมส่วนใหญ่เป็นไปตามความรู้สึกและอารมณ์เป็นพื้นฐาน

2.2.1 พฤติกรรมรวมหมู่ (Collective behavior)

พฤติกรรมรวมหมู่ มิใช่พฤติกรรมของกลุ่มสังคม (Social Group) เพราะไม่ปฏิบัติตามบรรทัดฐานหรือวัฒนธรรมของสังคม นักสังคมวิทยาถือว่า พฤติกรรมรวมหมู่เป็นการรวมกลุ่มที่ไม่มีโครงสร้าง โดยบุคคลเหล่านั้น มิได้รู้จักคุ้นเคยกันอย่างแท้จริง และการแสดงออกของกลุ่มคนดังกล่าว ก็ไม่เกี่ยวข้องกับบทบาทและสถานภาพของบุคคลนั้น พจนานุกรมศัพท์สังคมวิทยา อังกฤษ – ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2524 : 38) ได้กำหนดความหมายของ “พฤติกรรมรวมหมู่” ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมของกลุ่มในลักษณะที่บุคคลทั้งหลายในกลุ่มนั้นกระทำการด้วยแรงจูงใจ ความรู้สึก และเจตคติที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เสมือนว่ากลุ่มนั้นคือคนคนเดียว

อาจสรุปได้ว่า “พฤติกรรมรวมหมู่” หมายถึง พฤติกรรมของคนจำนวนมากที่เกิดขึ้นด้วยความสมัครใจในสถานการณ์ที่ตื่นเต้น ตระหนกตกใจและถูกกระตุ้นยั่วให้กระทำการบางอย่าง จากผู้ที่เข้าร่วมโดยมิได้อยู่ภายใต้การควบคุมของบรรทัดฐานทางสังคม หรือระบบของวัฒนธรรม โดยมีจุดมุ่งหมายใดจุดมุ่งหมายหนึ่ง เกิดขึ้นและสิ้นสุดในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งพฤติกรรมในลักษณะสร้างสรรค์และสร้างความวุ่นวายให้แก่สังคม ซึ่งอาจมีผลและบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมได้

2.2.2 พฤติกรรมรวมหมู่ที่เป็นการแพร่ระบาดทางอารมณ์

พฤติกรรมประเภทนี้ประกอบด้วย ฝูงชน (Crowd) ฝูงชนวุ่นวาย (Mob) การจลาจล (Riot) ความแตกตื่น (Panic) ความเห่อตามกัน (Fad) ความคลั่งไคล้ (Craze) และข่าวลือ (Rumor) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ฝูงชน (Crowd)

ฝูงชน คือกลุ่มคนจำนวนมากที่มารวมกันเพื่อระบายอารมณ์และผ่อนคลายความตึงเครียดทางจิตใจ โดยที่ยังควบคุมตนเองได้ การรวมกลุ่มอาจมีการเตรียมการไว้ล่วงหน้าหรือไม่ก็ได้ เช่น การมุงดูอุบัติเหตุข้างถนน เป็นฝูงชนที่ไม่ได้มีการเตรียมการไว้ล่วงหน้า แต่นักเรียนนักศึกษาที่เข้าไปเชียร์กีฬา เป็นฝูงชนที่เกิดในสภาพการณ์ที่ได้เตรียมการไว้ล่วงหน้า

ฝูงชนไม่ใช่กลุ่มที่อยู่นอกแบบแผนของการควบคุมเสมอไป พฤติกรรมรวมหมู่ชนิดนี้ยังมีการควบคุมทางสังคม เพียงแต่เปิดโอกาสให้มีการระบายอารมณ์และความตึงเครียดของกลุ่มคน และเสริมความเป็นปึกแผ่นของกลุ่มเท่านั้น ฝูงชนที่เปิดโอกาสให้ระบายอารมณ์และความตึงเครียดได้มากคือ ฝูงชนที่มีการแสดงออกเต็มที่ ได้แก่ กลุ่มคนในงานรื่นเริงหรืองานพิธี เช่น ขบวนแห่สงกรานต์และบวชนาค ในการแข่งขันกีฬา เช่น ฟุตบอล แข่งเรือ ในงานแสดงดนตรีหรือคอนเสิร์ตของนักร้องขวัญใจวัยรุ่น ผู้คนที่รวมอยู่ในฝูงชนจะแสดงอารมณ์ความรู้สึกต่างๆ ออกมาเต็มที่ไม่ว่าจะเป็นอารมณ์รัก รื่นเริง โกรธ เกลียด ก้าวร้าว



นอกจากฝูงชนที่แสดงออกเต็มที่เช่นนี้แล้ว ยังมีฝูงชนในลักษณะอื่น ได้แก่ กลุ่มผู้ฟังหรือผู้ชมที่มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวทางอารมณ์น้อยกว่า เช่น ผู้ฟังการบรรยาย หรือผู้ชมภาพยนตร์ ผู้เข้าร่วมพิธีทางศาสนา เช่น กลุ่มคนที่ไปทำบุญที่วัด และผู้ที่เข้าร่วมการประชุมหรือการชุมนุม เช่น ผู้ฟังการหาเสียงเลือกตั้ง ผู้เข้าประชุมฟังแถลงการณ์

2. ฝูงชนวุ่นวาย (Mob)

ฝูงชนวุ่นวาย คือ กลุ่มคนที่มีการเคลื่อนไหวคึกคักและมุ่งผลบางอย่างร่วมกัน ฝูงชนจะจับกลุ่มเมื่อได้รับการยั่วยุหรือกระตุ้นอารมณ์ด้วยสัญลักษณ์ คำปลุกใจ หรือการปราศรัยเร้าใจ จะกระทำการรุนแรงบางอย่าง ฝูงชนวุ่นวายมีเป้าหมายร่วมกันอย่างชัดเจน การกระทำการรุนแรงมักแสดงออกในรูปการทำลายล้างสิ่งของ บุคคลหรือสถานที่อย่างใดอย่างหนึ่ง อารมณ์ของฝูงชนวุ่นวายจะถูกครอบงำด้วยความรู้สึกเดียวแค่น โกรธ ไม่พอใจอย่างรุนแรงจนไม่อาจยับยั้งไว้ได้ ต้องกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อระบายความรุนแรงนั้น ถ้าหากบุคคลหรือสิ่งของที่เป็นเป้าหมายของการกระทำยังไม่ชัดเจนหรือไม่อยู่ในที่นั้น ฝูงชนวุ่นวายก็จะเลือกเป้าหมายใกล้เคียงหรือเป้าหมายใดก็ได้ เพื่อรองรับอารมณ์ที่อาจไม่ใช่เป้าหมายที่แท้จริง บางครั้งการเปลี่ยนเป้าหมายของการกระทำการรุนแรงของฝูงชนวุ่นวายจึงทำให้เกิด “แพะรับบาป” (Scape Goating) ขึ้น นั่นคือเป้าหมายที่ผู้ถูกกระทำไม่รู้หรือหนีหนีอะไร แต่ต้องมารับบาปแทนเป้าหมายจริง

3. จลาจล (Riot)

จลาจล คือ กลุ่มคนที่ก่อพฤติกรรมร้ายแรงตามที่ต่าง ๆ โดยมีฝูงชนหลายกลุ่มเข้าไปเกี่ยวข้อง เป็นการแสดงความไม่พอใจ ต้องการท้าทายโดยไม่มีวัตถุประสงค์ที่แน่นอน เช่น นักโทษในคุกก่อการจลาจลเพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมปฏิบัติตามข้อเรียกร้องของตน มีการกระทำร้ายแรงต่างๆ เช่น เผาอาคาร ทำลายสิ่งของ แต่ไม่มีจุดหมายที่แน่นอนเหมือน ฝูงชนวุ่นวาย จลาจลกับฝูงชนวุ่นวายมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันที่ว่าฝูงชนวุ่นวายมีเป้าหมายที่ชัดเจน และมีความตั้งใจจะกระทำการรุนแรงระดับทำลายล้าง แต่จลาจลไม่มีเป้าหมายชัดเจนแต่ก่อความวุ่นวายรุนแรงทั่วไปเพื่อท้าทาย จลาจลอาจประกอบด้วยฝูงชนวุ่นวายหลายๆ กลุ่ม ก่อเหตุวุ่นวายในที่ต่างๆ เป็นจุดๆ

4. ความแตกตื่น (Panic)

ความแตกตื่น คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงความเห็นแก่ตัว ความสับสน วิตกกังวลและความหวาดกลัว เมื่ออยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉิน กลุ่มคนที่เกิดความตื่นตระหนกและสับสน เมื่อคิดว่าตนเองอยู่ในอันตรายและไม่สามารถควบคุมตนเองได้ กระทำสิ่งต่างๆ ลงไปโดยไร้สติหรือหมดความสามารถที่จะทำสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความแตกตื่นเกิดขึ้นได้ทั้งปรากฏการณ์ด้านสังคมและปรากฏการณ์เศรษฐกิจ ในปรากฏการณ์สังคมจะเกิดเมื่อกลุ่มคนตื่นตระหนกต่อภัยพิบัติ เช่น ไฟไหม้ สงครามกำลังจะอุบัติหรือเกิดอุบัติเหตุ เช่น เครื่องบินกำลังจะตก เรือกำลังจะล่ม ผู้คนเกิดความรู้สึกกลัวกลัวตาย ต่างพยายามหนีจากอันตรายเหล่านั้น โดยมีพฤติกรรมหลักๆ ดังต่อไปนี้

- ความต้องการที่จะหลบหนีออกจากจุดอันตราย
- การแพร่กระจายของพฤติกรรมความแตกตื่น

- ความวิตกกังวลที่พร้อมนำไปสู่การใช้ความรุนแรง
- ความไร้ตรรกะ

แต่การแก้ปัญหาในขณะที่ควบคุมสติไม่ได้ ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์หรือไม่ช่วยแก้ปัญหาให้ดีขึ้น เช่น การหนีไฟไหม้โดยกระโดดลงไปแช่น้ำ หรือการที่ผู้โดยสารเครื่องบินเฮละโลกันไปตรงทางออกฉุกเฉิน ทั้งๆ ที่กัปตันบอกให้นั่งรัดเข็มขัดอยู่กับที่ ทำให้เครื่องบินเสียการทรงตัว หรือบางครั้งก็เป็นการแสดงออกที่น่าขบขัน เช่น ขนตู่มน้ำหรือถึงขยี้หนีไฟไหม้ ปัสสาวะราดเมื่อถูกเจ้าหน้าที่ตำรวจเข้าจับกุมขณะเล่นการพนัน

5. ความเห่อตามกันและความคลั่งไคล้ (Fad and Craze)

ความเห่อตามกัน คือ อาการของกลุ่มคนที่มีความสนใจในสิ่งแปลกๆ ใหม่ๆ ที่ผ่านเข้ามาชั่วคราว ชั่วคราวแล้วก็จางไป บางทีก็เรียกว่าความนิยมชั่วคราวหรือความคลั่งไคล้ชั่วคราว ความเห่อตามกันจะเกิดขึ้นทุกๆ ไปเมื่อได้รับการกระตุ้นใจให้เอาอย่างกัน และจะกระจายอย่างรวดเร็วในสังคมปัจจุบัน ส่วนความคลั่งไคล้คือ อารมณ์ขึ้นชมรักใคร่อย่างรุนแรง ซึ่งเข้าครอบงำเวลาและพลังงานของกลุ่มคนที่เกิดอารมณ์ดังกล่าวโดยสิ้นเชิง จิตสำนึกของคนเหล่านั้นจะลดลงจนถึงระดับที่ไม่ใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจ และไม่คำนึงถึงผลในอนาคตของการกระทำของตนเอง

6. ข่าวลือ (Rumor)

ข่าวลือ คือ เรื่องราวหรือข่าวคราวที่ไม่มีการยืนยัน ถ่ายทอดกันโดยการโจษจัน ไม่มีแหล่งที่มาแน่นอน สืบหาความจริงไม่ได้ ข่าวลือมักเกิดขึ้นในสถานการณ์ที่คนรู้สึกกังวลใจหรือถูกกดดัน มีความอยากรู้อย่างยิ่ง แต่ไม่มีสื่อการติดต่อที่เชื่อถือได้ ข่าวลือมักเริ่มคันจากรายงานที่ไม่แน่นอนและบิดเบือน แล้วจะกระจายออกไปอย่างรวดเร็วโดยไม่ตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ตามลักษณะของบุคคลผู้แพร่ข่าวและการตีความของผู้รับรู้ ข่าวลือกระจายอย่างรวดเร็วก็เพราะอยู่ภายใต้อิทธิพลของอารมณ์ ในสถานการณ์ที่อารมณ์เคร่งเครียด ความสามารถของบุคคลในการสังเกตหรือตัดสินความถูกต้องของสิ่งต่างๆ ลดลง

2.2.3 พฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์ไฟไหม้

พฤติกรรมของคนที่อยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉิน หรือเหตุการณ์ไฟไหม้ คือพฤติกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์จากพฤติกรรมแบบเดิม เนื่องจากต้องอยู่ในสถานการณ์ที่กดดันและมีความรู้สึกไม่ปลอดภัย โดยที่จำเป็นต้องมีการพิจารณาและประเมินเพื่อเตรียมพร้อมในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้น สถานการณ์ที่นำไปสู่ความแตกตื่นเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น ผู้ประสบภัยรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่กะทันหัน และอาจนำไปสู่การเกิดอันตราย ทางหลบหนี หรือทางออก กำลังจะปิดอย่างรวดเร็ว เป็นต้น

ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ส่วนใหญ่ของการวิจัยมุ่งเน้นไปที่อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมและสังคมที่มีต่อพฤติกรรมของมนุษย์ และน้อยมากที่ทำการวิจัยถึงพฤติกรรมของคนกับสถานการณ์ไฟไหม้ ส่งผลถึงความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์เมื่อตกอยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉินคาดเคลื่อน เช่น ผู้ประสบภัยตอบสนองต่อสัญญาณไฟไหม้ทันทีเมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ ในความเป็นจริง ผู้ประสบภัยจะมองหาสัญญาณอื่นร่วมด้วย



เช่น กลิ่น หรือ คิวไฟ ก่อนที่จะทำการตัดสินใจต่อไป และเมื่อรู้ว่าสัญญาณเตือนนั้นเป็นของจริง แต่อาการแตกตื่นก็ไม่ได้เกิดขึ้นทันที หากผู้ประสบภัยเชื่อว่าตนสามารถทำการหลบหนีออกจากอาคารได้ รวมทั้งเมื่อสถานการณ์ฉุกเฉินเกิดขึ้น ผู้ประสบภัยนั้นคิดแต่เพียงว่า จะช่วยเหลือตัวเองเท่านั้น ทั้งที่จริงแล้ว ผู้คนจะนึกถึงความปลอดภัยของครอบครัว หรือเพื่อน ตลอดจนสิ่งของที่ตนคิดว่าสำคัญ เป็นต้น โดยทั่วไปเมื่อคนต้องเผชิญกับสถานการณ์ไฟไหม้มักทำหนึ่งในสิ่งต่อไปนี้

- ไม่ดำเนินการใด ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ไม่สนใจหรือไม่ยอมรับความหมายสิ่งที่เกิดขึ้น ไม่ใช่บ้านของตัวเอง ไม่ใช่ธุระของตัวเอง โดยที่ตัวเองไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง
- รอข้อมูลเพิ่มเติม ต้องการรู้ว่ามီးอะไรเกิดขึ้น ที่ไหน อย่างไร โดยรอข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ
- ตรวจสอบหรือสำรวจสถานการณ์ เป็นพฤติกรรมที่ฝูงชนไปรวมตัวกันโดยรอบที่เกิดเหตุ เพื่อต้องการตรวจสอบด้วยตัวเอง หรือเป็นการเรียนแบบพฤติกรรมมนุษย์ที่ต้องการอยากรู้อยากเห็น
- เตือนคนอื่นๆ พฤติกรรมในการเตือนคนที่อยู่รอบข้างหรือพฤติกรรมที่ช่วยเหลือ
- ใช้สิ่งสอนผู้อื่น เป็นพฤติกรรมในการใช้เหตุการณ์เป็นบทเรียนในการเตือนหรือสอน
- อพยพคนออกจากที่เกิดเหตุ เป็นพฤติกรรมที่ทำการอพยพโดยทันทีหรือเป็นการตื่นตระหนกรูปแบบหนึ่ง
- ต่อสู้กับไฟ เป็นพฤติกรรมที่ทำการระงับเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น
- ตื่นตกใจ เป็นพฤติกรรมที่ล้มเหลวต่อการตอบสนองเหตุฉุกเฉิน โดยที่ไม่มีสติในการควบคุมตนเอง

โดยที่คนส่วนใหญ่ก็จะตระเตรียม แนวทางของตนเอง ในการตัดสินใจและกระทำสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น จากการตีความ การรับรู้ การรวบรวมข้อมูล เนื่องจากเราได้พัฒนาโครงสร้างทางชีวภาพมีความซับซ้อนสูงและกระบวนการทางความคิด สำหรับการจัดระเบียบจัดการและการปฏิบัติตามข้อมูลที่ได้รับ (ได้รับการศึกษาสูง) ดังนั้นคนกลุ่มนี้จะเชื่อมั่นในกระบวนการจัดการที่ดีของตนเอง แต่สิ่งที่เกิดขึ้นตัวเราแทบจะไม่ได้รับแจ้งให้ทราบล่วงหน้า ว่าอีกไม่กี่นาทีข้างหน้าไฟจะไหม้ เพราะมันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการฝึกอบรมและประสบการณ์ของคนเป็นปัจจัยที่กำหนดพฤติกรรมของคนในสถานการณ์ที่กดดัน เวลาการรับรู้สถานการณ์เป็นคำที่ใช้เพื่ออธิบายว่าคนสามารถตีความข้อมูลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมอย่างไร แสดงให้เห็นถึงความตระหนักในสถานการณ์การจัดเรียงสถานการณ์จากมุมมองของตัวเองของแต่ละคน ข้อมูลที่ไม่สอดคล้องหรือคลุมเครือของเหตุการณ์เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมและการกระทำของคนเราและสิ่งที่เราต้องทำเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ คือการอพยพอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แต่จะทำได้ต้องอาศัยการฝึกอบรมที่เหมาะสมเพื่อรู้ถึงขั้นตอนการอพยพ การกำหนดหน้าที่ของบุคคลกรในองค์กรเพื่อตอบโต้กับเหตุฉุกเฉิน หรือเรียกอีกอย่างว่าแผนการอพยพ

2.2.4 รูปแบบพฤติกรรมของคนเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้

เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้คนหรือมนุษย์จะแสดงพฤติกรรมหรือนิสัยออกมาเพื่อตอบสนองกับสถานการณ์เพลิงไหม้ เพื่อเป็นการเอารอดและรับมืออย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยรวมมีรูปแบบที่พอสังเกตได้ ดังต่อไปนี้

1. พฤติกรรมรูปแบบที่ 1 ไม่มีเหตุผล เป็นพฤติกรรมของมนุษย์เกี่ยวกับความคิดของความหวาดกลัวเมื่อต้องเผชิญกับภัยไฟไหม้ร้ายแรง เกิดความเครียดทางอารมณ์ ไม่สามารถวิเคราะห์หรือไตร่ตรองว่าสถานการณ์ที่เผชิญอยู่นั้นมีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด
2. พฤติกรรมรูปแบบที่ 2 เอาแต่ใจ เป็นพฤติกรรมที่คนที่อยู่ในสถานการณ์แต่อยู่ในสถานการณ์ที่เป็นอันตรายน้อยกว่าคนอื่น แสดงอาการก้าวร้าวหรือไม่พอใจหากตนเองไม่ได้รับความช่วยเหลือก่อน เพราะคิดว่าเจ้าหน้าที่ดับเพลิงหรือคนอื่นๆ ช่วยอีกคนหนึ่งหรือคนอื่นๆ ที่ได้รับบาดเจ็บหรือตกอยู่ในสถานการณ์ที่อันตรายกว่า
3. พฤติกรรมรูปแบบที่ 3 ไม่แน่นอน เป็นพฤติกรรมที่ไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่สามารถจัดลำดับขั้นตอน แต่กระทำต่างจากคนอื่นๆ
4. พฤติกรรมรูปแบบที่ 4 ไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากการกระทำของแต่ละบุคคลไม่สามารถคาดการณ์ได้ เพราะไม่สามารถรู้ถึงความคิดของคนอื่นได้ในสถานการณ์ไฟไหม้ อาจมีคนหลายคนทำในสิ่งที่คนส่วนใหญ่หรือคนในสังคมไม่ทำ เนื่องจากมั่นใจในกระบวนการคิดของตนเอง ด้วยข้อมูลที่ตนเองมีและคิดว่าตนเองคิดและทำได้ดีกว่าคนอื่น และโดนบังคับด้วยสถานการณ์ที่เกิดขึ้นรวดเร็ว ถูกกดดันด้วยเวลา ส่งผลให้ยากที่จะปรับความคิดใหม่
5. พฤติกรรมรูปแบบที่ 5 ไม่ทราบข้อมูลหรือข้อมูลคาดเคลื่อน คนกลุ่มนี้มักขาดความเข้าใจหรือมีความเข้าใจผิด ในเรื่องความรุนแรงหรืออันตรายจากไฟไหม้นั้นรุนแรงและอันตรายมากเพียงใด ทำให้การตัดสินใจในการตอบโต้เหตุการณ์นั้นล่าช้า

ในสถานการณ์เพลิงไหม้นอกจากรูปแบบพฤติกรรมของคนหรือพฤติกรรมส่วนบุคคล ยังมีรูปแบบพฤติกรรมของอิทธิพลขององค์กรหรือกลุ่มสังคมกับการตัดสินใจเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ เนื่องจากคนอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม สังคมจึงมีอิทธิพลต่อการแสดงความคิดเห็น การประพฤติปฏิบัติ การรับรู้ข่าวสารหรือข้อมูล การศึกษาวิจัยในกรณีเกิดเหตุไฟไหม้ได้แสดงให้เห็นว่าหน่วยงานหรือองค์กรนั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อการกระทำของผู้คน การกระทำเหล่านี้รวมถึง

- พฤติกรรมหลีกเลี่ยง คนกลุ่มนี้มีข้อมูลและเทคนิควิธีคิดที่แตกต่างจากกลุ่มหรือสังคม กิจกรรมอันเป็นสาธารณะจะไม่เข้าร่วม และหากเกิดเหตุไฟไหม้ขึ้นเมื่อมีการอพยพ จะมีวิธีการหลีกเลี่ยง ไม่สามารถควบคุมได้เหมือนกับคนอื่นๆ
- พฤติกรรมความร่วมมือ เมื่อมีคนได้รับความสนใจและเป็นที่ยอมรับว่าสามารถทำหรือหัวหน้าแก้ไขสถานการณ์ได้จากกลุ่มหรือสังคม คนอื่นๆ จะตอบสนองออกมาในรูปแบบความร่วมมือ ที่



เห็นเป็นรูปธรรม คือเมื่อเกิดไฟไหม้ความรวดเร็วในการอพยพหนีไฟสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบ

- พฤติกรรมมุ่งมั่น เมื่อคนได้เริ่มมีส่วนร่วมในพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่ทางสังคมยอมรับ ก่อเกิดแรงขับเคลื่อนขึ้นภายใน เพื่อรักษาเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ ไม่ให้ถูกตำหนิหรือว่าจากกลุ่มในสังคม
- พฤติกรรมบทบาท คนที่อยู่ในองค์กรและกำหนดให้มีบทบาทสำคัญเป็นวิธีที่สำคัญของการทำให้เกิดความรู้สึก กระตุ้นการตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉินได้ดี หากมีการอพยพแม้ไม่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าก็ตาม

แต่จากการประเมินพฤติกรรมของมนุษย์เมื่ออยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉิน ผู้คนยังสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้ ในแนวคิดเรื่องความแตกตื่นในสถานการณ์วิกฤตหรือไฟไหม้ทำให้คนแสดงพฤติกรรมที่แย่ที่สุดออกมา แต่ในทางตรงกันข้าม สถานการณ์ฉุกเฉิน ทำให้มนุษย์กลายเป็นคนที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ และที่สำคัญคือพฤติกรรมมนุษย์ในสถานการณ์ฉุกเฉิน เป็นสิ่งที่สามารถคาดการณ์และควบคุมได้ ผ่านการวางแผนและความเข้าใจที่ดี

โดยงานวิจัยของ Chris Cocking et al. (2009) ศึกษาวิจัยเรื่องจิตวิทยาของพฤติกรรมผู้คนเมื่อทำการอพยพฉุกเฉิน: ผลจากการสอบถามผู้ประจักษ์และคำแนะนำจากหน่วยกู้ภัย เป็นการศึกษาพฤติกรรมคนเมื่ออยู่ในสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งเป็นการทำการแบบสอบถามให้กับผู้ที่เคยประสบถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินมาก่อน ไม่วางแผนจะเป็นการวางแผนระเบิด หรือเหตุจลาจลระหว่างการแข่งขันฟุตบอล เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศอังกฤษ ตลอดจนมีการสอบถามคำแนะนำจากหน่วยกู้ภัย ซึ่งผลจากการสอบถามผู้ประจักษ์พบว่า เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินแต่ละครั้ง ชาวหรือผู้ที่ไม่ได้อยู่ในเหตุการณ์มักเข้าใจว่าเหตุฉุกเฉินจะต้องนำมาซึ่งความโกลาหล แต่ในความเป็นจริง จากการสอบถามผู้ที่เคยประสบเหตุจลาจลโดยตรงกลับพบว่า เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น ผู้คนส่วนใหญ่จะมีการตั้งสติ และทำตามระเบียบการอพยพมากกว่าที่จะแสดงความเห็นแก่ตัวหรือแตกตื่นจนเกินเหตุ

นอกจากนี้คำแนะนำสำหรับการอพยพอย่างมีประสิทธิภาพจากหน่วยกู้ภัยยังสรุปได้ว่า ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการการอพยพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน คือต้องมีการเตรียมพร้อมรับมือกับเหตุฉุกเฉินอย่างมีเหตุผล รู้จักการประมาณสถานการณ์ และมีการวางแผนรับมือแม้สถานการณ์เลวร้ายถึงขีดสุด ทั้งนี้ผู้วางแผนทำการอพยพต้องรู้จักสื่อสารกับผู้อพยพอย่างถูกวิธี เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนหรือวิตกกังวลแก่ผู้อพยพ โดยผลสรุปของงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การอพยพเป็นพฤติกรรมที่มนุษย์สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ และผู้วางแผนการอพยพมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้การอพยพสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.5 แนวทางในการแนะนำแผนการอพยพ การป้องกันและมาตรการรับมือกับเหตุฉุกเฉิน

โดยแนวทางในการแนะนำแผนการอพยพ การป้องกันและมาตรการรับมือกับเหตุฉุกเฉิน แก่ผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟ ขณะเกิดเหตุฉุกเฉินอาจมีอาการฝูงชนตื่นตระหนก (Panic) ซึ่งต้องมีวิธีการควบคุมขณะเกิดเหตุ โดยศึกษาการจัดการหรือการควบคุมฝูงชนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินของบริษัท MTR

corporation Limited (MTRCL) และ Kowloon-Canton Railway Corporation (KCRC) ในเรื่องการป้องกันและมาตรการการรับมือเหตุฉุกเฉิน

โดยศึกษา เรื่องการป้องกันและมาตรการการรับมือเหตุฉุกเฉิน เมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ในวันที่ 5 มกราคม 2004 ที่เขตบริหารพิเศษฮ่องกงแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งผู้โดยสารรายหนึ่งได้ทำการก่อประกายไฟบนวัสดุไวไฟในขบวนรถไฟ T61 ของบริษัท MTR กำลังเดินทางจากสถานี Tsim Sha Tsui (TST) ไปยังสถานี Admiralty (ADM) โดยในขณะที่เกิดเหตุทาง MTRCL ก็สามารถควบคุมเหตุการณ์ได้อย่างดีทำให้ไม่มีผู้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บสาหัส ทางรัฐบาลได้ให้บริษัททั้งสองทำการตรวจสอบ สิ่งอำนวยความสะดวก การเตรียมการ และขั้นตอนการรับมือ โดยมีขั้นตอนดังตารางที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1 รายงานสถานการณ์การเกิดกรณีการลอบวางเพลิงเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2004

เวลา (ชั่วโมง)	เหตุการณ์	หมายเหตุ
09:12 น.	ผู้ควบคุมการเดินรถสังเกตเห็นความวุ่นวาย ได้ยินเสียงผู้ชายตะโกนว่า “ไฟไหม้และขอความช่วยเหลือ” ซึ่งผู้ควบคุมเห็นเปลวไฟลอดผ่านประตูพร้อมด้วยควันเข้าไปห้องควบคุมการเดินรถ	เหตุไฟไหม้เริ่มขึ้น
	อุปกรณ์เตือนภัยผู้โดยสารได้ถูกใช้งานในขณะที่รถไฟอยู่ระหว่างสถานี TST และ ADM	
	ผู้ควบคุมการเดินรถได้วิทยุแจ้งผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) เรื่องเหตุการณ์ไฟไหม้	ผู้ควบคุมการเดินรถแจ้งผู้ควบคุมการจราจร
	ผู้ควบคุมการเดินรถได้ประกาศแจ้งผู้โดยสารเป็นภาษา Cantonese สองครั้ง และให้ผู้โดยสารเคลื่อนไปยังด้านหลังรถไฟเพื่อรักษาระยะห่างกับไฟ	
	ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) ได้สั่งให้รถไฟขบวน T43 ที่ตามมาหยุด ณ อาคารระบายอากาศทางทิศใต้ (SVB) บน ADM 10T ประมาณ 360 เมตรจาก ADM	รถไฟขบวนที่ตามมาหยุด
09:13 น.	ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) แจ้งผู้ควบคุมสถานี ADM โดยตรงเพื่อสั่งให้เตรียมการสำหรับการอพยพ	ผู้ควบคุมการจราจรแจ้งสถานี ADM
09:14 น.	รถไฟขบวน T61 ถึงสถานี ADM และทำการเปิดประตูในเวลา 2 วินาทีสำหรับการอพยพออกจากขบวนรถทันที	ทำการอพยพจากขบวนรถไฟ
	ผู้ควบคุมการเดินรถทำการควบคุมประตูให้ทำการเปิดค้างไว้อย่างต่อเนื่อง	
	ศูนย์ควบคุมได้สั่งให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถทำแจ้งเจ้าหน้าที่ดับเพลิงและเจ้าหน้าที่ตำรวจ	
	ผู้ควบคุมสถานีได้ทำการแจ้งให้หน่วยรักษาความปลอดภัยประจำสถานีเกี่ยวกับเหตุไฟไหม้และสั่งให้ใช้ถังดับเพลิงเข้าควบคุมไฟบริเวณชานชาลา	



เวลา (ชั่วโมง)	เหตุการณ์	หมายเหตุ
	ศูนย์ควบคุมการเดินรถได้แจ้งเจ้าหน้าที่ดับเพลิงและเจ้าหน้าที่ตำรวจโดยตรง	ติดต่อหน่วยบริการเหตุฉุกเฉิน
	ศูนย์ควบคุมประกาศภาวะฉุกเฉิน	ภาวะฉุกเฉินถูกประกาศ
	ศูนย์ควบคุมการเดินรถทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังทุกสถานี	
	ศูนย์ควบคุมทำการแจ้งกระทรวงคมนาคมถึงเหตุฉุกเฉินให้สัญญาณรหัสแดง	กระทรวงคมนาคมถูกแจ้งและให้สัญญาณรหัสแดง
	หน่วยรักษาความปลอดภัยประจำสถานีและผู้ควบคุมสถานีมาถึงชานชาลาและสังเกตเห็นควันที่ตู้แรก จึงทำการใช้ถังดับเพลิงเข้าควบคุมไฟ โดยสามารถดับไฟได้หมด	ควบคุมเพลิงไหม้ได้สำเร็จ
09:15 น.	ขบวนรถไฟสาย TWL ที่ให้บริการระหว่าง CEN และ TST ถูกยกเลิก	
	ขบวนรถไฟสาย ISL เริ่มให้บริการแต่ไม่หยุดที่สถานี ADM	
09:16 น.	หน่วยรักษาความปลอดภัยประจำสถานีทำการยับยั้งเปลวไฟที่ไหม้บนวัสดุ	
	ผู้จัดการหน่วยงานรักษาความปลอดภัยประจำสถานีทำการเปิดใช้งานสัญญาณอพยพเพื่อทำการเริ่มขั้นตอนการอพยพออกจากสถานี	เริ่มการอพยพออกจากสถานี
	เจ้าหน้าที่ตำรวจมาถึงสถานี ADM และช่วยเหลือการอพยพผู้โดยสารไปยังจุดปลอดภัย	เจ้าหน้าที่ตำรวจมาถึงสถานที่เกิดเหตุ
09:20 น.	เจ้าหน้าที่ดับเพลิงมาถึงบริเวณชานชาลา	เจ้าหน้าที่ดับเพลิงมาถึงสถานที่เกิดเหตุ
09:23 น.	ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมถูกเปิดใช้งานในโหมด 202 สำหรับการดูดควันออก	เครื่องดูดควันถูกเปิดใช้งาน
09:27 น.	DSM CC Tang มาถึงที่สถานี ADM และทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมเหตุการณ์	
	การอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีเสร็จสิ้น และสถานี ADM ถูกปิด	ปิดสถานีหลังจากการอพยพเสร็จสิ้น
09:34 น.	ขบวน T61 ถูกควบคุมด้วย Restricted Manual (RM) mode ไปยังด้านข้างสถานีเพื่อเคลียร์ชานชาลา	
09:40 น.	ทำการให้บริการสถานี ADM อีกครั้งหลังจากการหยุดให้บริการสถานีเป็นเวลา 25 นาที	เปิดให้บริการอีกครั้ง
09:42 น.	ผู้ควบคุมยกเลิกภาวะฉุกเฉิน	ภาวะฉุกเฉินถูกยกเลิก
	ผู้ควบคุมแจ้งเตือนไปยังกระทรวงคมนาคมและทำการยกเลิกรหัสแดง	ทำการแจ้งกระทรวงคมนาคม ยกเลิกรหัสแดง

ที่มา : LegCo Panel on Transport Subcommittee on Matters Relating to Railways Preventive and Response Measures for Emergency Incidents (2004)

จากตารางการจัดการควบคุมฝูงชนเพื่ออพยพออกจากสถานีรถไฟใต้ดินใช้เวลา 11 นาที ตั้งแต่แจ้งเตือนการอพยพ การประกาศการอพยพที่สถานี ADM เริ่มขึ้นเมื่อเวลา 09:16 น. โดยทำการประกาศให้

ผู้โดยสารราว 40 ถึง 50 คนที่ยังอยู่บนขานชาลาออกจากสถานี และอพยพเสร็จสิ้นที่เวลา 09:27 น. ซึ่งเวลาที่ต้องใช้ในการอพยพควรไม่เกิน 6 นาที (NFPA 130) เนื่องจากผู้โดยสารเดินทางเข้าสู่พื้นที่คอขวด (Bottlenecks) บริเวณประตูอัตโนมัติ (Fare Gate) เพื่อขึ้นตัวโดยสาร ทำให้เกิดการล่าช้าในการอพยพ

โดยใช้เวลาทั้งหมดตั้งแต่เกิดเหตุเพลิงไหม้จนถึงผู้ควบคุมแจ้งไปยังกระทรวงคมนาคมและทำการยกเลิกรหัสแดงหรือเปิดการใช้งานสถานี ทั้งหมด 30 นาที ซึ่งเป็นการทำงานที่รวดเร็วและมีระบบต่อการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน โดยพฤติกรรมของผู้โดยสารขณะเกิดเหตุไฟไหม้ก่อนที่มีการประกาศการอพยพที่มาจากพยาน 4 คน ผู้อยู่ในเหตุการณ์และจากการสังเกตวิดีโอบันทึกของกล้อง CCTV ในสถานีรถไฟ ADM รายละเอียดดังต่อไปนี้

- พยานผู้อยู่ในเหตุการณ์คนแรก นามสมมติ นาย ก รู้สึกประหลาดใจและไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้
- ผู้ชายในชุดสูท นามสมมติ นาย ข เข้าขัดขวางการกระทำของผู้ก่อเหตุ
- ผู้โดยสารชายในชุดสูท ที่มีไฟลุกไหม้บนกางเกงขายาว ยังคงไม่สามารถระบุดตัวตนได้
- ผู้โดยสารส่วนใหญ่หลบหนีจากตู้ขบวนแรกไปยังตู้ขบวนที่สองอย่างรวดเร็ว
- ผู้โดยสารบางส่วนเปิดใช้งานอุปกรณ์เตือนภัยผู้โดยสาร
- ผู้โดยสารบางส่วนเปิดหน้าต่างระบายควัน
- ผู้โดยสารบางคนไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เนื่องจากความกลัว
- ผู้โดยสารหญิงรายหนึ่งโทรศัพท์ติดต่อพ่อของเธอเพื่อขอคำแนะนำ
- พยานผู้อยู่ในเหตุการณ์คนหนึ่ง นามสมมติ นาย ค โทรแจ้งเจ้าหน้าที่ตำรวจ
- ผู้โดยสารบางส่วนได้ทำการคลานหลบหนีจากตู้ขบวนแรกไปยังตู้ขบวนที่สองเพื่อหลีกเลี่ยงควันไฟ
- ขณะที่พยานผู้อยู่ในเหตุการณ์ทั้ง 2 คนกล่าวว่าพวกเขามีความรู้สึกลึ้นหว้ง แต่ผู้โดยสารคนอื่นๆ ที่พวกเขาเห็นไม่ค่อยแสดงความตื่นตระหนกแม้ว่าสถานการณ์จะมีความเลวร้ายมาก
- ผู้โดยสารจำนวน 40 ถึง 50 คน ยืนรวมกันอยู่ที่บริเวณขานชาลา ตู้ขบวนที่ 2 และ 3 โดยมีผู้โดยสารบางส่วนรวมไปถึง นาย ข พยายามมองหาผู้ก่อเหตุ
- ผู้โดยสารจำนวนมากยังคงใช้ตัวผ่านประตูอัตโนมัติ (Fare Gate) ระหว่างการอพยพออกจากสถานี

จากพฤติกรรมของผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟ ADM ที่กล่าวมาในข้างต้น เป็นพฤติกรรมก่อนที่มีการอพยพ โดยที่ยังไม่มีเจ้าหน้าที่สถานีมาควบคุมหรือประกาศแจ้งเส้นทางในการอพยพ ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบเมื่อเกิดการเผชิญเหตุการณ์ฉุกเฉินโดยที่ไม่มีการแจ้งเตือนล่วงหน้า ส่งผลให้การตอบสนองของผู้โดยสารจึงมีความแตกต่าง หลากหลาย ส่งผลให้เกิดความวุ่นวายบริเวณที่เกิดเหตุ ดังนั้นจึงต้องมีการเข้าควบคุมสถานการณ์เพื่อลดความกังวลของผู้โดยสารให้รวดเร็วและมีระเบียบ



2.3 ข้อกำหนดความปลอดภัยของระบบรถไฟฟ้า

ข้อกำหนด ออกตามกฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ว่าด้วยความปลอดภัยในชีวิตร่างกายและทรัพย์สิน การรักษาความสงบเรียบร้อยความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในเขตรบบรถไฟฟ้า พ.ศ. 2547 รถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลด้วยปรากฏการณ์การโดยสารที่แออัดในเวลาเข้าทางรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลจึงประกาศข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- ผู้โดยสารทุกคนมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล ณ สถานีจุดจักรเฉพาะ ผู้เดินทางไปยังปลายทางสถานีบางซื่อ ในช่วงเวลา 6.50 - 9.15 น. ในบางขบวนผู้โดยสารกรุณาให้ความร่วมมือลงจากรถ ณ สถานีดังกล่าว และผู้โดยสารที่จะเดินทางไปปลายทางหัวลำโพงจากสถานีบางซื่อ กำแพงเพชร และสถานีจุดจักร จะต้องรอรถโดยสารประมาณ 7 นาที
- เฉพาะสถานีบางซื่อและสถานีหัวลำโพงจะไม่อนุญาตให้ผู้โดยสารเข้าไปในตัวรถโดยสารโดยเด็ดขาดจนกว่าจะได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่อาศัย
- อำนาจตามกฎหมายกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ว่าด้วยความปลอดภัยในชีวิตร่างกายและทรัพย์สิน การรักษาความสงบเรียบร้อยความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในเขตรบบรถไฟฟ้า พ.ศ. 2547 มาตรา 3 ที่กำหนดไว้คนโดยสารหรือบุคคลอื่นในเขตรบบรถไฟฟ้ามีหน้าที่ปฏิบัติตามเครื่องหมาย ประกาศ ป้าย หรือสัญญาณอื่นใด ตลอดจนคำแนะนำและคำตักเตือนของพนักงานเจ้าหน้าที่ เป็นการบังคับตามข้อกำหนดนี้
- ผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดซึ่งออกตามกฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ว่าด้วยความปลอดภัยในชีวิตร่างกายและทรัพย์สิน การรักษาความสงบเรียบร้อยความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในเขตรบบรถไฟฟ้า พ.ศ. 2547 มาตรา 3 ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับทั้งนี้อาศัยอำนาจตาม มาตรา 62 มาตรา 77 พรบ.การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2543 บัญญัติให้สามารถกระทำได้

ข้อกำหนดต่างๆ มีเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้โดยสาร อาทิเช่น มีการวิจัยว่าผู้โดยสารตั้งแต่สถานีจุดจักรไปยังสถานีหัวลำโพงมีจำนวนมากในช่วงเช้า จึงจำเป็นต้องให้ผู้โดยสารในสถานีต้นสายเสียสละเวลาเล็กน้อย เพื่อลดความหนาแน่นในขบวนรถไฟฟ้าในช่วงเช้าและจะได้มีความปลอดภัยในทรัพย์สินมากขึ้นเนื่องจากมักมีการปล้นทรัพย์สินโดยอาศัยความหนาแน่นของจำนวนผู้โดยสารซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีโอกาสเกิดได้มากกว่ากรณีที่ผู้โดยสารเบาบาง เจ้าหน้าที่จำเป็นต้องให้ผู้โดยสารออกนอกตัวรถเนื่องจากรถจะทำการกลับไปยังสถานีเดิม จึงต้องทำการตรวจรถโดยสารแต่ไม่ตรวจผู้โดยสารและเชิญผู้โดยสารออกนอกตัวรถด้วยวาจาสุภาพ อย่างไรก็ตามหากผู้โดยสารไม่ให้ความร่วมมืออาจมีความผิดฐานวางการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่มีโทษจำคุก 1 ปี ปรับ 2 พันบาท และผู้โดยสารมีสิทธิฟ้องร้องเจ้าหน้าที่ที่ดำเนินการด้วยวาจาไม่สุภาพ ข่มขู่ ทำร้าย หรือคุกคามได้ เฉพาะข้อหนึ่งของประกาศมีผลบังคับใช้ ตั้งแต่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2555 เป็นต้นไป

2.4 การจัดการความปลอดภัยเหตุอัคคีภัยในระบบรถไฟฟ้า

ในการออกแบบและการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล นั้น รฟม. ได้ตระหนักและคำนึงถึงความปลอดภัยในทุกขั้นตอน โดยได้นำมาตรฐานความปลอดภัย NFPA 130 หรือ National Fire Protection Association ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลที่ทันสมัยที่สุดในการออกแบบระบบขนส่งมวลชนประเภทรางมาใช้ในโครงการฯ เพื่อความปลอดภัยสูงสุดในการให้บริการแก่ประชาชน โดยมาตรฐานดังกล่าวที่ รฟม. ได้นำมาใช้เป็นมาตรการความปลอดภัยภายในสถานีและอุโมงค์

2.4.1 มาตรฐานการจัดการเหตุอัคคีภัยในระบบรถไฟฟ้า

แนวทางการออกแบบมาตรฐานการจัดการด้านอัคคีภัยในอุโมงค์จะเป็นไปตามความเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของพื้นที่ประเทศนั้นๆ ซึ่งในบางประเทศที่ไม่มีอุโมงค์หรือสถานีใต้ดินหรืออื่นๆ แนวทางการออกแบบตามมาตรฐานอาจไม่เหมาะสมหรือมากเกินไปจนความจำเป็นในบางกรณี ทั้งนี้การเลือกประยุกต์ใช้มาตรฐานที่เหมาะสมต้องศึกษาเงื่อนไขตามมาตรฐานและคำแนะนำของการก่อสร้างและการบริหารจัดการรถไฟในระดับสากล ซึ่งจะมีการอธิบายมาตรฐานดังกล่าวบางส่วนไว้ดังนี้

1. มาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยของอเมริกา (National Fire Protection Association :NFPA 130)

มาตรฐาน NFPA 130 คือมาตรฐานสำหรับระบบการขนส่งทางไกลแบบถาวร (Fixed Guideway Transit Systems) และระบบรถไฟฟ้าโดยสาร เป็นมาตรฐานการออกแบบรถไฟของอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศที่ยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อกำหนดการออกแบบเป็นของตนเอง เช่น ประเทศอินเดีย ประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น

มาตรฐาน NFPA 130 เป็นหนึ่งในมาตรฐานที่เข้มงวดมากและไม่สามารถใช้กับรถไฟแบบเก่าที่สร้างขึ้นก่อน ปี ค.ศ. 1983 ถ้ามาตรฐานนี้ถูกบังคับใช้อย่างเข้มงวดทั้งหมดกับโครงสร้างอุโมงค์และโครงสร้างภายในสถานีมักทำให้โครงสร้างมีขนาดใหญ่และมีต้นทุนในการก่อสร้างที่สูง ดังนั้นมาตรฐาน NFPA 130 หลายๆ ประเทศจึงมักถูกนำบางส่วนของมาตรฐานมาประยุกต์ใช้ เช่น ประเทศแถบอเมริกาเหนือได้นำมาตรฐานบางส่วนที่เกี่ยวกับโครงสร้างใต้ดินมาประยุกต์ใช้เป็นกฎหมาย ข้อบังคับ หรือคำแนะนำการดำเนินงาน ดังตารางที่ 2.4-1



ตารางที่ 2.4-1 การใช้มาตรฐาน NFPA 130 ในแถบอเมริกาเหนือ (USA, CANADA)

Country	City	Agency	Use of NFPA 130	
			Law	Guideline
USA	Chicago	Chicago Transit Authority (CTA)	○	
	Cleveland	Greater Cleveland RTA	○	
	Atlanta	Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority (MARTA)	○	
	Buffalo	Niagara Frontier Transportation Authority		○
	Pittsburgh	Port Authority of Allegheny County (PTA)	○	
	New York	Port Authority Trans-Hudson Corp.		○
	San Francisco	San Francisco Bay Area Rapid Transit District (BART)		○
	Pennsylvania	Southeastern Pennsylvania Transportation Authority (SEPTA)		○
	Los Angeles	Los Angeles County Metropolitan Transportation	○	
	Washington DC	Washington Metropolitan Area Transit Authority (WMATA)	○	
CANADA	Montreal	Societe de Transport de la Communaute Urbaine de Montreal	○	
	Tronto	Tronto Transit Commission		○

ที่มา : การประยุกต์ใช้คำแนะนำสำหรับ the Egress Element ของมาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัย สำหรับระบบการขนส่งทางไกลแบบถาวร (Fixed Guideway Transit Systems) 1998, Martin P. Schachenmayr

2. มาตรฐานในประเทศแถบยุโรป

ในประเทศแถบยุโรปมีมาตรฐาน ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับรถไฟไม่มากนัก ซึ่งตามรายงาน เรื่อง "Fire in Tunnels (FIT)" ที่ได้รับเงินสนับสนุนจากหน่วยงาน European Union ซึ่งมีหน่วยงานสังกัดใน ออสเตรีย ฝรั่งเศส เยอรมนี อิตาลี และสเปน โดยส่วนใหญ่มาตรฐานและข้อกำหนดจะกำหนดโดยแต่ละองค์กรที่รับผิดชอบ

หลังจากปรากฏการณ์การเกิดอัคคีภัยร้ายแรงบริเวณอุโมงค์เมื่อไม่นานมานี้ รายงาน the FIT และ รายงานอื่นๆ ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการรับมือเหตุอัคคีภัยที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ในยุโรปขึ้น รวม มาตรฐานและสภาพปัจจุบันของรถไฟในเมืองทั้ง 17 เมืองในยุโรปและรัสเซียโดยเปรียบเทียบกันในด้าน โครงสร้างพื้นฐานของอุโมงค์และโครงสร้างสถานีใต้ดิน ในรายงานของ FIT มีบางข้อเสนอแนะที่สำคัญและ น่าสนใจสำหรับองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐาน แต่ยังไม่สามารถสรุปผลการก่อสร้างและการบริหารจัดการโครงสร้างรถไฟในยุโรปได้

3. มาตรฐานญี่ปุ่น

ตามที่ได้เคยกล่าวไว้ก่อนหน้านี้ นั้น มีการสร้างรถไฟในหลายๆ แห่ง ตั้งแต่ปี ค.ศ.1927 จำนวน 41 สาย ใน 11 เมือง และมีสถานีรถไฟใต้ดินมากกว่า 560 แห่ง ใน 724 สถานีในประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ.2009 และมีผู้ใช้บริการโดยสารรถไฟในกรุงโตเกียวมากกว่า 3,200 ล้านคนต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณการใช้บริการที่มากที่สุดของโลก (มอสโกว์ 2,630 ล้านคนต่อปี, โซล 2,340 ล้านคนต่อปี, นิวยอร์ก 1,450 ล้านคนต่อปี ในปี ค.ศ.2004-2006)

ภายใต้เงื่อนไขของมาตรฐานสำหรับการบริหารจัดการและการรับมือต่อการเกิดเหตุอัคคีภัยที่เกิดขึ้นในอุโมงค์และสถานีรถไฟใต้ดินได้มีการเตรียมการในระยะแรกและมีการแก้ไขโดยคำนึงถึงเหตุการณ์ที่เกิดเหตุอัคคีภัยครั้งใหญ่ของโลก โดยมาตรฐานของญี่ปุ่นมีประวัติการพัฒนา ดังนี้

- การจัดการเรื่องความปลอดภัยด้านอัคคีภัยสำหรับสถานีรถไฟและอุโมงค์ ได้รับการยอมรับและทำการศึกษาในญี่ปุ่น หลังจากเกิดเหตุอัคคีภัยที่สถานีรถไฟ Kamiya-cho ของ Hibiya Metro line ในปี ค.ศ. 1968 มีจำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บ จำนวน 11 ราย ซึ่งเหตุการณ์นี้ทำให้มีการใช้วัสดุกันไฟกับโครงสร้างสถานีและ Rolling Stock
- ในปี ค.ศ. 1975 มาตรฐานการจัดการด้านความปลอดภัยด้านอัคคีภัยสำหรับสถานีรถไฟและอื่นๆ ถูกเขียนขึ้นในภาคผนวกพิเศษบนบทบัญญัติที่ 29 ของ “Ministerial Ordinance of the Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT)”
- ในปี ค.ศ. 2003 เกิดเหตุอัคคีภัยร้ายแรงจากการลอบวางเพลิง ทำให้มีผู้เสียชีวิต 197 ราย และบาดเจ็บ 148 คน ซึ่งเกิดขึ้นที่รถไฟในเมือง Dague กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ เหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ผู้ให้บริการรถไฟทั่วโลกตระหนักถึงความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น
- มาตรฐานการจัดการด้านความปลอดภัยด้านอัคคีภัยสำหรับสถานีรถไฟ มีการศึกษาทบทวนและตรวจสอบอย่างละเอียดโดยคำนึงถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นที่เมือง Dague กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ ข้อแตกต่างของรถไฟญี่ปุ่นกับรถไฟประเทศเกาหลีใต้คือวัสดุที่ใช้กับส่วน Rolling Stock และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ของสถานี ที่สามารถกันไฟได้ ดังนั้น มาตรฐานของญี่ปุ่นจึงไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่จากกรณีการลอบวางเพลิงทำให้ต้องตระหนักและเพิ่มออกแบบการเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการอพยพผู้โดยสาร
- ในปี ค.ศ. 2004 มีการออกมาตรฐานการจัดการด้านความปลอดภัยด้านอัคคีภัยสำหรับสถานีรถไฟและอื่นๆ ของหน่วยงาน MLIT ในฉบับปรับปรุงใหม่ของประเทศญี่ปุ่น

2.4.2 เวลาในการอพยพผู้โดยสารเมื่อสถานีเกิดเหตุไฟไหม้

ความปลอดภัยของผู้โดยสารเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้บริเวณสถานี เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาและศึกษาเวลาในการอพยพออกจากจุดเกิดเหตุไปยังจุดที่ปลอดภัย ซึ่งหากใช้เวลาในส่วนนี้มากเกินไปจะทำให้ไฟลุกลามจนทำให้มีผู้ได้รับบาดเจ็บจากไฟและควัน ทั้งนี้ความกว้างของบันไดและจำนวนขั้นบันไดใน



เส้นทางการอพยพมีผลต่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร โดยเมื่อบันไดทางหนีไฟหรือเส้นทางการอพยพมีจำนวนและความกว้างที่เหมาะสมตามการออกแบบการใช้งานและราคาในการก่อสร้าง

การควบคุมการอพยพตามมาตรฐาน NFPA 130 หากใช้ตามมาตรฐานทั้งหมดนั้น ตัวโครงสร้างจะมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น และมีต้นทุนการผลิตที่สูงมาก ทั้งนี้ตัวมาตรฐานดังกล่าวยังเหมาะกับโครงสร้างทั่วไปและไม่ซับซ้อน ดังนั้นจึงมีการศึกษาเปรียบเทียบและประยุกต์ใช้กับมาตรฐานเพื่อลดต้นทุนในการติดตั้ง

1. ระยะเวลาในการอพยพตามมาตรฐาน NFPA 130

ความปลอดภัยของผู้โดยสารในสถานี จะประเมินจากระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ โดย NFPA 130 กำหนดไว้ดังนี้

- เวลาที่ใช้ในการอพยพจากชานชาลา ควรมีทางออกที่เพียงพอในเคลื่อนย้ายคนออกจากสถานี โดยควรใช้เวลาในการอพยพไม่เกิน 4 นาที ทั้งนี้การอพยพจะขึ้นอยู่กับภาระทางวิศวกรรมโดยการประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้น
- ระยะเวลาการอพยพจากจุดเกิดเหตุไปยังจุดปลอดภัย ควรคำนึงถึงจุดที่ปลอดภัยและอพยพได้มากที่สุด ควรใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายไม่เกิน 6 นาที

ซึ่งคำอธิบายของมาตรฐาน NFPA 130 เรื่องเวลาที่ใช้ในการอพยพยังไม่ชัดเจนมากนัก จึงต้องพิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้ประกอบด้วย

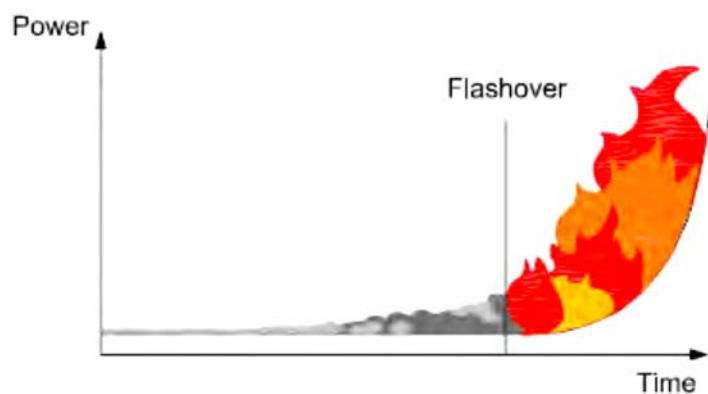
- การอพยพจากชานชาลาไปยังจุดปลอดภัยควรใช้เวลา 4-6 นาที ซึ่งมาตรฐานนี้จะยอมรับรวมถึงกรณีไม่ได้มีการอธิบายให้ผู้โดยสารเข้าใจได้อย่างชัดเจน
- เวลาในการอพยพผู้โดยสารจะมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอัคคีภัย (อัตราการปลดปล่อยความร้อน) รวมถึงอัตราความหนาแน่นและการกระจายของควัน ซึ่งผู้โดยสารจะสามารถอพยพได้อย่างปลอดภัยหากควันไม่รบกวนการอพยพ ทั้งนี้ไม่ได้มีการระบุเรื่องอัตราการความรุนแรงของอัคคีภัย และลักษณะต้นกำเนิดไฟไว้ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการอพยพที่เป็นที่ยอมรับคือ 4-6 นาที
- นอกจากระยะเวลาที่ยอมให้ในการอพยพผู้โดยสารที่ระบุไว้ข้างต้นนั้น ความกว้างของทางหนีไฟยังเป็นปัจจัยในการพิจารณา ยังรวมถึงความสูงของเพดาน ประสิทธิภาพของทางเดิน ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศด้วย ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการกระจายควัน
- จุดปลอดภัย ไม่ได้มีการระบุไว้ชัดเจนนัก แต่ส่วนใหญ่จะถูกมองว่าอยู่เหนือระดับพื้นดิน (นอกสถานีใต้ดิน) ในมาตรฐาน NFPA 130 ฉบับล่าสุด ปี 2007 ได้พิจารณารั้วห้องที่สามารถใช้เป็นจุดปลอดภัยได้ แต่ยังไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจน
- มาตรฐานในปี 2007 นั้น เกิดความสับสนในเรื่องของระยะเวลาในการอพยพ หากโครงสร้างที่ซับซ้อน และอยู่ระดับลึกจะเป็นการยากที่จะอพยพผู้โดยสารไปยังระดับพื้นดิน โดยใช้เวลาเพียง 6 นาที นั้น การระบุระดับความลึกของห้องว่างดังกล่าวในใต้ดินเพื่อใช้เป็นจุดปลอดภัยนั้นก็ยังไม่ได้ถูกระบุไว้อย่างชัดเจน

2. ระยะเวลาในการอพยพตามมาตรฐานญี่ปุ่น

มีหลักการประเมินความรุนแรงและการประเมินควันไฟ สิ่งสำคัญในการจัดทำการประเมินคือความปลอดภัยของผู้โดยสาร ซึ่งต้นกำหนดของการเกิดอัคคีภัย หรือ Fire Load แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ไฟที่เกิดขึ้นเอง และไฟที่เกิดจากการถูกลอบวางเพลิง จึงทำให้แผนการอพยพมีความแตกต่างกัน ดังนี้

1) ความรุนแรงของไฟ (Fire Load)

ในกรณีไฟที่เกิดขึ้นเอง ซึ่งเป็นไฟที่อาจเกิดจากมอเตอร์ หรืออุปกรณ์เสริมอื่นๆ หรือใต้พื้น rolling stock หรืออาจเกิดจากร้านเล็กๆ (kiosk) ในสถานี โดยปกติไฟที่เกิดขึ้นจะเป็นประกายไฟเพียงเล็กน้อย ที่อุณหภูมิต่ำจากนั้นเมื่อเวลานานขึ้นจะขยายใหญ่ขึ้นหลังจากการเกิด flashover ควันที่เกิดขึ้นจะมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอและทั่วถึง ดังนั้นควันจะไม่ใช้ปัจจัยหลักในการพิจารณา แต่จะเป็นการทำความเข้าใจเรื่องการอพยพกับผู้โดยสารให้ชัดเจน ดังรูปที่ 2.4-1



รูปที่ 2.4-1 แบบจำลองของสภาพอัคคีภัยในระดับความรุนแรงปกติ

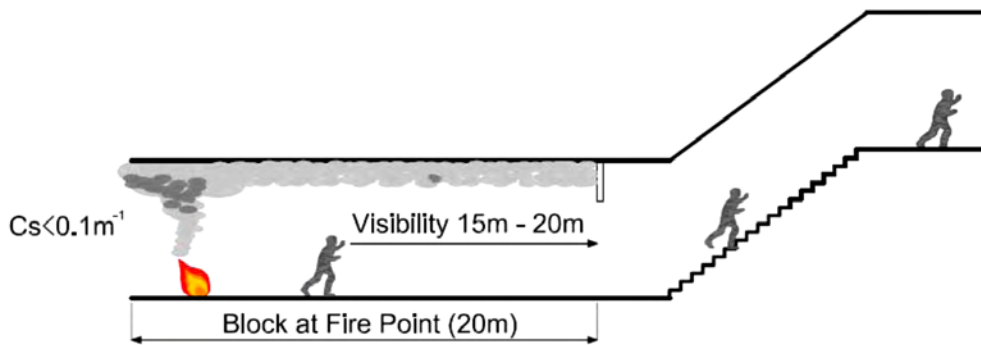
ที่มา : JICA Study Team

อัตราการมองเห็นของผู้โดยสารเมื่อตกอยู่ในสภาวะควันที่หนาแน่น (Extinction Coefficient C_s) ความหนาแน่นของปริมาณควันคำนวณได้ดังนี้ (Lambert-Beer Law)

$$C_s = -\frac{1}{l} \ln\left(\frac{\tau}{100}\right) \leq 0.1 \text{ m}^{-1}$$

เมื่อ l คือ ระยะความสามารถในการมองเห็น (15 – 20 เมตร) สำหรับการอพยพ

τ คือ ร้อยละของการแทรกซึม (permeability) (13-22% จะได้ค่า $C_s = 0.1 \text{ m}^{-1}$).



รูปที่ 2.4-2 ความหนาแน่นของควันไฟและระยะมองเห็นสำหรับการอพยพ

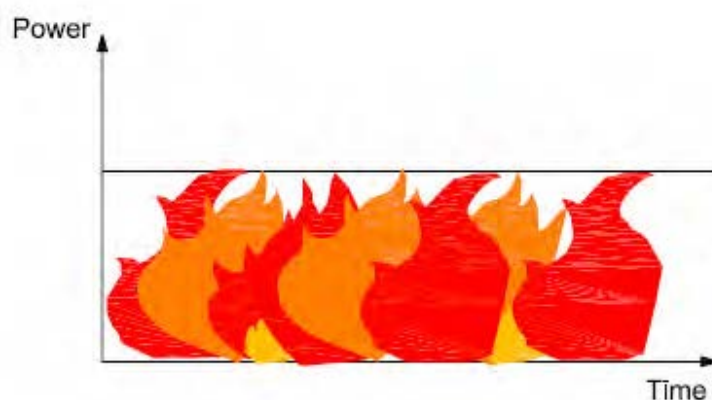
ที่มา : JICA Study Team

จากผลการวิจัยและทดสอบจากประเทศญี่ปุ่น ค่าความหนาแน่นของควัน (C_s) ควรมีความไม่เกิน 0.1 m^{-1} เพื่อความปลอดภัยในการอพยพผู้โดยสารซึ่งจะมีระยะการมองเห็น ในช่วง 15 – 20 เมตร (ดังรูปที่ 2.4-2) ซึ่งผู้โดยสารต้องอพยพโดยไม่สูญเสียความเร็วในการเดินทาง ซึ่งมีหลักการพิจารณา ดังนี้

- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (t) ที่จำเป็นสำหรับการอพยพ
- ค่าความหนาแน่นของปริมาณควัน (C_s) ที่เวลา (t) ของการอพยพที่สมบูรณ์ ถ้า C_s ไม่เกิน 0.1 m^{-1}

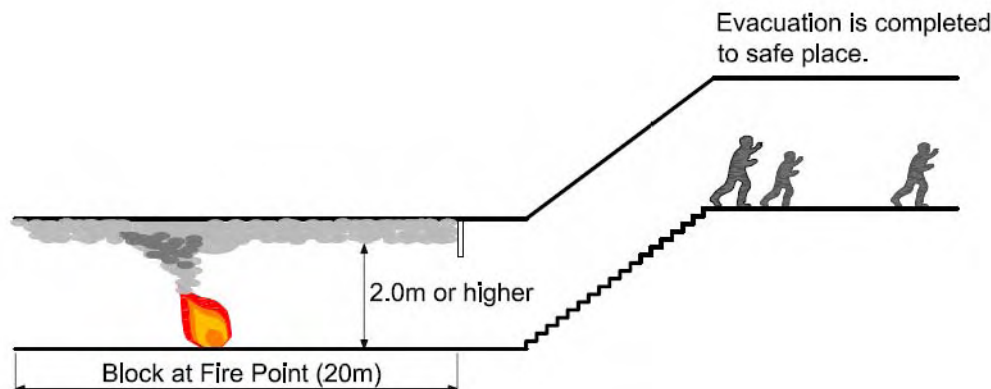
2) ความรุนแรงของไฟ (Fire Load) ในกรณีไฟที่เกิดการลอบวางเพลิง

เหตุการณ์ลอบวางเพลิงที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตในรถไฟ Dague ในประเทศเกาหลีใต้ ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการลอบวางเพลิง จึงทำให้มีความแตกต่างจากไฟที่เกิดขึ้นโดยปกติ ดังรูปที่ 2.4-3 อุณหภูมิของควันจะสูง ควันเคลื่อนที่เป็นชั้นตามเพดานและจะตกลงมาที่พื้น จึงได้มีการประเมินโดยการลดความเร็วของควัน ซึ่งพื้นที่การอพยพได้ควันควรมีพื้นที่อย่างน้อย 2 เมตร



รูปที่ 2.4-3 แบบจำลองของความรุนแรงอัคคีภัยในกรณีลอบวางเพลิง

ที่มา : JICA Study Team



รูปที่ 2.4-4 พื้นที่ที่ต้องการสำหรับการอพยพเหตุอัคคีภัย

ที่มา : JICA Study Team

การประเมินเวลาในการอพยพผู้โดยสาร มีหลักการประเมินดังนี้:

- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (t) ที่จำเป็นสำหรับการอพยพ
- ถ้าพื้นที่ว่างจากพื้นด้านล่างได้คว้น ควรมีพื้นที่อย่างน้อย 2 เมตร ที่เวลา (t) ของการอพยพที่สมบูรณ์

3. ข้อเสนอแนะ

จากคำอธิบายที่กล่าวมานี้ ทำให้สรุปได้ว่าเราไม่ควรใช้มาตรฐาน NFPA 130 ทั้งหมด เนื่องจากเป็น การออกแบบที่มากเกินไปจนความจำเป็น และยังเพิ่มต้นทุนการก่อสร้าง จึงนำมาตรฐานมาปรับใช้ให้เหมาะสม กับการใช้งานในระบบของประเทศนั้นๆ โดยคำนึงถึงปัจจัยด้านความปลอดภัยและการลดต้นทุนเป็นหลัก ดังตัวอย่างของประเทศญี่ปุ่นและประเทศอื่นๆ

2.5 มาตรฐานความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้า

มาตรการด้านความปลอดภัยควรได้รับความเอาใจใส่ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ เริ่มตั้งแต่ด้าน การป้องกันเพลิงไหม้ ใช้มาตรฐาน NFPA 130 ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดรูปแบบและคุณลักษณะของ วัสดุที่ใช้ภายในสถานีและอุโมงค์ เช่น เลือกรั้ววัสดุที่ไม่ติดไฟง่าย ไม่มีควันเมื่อติดไฟ มีระบบฉีดน้ำใต้บันได เลื่อน มีระบบสัญญาณเตือนภัย ซึ่งจะค้นหาตำแหน่งที่เกิดควันหรือความร้อน หากผิดปกติจะมีสัญญาณ เตือนผู้โดยสารให้หนีได้ทันทั่วทั้งที่ เมื่อเกิดเหตุ ห้องควบคุมจะทำงานสัมพันธ์กับระบบดับเพลิง ระบบปรับ อากาศ และลิฟต์ อุปกรณ์ดับเพลิงมีทั้งฉีดพ่นน้ำ ท่อก๊าซและสายหัวฉีดดับเพลิง มีทางขึ้น-ลงรถไฟฟ้าได้ ดินบริเวณทางแยก เพื่อให้ทางหนีไฟพอเพียง และไม่ซับซ้อน มีปล่องระบายอากาศ และควันไฟ ซึ่งทุก สถานีมีอยู่ 2 ปล่องหัวและท้าย และหากสถานีห่างกันเกิน 1 กิโลเมตร จะมีปล่องระบายอากาศและ ทางออกฉุกเฉินในระหว่างตลอดระยะทาง 20 กิโลเมตร ทั้งนี้ ไม่รวมทางขึ้นที่จะต่อเชื่อมกับอาคารต่างๆ ซึ่งหากเกิดเหตุ จะช่วยระบายคนได้มากยิ่งขึ้นการระบายอากาศขณะเกิดอัคคีภัยออกแบบความเร็วต่ำสุด

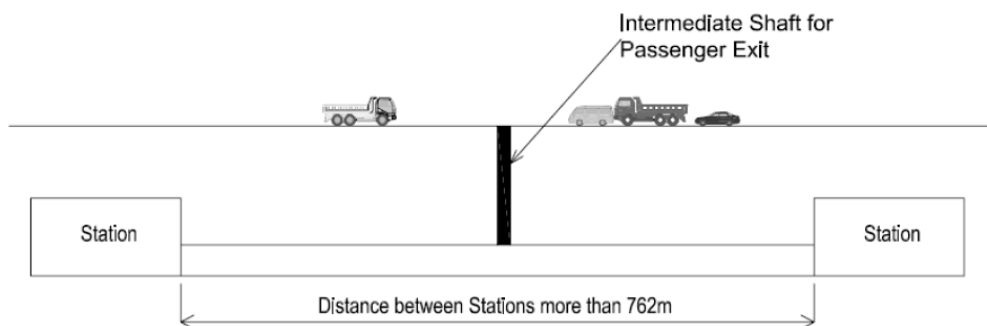


2.5 เมตร/วินาที และสูงสุด 5 เมตร/วินาที และควบคุมความร้อนตามเส้นทางหนีไฟ ไม่ให้เกิน 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้กำหนดจากอัตราการเกิดความร้อนของเพลิงไหม้ 7 เมกะวัตต์

ส่วนปัญหาน้ำท่วม มีมาตรการป้องกันโดยการออกแบบระดับทางขึ้นลงสถานีที่ระดับ 1 เมตรเหนือค่าระดับน้ำท่วมสูงสุดในรอบ 200 ปี เป็นเกณฑ์กำหนด รวมทั้งมีระบบสูบน้ำอัตโนมัติ หากเกิดน้ำท่วมด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเปลือกอุโมงค์จะเป็นคอนกรีตและส่วนประกอบที่กั้นน้ำใต้ดินซึมเข้า ด้านล่างสุดของอุโมงค์ทางวิ่ง ทุกๆ ระยะประมาณ 500 เมตร ออกแบบให้มีบ่อพักน้ำ และติดตั้งปั๊มอัตโนมัติเพื่อสูบน้ำจากการรั่วซึมของน้ำใต้ดิน

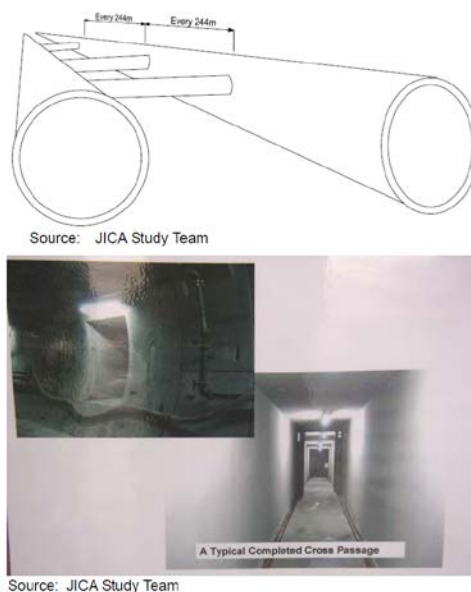
นอกจากนี้ ระบบอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ยังมีส่วนประกอบอื่นที่สำคัญอีกคือ ปล่องระบายอากาศและบ่อพักน้ำในอุโมงค์ใต้ดิน การออกแบบปล่องระบายอากาศมุ่งเน้นมาตรฐานความปลอดภัยเป็นสำคัญ ซึ่งกำหนดโดยสมาคมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (ที่เรียกว่า NFPA) คือต้องสามารถควบคุมควันให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัด โดยการปรับเปลี่ยนระบบการหมุนเวียนอากาศ ให้สามารถควบคุมควันให้อยู่ในเฉพาะบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุเท่านั้น มิให้แพร่กระจายไปทั่วอุโมงค์ นอกจากนี้ ปล่องระบายอากาศดังกล่าวยังใช้เป็นทางออกฉุกเฉินเพื่ออพยพผู้โดยสารให้ออกจากอุโมงค์ใต้ดินภายใน 6 นาที ตามมาตรฐานความปลอดภัย NFPA 130 (National Fire Protection Association)

ตามมาตรฐานของ NFPA ยังได้กำหนดระยะห่างสูงสุดระหว่างสถานีไว้ที่ 762 กิโลเมตรถ้ามีการสร้างสถานีที่ห่างกันเกินกว่าระยะนี้จะต้องติดตั้งปล่องหนีไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.5-1 หรือมีช่องทางระหว่างสถานีไว้ที่ทุกๆ ระยะ 244 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.5-2 สำหรับใช้ในการอพยพผู้โดยสารออกจากอุโมงค์ที่มีความยาวเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย



รูปที่ 2.5-1 การติดตั้งปล่องหนีไฟตามมาตรฐาน NFPA 130

ที่มา : JICA Study Team



รูปที่ 2.5-2 ช่องหนีไฟระหว่างอุโมงค์ตามมาตรฐาน NFPA 130

ที่มา : JICA Study Team

นอกจากนั้นการกำหนดระยะเวลาในการอพยพเป็นประเด็นหลักที่สำคัญสำหรับการสร้างความปลอดภัยให้เกิดขึ้นเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ขึ้นในสถานียรถไฟฟ้า ถ้าใช้เวลาในการอพยพที่ยาวนานเกินไปจะลุกลามจนเป็นเหตุให้อันตรายจากเปลวเพลิงหรือควันเกิดต่อผู้อพยพ ดังนั้นความกว้างและจำนวนชั้นของบันไดภายในสถานีเป็นปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการอพยพผู้โดยสารออกจากจุดอันตรายได้เช่นกัน โดยตามมาตรฐาน NFPA 130 จะระบุเกณฑ์ของระยะเวลาในการอพยพไว้ดังนี้

2.5.1 ระยะเวลาในการอพยพออกจากชานชาลา

โดยควรจะมีช่องทางออกเพื่ออพยพผู้ที่ติดอยู่ในสถานีได้โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมดไม่เกิน 4 นาที และมีข้อยกเว้นในการเพิ่มระยะเวลาได้มากกว่า 4 นาทีได้ซึ่งขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโดยการคำนวณค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนของวัสดุ ลักษณะรูปทรงของสถานี และการติดตั้งระบบระบายอากาศฉุกเฉิน

2.5.2 ระยะเวลาในการอพยพจากชานชาลาไปยังจุดปลอดภัย (บนพื้นดินนอกสถานี)

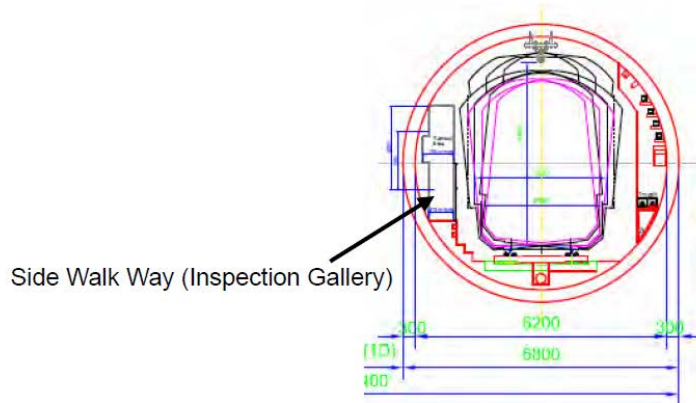
สถานีควรออกแบบให้สามารถอพยพผู้คนจากจุดห่างไกลที่สุดของสถานีไปยังจุดที่ปลอดภัยได้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 6 นาที โดยมีข้อยกเว้นให้ใช้ระยะเวลาได้มากกว่า 6 นาที ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโดยการคำนวณค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนของวัสดุ ลักษณะรูปทรงของสถานี และการติดตั้งระบบระบายอากาศฉุกเฉิน

อย่างไรก็ดี ระยะเวลาในการอพยพผู้โดยสารหรือผู้ติดอยู่ในสถานีนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณโหลดของไฟ หรืออัตราการปลดปล่อยความร้อน รวมถึงความหนาแน่นและความเร็วในการแพร่กระจายของกลุ่ม



คว้น โดยผู้คนสามารถอพยพออกมาจากสถานีได้อย่างปลอดภัยถ้าไม่เจอกลุ่มคว้น รวมถึงการระบุประเภทของต้นเพลิงก็มีความสำคัญเช่นกัน

ในบางประเทศมีการสร้างช่องทางเดินด้านข้างไว้สำหรับให้ผู้โดยสารลงกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินภายในอุโมงค์เช่น รถไฟฟ้าเกิดเหตุขัดข้องหรือเกิดไฟไหม้ในตู้โดยสาร ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.5-3



รูปที่ 2.5-3 การออกแบบช่องทางเดินด้านข้างสำหรับผู้โดยสารออกจากรถไฟฟ้าที่ติดภายในอุโมงค์

ที่มา : JICA Study Team

ส่วนกรณีการเดินรถไฟในกรณีที่เกิดเหตุเพลิงไหม้จะมีข้อปฏิบัติที่กำหนดให้รถไฟฟ้าขบวนที่เกิดเพลิงไหม้เดินรถไฟต่อไปจนถึงสถานีข้างหน้าหรือออกจากอุโมงค์ ส่วนรถไฟฟ้าขบวนอื่นๆ ให้จอดหยุดรอที่สถานีข้างเคียง โดยผู้ควบคุมขบวนควรแจ้งประกาศให้รถทุกขบวนรอบๆ สถานีได้ทราบ และสั่งการให้รถขบวนอื่นหยุดรอนกว่าสถานการณ์จะคลี่คลาย

2.6 การอพยพผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้า

ตามมาตรฐาน NFPA 130 (อ้างอิง National Fire Protection Association 130, Fixed Guideway Transit Systems, 1993, USA) ซึ่ง รฟม. ใช้เป็นมาตรฐานกำหนดเวลาในการอพยพไว้ ดังนี้

- กรณีที่ 1 การอพยพประชาชนจากจุดไกลสุดในชั้นชานชาลาขึ้นมาบนชั้นถัดไปจะต้องสามารถอพยพได้ในเวลาไม่เกิน 4 นาที
- กรณีที่ 2 การอพยพประชาชนจากจุดไกลสุดในชั้นชานชาลาขึ้นมาบนพื้นดินหรือ Point of Safety จะต้องสามารถอพยพได้ในเวลาไม่เกิน 6 นาที และบริเวณ Point of Safety จะต้องเตรียมระบบอุปกรณ์ทุกอย่างให้ประชาชนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปลอดภัย เช่น ระบบอากาศ ระบบดับเพลิงทุกชนิด รวมถึงระบบช่วยชีวิตทุกอย่าง เป็นต้น. นอกจากนี้ยังได้กำหนดให้มีหน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุนการช่วยเหลือประชาชนในกรณีฉุกเฉิน ประกอบด้วย
 - หน่วยงานหลักภายนอกที่เกี่ยวข้องคือ ตำรวจดับเพลิง กลุ่มอาสาสมัครกู้ภัยต่างๆ

- หน่วยงานภายใน รฟม. ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน ได้แก่ ฝ่ายรักษาความปลอดภัย และกู้ภัยของ รฟม. ประกอบด้วย 2 กอง คือ กองกู้ภัย และกองรักษาความปลอดภัย โดยในการดำเนินงาน จะมีการประสานงานกับตำรวจดับเพลิงในการ จัดทำรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ แผนปฏิบัติการในกรณีฉุกเฉิน จัดทำแผนกรอบอัตรากำลังที่เหมาะสม กรอบและแผนการฝึกซ้อมเป็นประจำเพื่อความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน และแผนมวลชนสัมพันธ์เพื่อชี้แจงประชาชนที่ใช้บริการรถไฟฟ้า เป็นต้น

2.6.1 วิธีการอพยพผู้โดยสาร

การออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานีสำหรับการอพยพผู้โดยสารในกรณีฉุกเฉินอย่างน้อย ต้องออกแบบตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code โดยการหนีออกจากสถานีในสภาวะฉุกเฉิน ไปยังจุดที่ปลอดภัย มักยึดถือจำนวนผู้เดินทางทั้งหมดในสถานีเป็นหลัก โดยการคำนวณจากช่วงเวลาที่มีจำนวนคนมากที่สุดในช่วง 15 นาทีที่จะมีขบวนรถไฟฟ้าเข้าเทียบขานชาลา รับ-ส่ง ผู้โดยสารในเวลาปกติ รวมกับผู้คนที่กำลังรอคอยเพื่อที่จะขึ้นรถไฟฟ้าในช่วงเวลานั้น ซึ่งในช่วงเวลาฉุกเฉินการคำนวณมัก กำหนดให้มีรถไฟฟ้าเพียง 1 ขบวนเท่านั้นที่เข้าเทียบขานชาลา ยกเว้นบางสถานีที่อาจมีผู้คนเดินทาง มากกว่าปกติ เช่นสถานีบริเวณศูนย์การแข่งชกกีฬาหรือศูนย์การประชุม เป็นต้น การออกแบบและคำนวณ จำนวนผู้เดินทางในสถานีนั้นต้องให้มีความปลอดภัยที่เหมาะสมตามลักษณะของแต่ละพื้นที่

1. สถานีที่มีขานชาลา ทั้งที่จอดส่งและรับผู้โดยสาร มักออกแบบแยกจากกันอย่างชัดเจน พื้นที่ร่วมกันหรือสถานีหลายระดับมักออกแบบให้พื้นที่ทั้งหมดเพียงพอสำหรับเป็นช่องทางออกของจำนวนผู้เดินทางในช่วงเวลาเดียวกันจากจำนวนขานชาลาทั้งหมด ชิดความสามารถของทางออกคำนวณจากหนึ่งช่องทางออกซึ่งกว้างเท่ากับ 55.8 เซนติเมตร ความกว้างของส่วนที่แคบที่สุด จะเป็นจุดวัดสำหรับคำนวณขีดความสามารถของทางออกโดยไม่นับราวกันตก และเศษที่เหลือไม่ถึง 30 เซนติเมตรจะถูกตัดทิ้ง หากเกิน 30 เซนติเมตรจะนับเป็นครึ่งช่องทางออก ทั้งนี้ต้องออกแบบให้มีช่องทางออกเพียงพอสำหรับการหนีจากขานชาลาได้ภายในเวลาไม่เกิน 4 นาที โดยการคำนวณจากจำนวนผู้คนที่ขานชาลา และระยะทางไกลสุดจากทุกจุดบนขานชาลาไปยังทางออก ต้องไม่เกิน 91.4 เมตร และสามารถไปอยู่ ณ ที่ปลอดภัยได้ภายในเวลาไม่เกิน 6 นาที
2. ขานชาลา ทางเดินสาธารณะและทางลาดที่มีความชันน้อยกว่า 4% จะต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.73 เมตร ซึ่งให้ความสามารถในการอพยพผู้คนที่ได้ในอัตรา 50 คนต่อนาทีต่อ 1 ช่อง ด้วยความเร็ว 61 เมตรต่อนาที (3.7 กิโลเมตร/ชั่วโมง)
3. บันไดและบันไดเลื่อนที่หยุดทำงาน กำหนดให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.12 เมตร บันไดเลื่อนที่หยุดทำงานถือเป็นทางหนีฉุกเฉินได้ 2 ช่องทางสำหรับขนาดกว้างมาตรฐาน 1.22 เมตร และ 1 ช่องทางครึ่งสำหรับขนาดกว้างมาตรฐาน 0.813 เมตร และ 1 ช่องทางสำหรับที่กว้างน้อยกว่า



- 0.813 เมตร ทางหนีลาดเอียงที่มีความชันมากกว่า 4% จะต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.83 เมตร
4. บันไดเลื่อนที่นำมาคำนวณช่องทางหนีฉุกเฉินในแต่ละชั้นของสถานีสามารถนำมาคำนวณได้เพียงไม่เกินครึ่งหนึ่งของจำนวนบันไดเลื่อนทั้งหมดในทิศทางขาขึ้น บันไดต้องมีขีดความสามารถในการอพยพผู้คนได้ด้วยอัตรา 35 คนต่อนาทีต่อ 1 ช่องทาง ด้วยความเร็ว 15.24 เมตรต่อนาที
 5. ประตูทางหนีต่างๆ กำหนดให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.915 เมตร ซึ่งมีขีดความสามารถในการระบายผู้คนได้ 50 คนต่อนาทีต่อ 1 ช่อง ส่วนช่องเครื่องกั้นตรวจตั๋วนั้น ต้องสูงไม่เกิน 1.02 เมตร และมีความกว้างของแต่ละช่องไม่น้อยกว่า 0.51 เมตร สามารถระบายผู้คนได้ 50 คนต่อนาทีต่อช่อง ในกรณีที่ เป็นเครื่องกั้นชนิดบาร์กั้น สามารถระบายคนได้ 25 คนต่อนาทีต่อช่อง และกำหนดให้ต้องทำงานได้และไม่เป็นอุปสรรคต่อการหนีฉุกเฉินหรือเมื่อไฟฟ้าดับ
 6. กรณีบันไดเลื่อนทำงานในทิศทางเดียวกับทิศทางหนีฉุกเฉินให้คงสภาพการทำงานในทิศทางเดิม หากทำงานในทิศทางสวนกับทิศทางหนีฉุกเฉินต้องสามารถหยุดได้โดยใช้คนหรือทำงานอัตโนมัติหรือควบคุมทางไกล นอกจากนี้ บันไดเลื่อนทุกชุดในสถานีต้องจัดให้มีอุปกรณ์ความปลอดภัยเพิ่มเติมจากมาตรฐาน เช่น แผงแสดงการทำงานของบันได ทิศทางความเร็ว (ถ้าเป็นแบบหลาย สปีด) เมื่อหยุดทำงานต้องมีหลอดไฟกระพริบแสดงการทำงานของอุปกรณ์ความปลอดภัยที่สั่งให้บันไดเลื่อนหยุดในการคำนวณช่องทางหนีฉุกเฉินมักสมมติให้บันไดเลื่อนที่มีขีดความสามารถสูงสุด 1 ชุด อยู่ระหว่างการซ่อมบำรุงหรือไม่ทำงาน จึงต้องหักออก 1 ชุด จากจำนวนทั้งหมดในพื้นที่คำนวณ
 7. บันไดเลื่อนที่มีวัตถุประสงค์ในการอพยพกรณีฉุกเฉิน จะต้องไม่มีหรือใช้วัสดุที่ติดไฟง่ายหรือเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนประกอบ ป้ายทางออกโคมไฟฟาส่องสว่างฉุกเฉิน ซึ่งรับกระแสไฟฟ้ามาจากแหล่งระบบไฟฟ้าสำรอง ซึ่งแยกจากระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าอื่น โดยเดินสายแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกันจากแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน

แผนการป้องกันอัคคีภัยสำหรับการออกแบบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน มักยึดถือมาตรฐาน NFPA-130 (National Fire Protection Association 130, Fixed Guideway Transit Systems, 1993 edition, USA) ซึ่งมีมาตรฐานในรายละเอียดคือ สำหรับสถานีรถไฟฟ้าและอุโมงค์ทางวิ่ง มี NFPA-220 และ NFPA-251 สำหรับวัสดุก่อสร้าง NFPA -13 และ NFPA -14 สำหรับระบบป้องกันอัคคีภัย ฯลฯ (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2556)

2.6.2 การจำลองการอพยพผู้โดยสาร

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆ ที่ใช้จำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่างๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามา

ช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หา รูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายพบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา ในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ ทำให้มีข้อได้เปรียบในการสร้างแบบจำลองดังนี้

- การขจัดปัญหาที่ย้อนนอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น
- ช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario)
- ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้
- ช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทาง

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการอพยพภายในสถานีรถไฟ

เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินขึ้นภายในสถานีรถไฟสิ่งที่สำคัญคือการอพยพผู้คนที่ใช้บริการสถานีให้ไปยังที่ปลอดภัยโดยไวที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในการคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพในการอพยพของสถานีรถไฟสามารถทำได้โดยการคำนวณและทำการจำลองสถานการณ์อพยพออกมา โดยมีสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงได้แก่ ปัจจัยที่มีผลกระทบ และกลยุทธ์ในการอพยพ (Chen, Di, Liu, & Wang, 2017)

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบ

ปัจจัยที่มีผลต่อการอพยพภายในสถานีรถไฟโดยหลักแล้วจะขึ้นอยู่กับลักษณะด้านกายภาพ และด้านจิตใจของผู้โดยสารแต่ละคน และรวมถึงความจุของสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีด้วย

1. คุณลักษณะของแต่ละบุคคล

พฤติกรรมของผู้อพยพจะเป็นผลมาจากคุณลักษณะด้านกายภาพและด้านจิตใจ ซึ่งส่งผลมาจากความหนาแน่นของพื้นที่ที่ผู้อพยพอยู่ในปัจจุบัน และสภาวะทางอารมณ์ของผู้อพยพด้วย ระดับการตอบสนองทางอารมณ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อผู้อพยพเกิดความเร่งรีบ ในขณะที่การรับฟังและการควบคุมจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยค่าความเร็วในการเดินอย่างมีประสิทธิภาพจะอยู่ที่ 1.5 เมตรต่อวินาที (Helbing, Farkas, & Vicsek, 2000)



2. ความจุของสิ่งอำนวยความสะดวก

สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีก็มีผลต่อการอพยพ ซึ่งรวมถึง บันไดและบันไดเลื่อนบริเวณชานชาลาและชั้นพักผู้โดยสาร ชุดเชื่อมต่อทางเดิน ประตูเก็บตั๋วโดยสาร หรือบันไดและบันไดเลื่อนบริเวณทางออก โดยการออกแบบควรเป็นไปตามคำแนะนำของคู่มือเช่น China CDM (China Code for Design of Metro) และ NFPA 130 (National Fire Protection Association 130) ซึ่งความเป็นจริงแล้วสิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านี้มักจะเกิดปัญหขึ้นเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินขึ้น บันไดและบันไดเลื่อนที่เชื่อมต่อระหว่างชานชาลาจะมีความหนาแน่นที่มากหรือเกิดความแออัดบริเวณคอขวดในช่วงโมเมนต์ด่วน

2.7.2 กลยุทธ์ในการอพยพ

กลยุทธ์ในการอพยพควรเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ต้องมีการกำหนดขึ้นเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยสิ่งที่จำเป็นต่อกลยุทธ์ในการอพยพจะประกอบไปด้วย จำนวนผู้อพยพ เส้นทางในการอพยพ และจุดปลายทางในการอพยพ

1. จำนวนผู้อพยพ

เป็นดัชนีตัวหนึ่งที่สำคัญต่อการคำนวณในการอพยพที่เกิดขึ้น โดยในประเทศจีนจำนวนผู้อพยพที่มากที่สุดเกิดจาก ผู้โดยสารจากรถไฟใต้ดินขบวน และผู้โดยสารที่รอและเดินบริเวณชานชาลา

2. เส้นทางในการอพยพ

เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินภายในสถานี ผู้อพยพทั้งหมดควรจะได้รับ การอพยพจากจุดที่เกิดเหตุ และบริเวณใกล้เคียงอย่างรวดเร็วที่สุด โดย China CDM ได้ระบุในขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินดังต่อไปนี้

- ประตูทั้งหมดจะต้องเปิดอย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อให้ผู้โดยสารใช้ในการอพยพ ซึ่งรวมถึงประตูฉุกเฉินด้วย
- ประตูเก็บตั๋วเดินทางจะต้องสามารถผ่านได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือเหตุไฟดับ
- ผู้ออกแบบต้องพิจารณาถึงลิฟต์ที่เสียหายและคำนวณความจุของบันไดและบันไดเลื่อนที่ร้อยละ 90 ของความจุคนปกติ

3. ปลายทางในการอพยพ

ปลายทางในการอพยพสามารถอธิบายได้ว่าเป็นจุดปลอดภัยในการอพยพ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินบริเวณชานชาลา จุดพักผู้โดยสารหรือโถงทางเดินจะสามารถใช้เป็นจุดปลอดภัยในการอพยพได้และสามารถใช้ระบบระบายอากาศเพื่อป้องกันควันไฟ แต่เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินบริเวณจุดพักผู้โดยสาร จุดปลอดภัยในการอพยพก็ไม่ควรที่จะอยู่ภายในตัวสถานี โดยทั่วไปแล้วบริเวณทางเข้าหรือทางออกของสถานีจะกำหนดให้เป็นจุดปลอดภัยในการอพยพเสมอ หลักการพื้นฐานสำหรับการอพยพคือต้องให้แน่ใจว่าผู้โดยสารทุกคนนั้นได้อพยพออกจากจุดที่เกิดเหตุและมีความปลอดภัยมากที่สุดโดยควรจะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วย

2.7.3 ความเร็วในการเดินของผู้อพยพ

ปัจจัยที่หลากหลายทั้งทางด้านกายภาพและจิตใจของผู้โดยสารเช่น อายุ เพศ ความหนาแน่นของพื้นที่ น้ำหนัก และความวิตกกังวล สามารถจะส่งผลต่อพฤติกรรมเดินได้ทั้งสิ้น ได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น (Gupta & Pundir, 2015) โดยพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้อพยพเนื่องจากความหนาแน่นที่สูงจะส่งผลให้ความเร็วในการเดินที่ลดลง มีการสร้างความสัมพันธ์เป็นสมการหลายรูปแบบเช่น ฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันพหุนาม ฟังก์ชันเลขชี้กำลัง และมีการปรับแก้สมการเพื่อใช้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งผู้อพยพจะมีความตื่นตระหนกแตกต่างจากสถานการณ์ปกติ สิ่งที่ชัดเจนสิ่งหนึ่งคือผู้อพยพจะมีการเดินที่เร็วกว่าการเดินอย่างปกติ โดยความเร็วในการเดิน (v_e) สามารถแสดงเป็นสมการดังนี้

$$v_e = \mu_e v$$

โดยที่ v คือความเร็วการเดินในสถานการณ์ปกติ

μ_e คือสัมประสิทธิ์การปรับแก้

ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\mu_e = \begin{cases} 1.49 - 0.36D & \text{เมื่อเดินภายในโถงทางเดิน} \\ 1.26 & \text{เมื่อขึ้นบันได} \\ 1.21 & \text{เมื่อลงบันได} \end{cases}$$

โดยที่ D คือความหนาแน่นของผู้อพยพในเชิงพื้นที่ มีค่าไม่เกิน 0.92 ตร.ม./ตร.ม.

2.7.4 การคำนวณและจำลองในการอพยพ

ในการทำการอพยพสิ่งที่สำคัญคือชีวิตของผู้อพยพ วิธีในการคำนวณและการจำลองจึงควรมุ่งไปที่เวลาในการอพยพเพื่อให้ผู้อพยพได้รับความปลอดภัยมากที่สุด ในบางประเทศจะมีมาตรฐานรับรองในด้านของเวลาการอพยพเช่น China CDM ที่มีเวลารับรองในการอพยพ 6 นาที และ NFPA 130 ของประเทศสหรัฐ ต้องมีการพิจารณาถึง ความเร็วในการเดิน ความหนาแน่น ความแออัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้อพยพด้วย ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้การวิเคราะห์เกิดความยากและไม่มีแม่นยำ แบบจำลอง Control volume model และ State-dependent queue network model จึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยแบบจำลองจะคำนวณถึงเวลาในการรอ และผลกระทบเนื่องจากความแออัดที่เกิดขึ้นจากผู้อพยพจำนวนมาก และการจำลองแบบ Multiagent-based จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้จำลองถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้อพยพด้วยกันและระหว่างผู้อพยพกับสิ่งกีดขวาง ดังนี้

1. China CDM

ได้เผยแพร่โดย Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China ซึ่งถูกใช้ในการออกแบบ และก่อสร้างของสถานีรถไฟ โดยมีสูตรพื้นฐานเกี่ยวข้องกับเวลาในการอพยพของผู้โดยสาร



ที่ว่าด้วย บันได บันไดเลื่อน และโถงทางเดินภายในสถานีรถไฟจะต้องมีความปลอดภัยต่อการใช้งานการอพยพของผู้โดยสารภายใน 6 นาที ในช่วงเวลาเร่งด่วน เวลาในการอพยพ T_{CDM} สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, 2013) โดยสมการนี้จะใช้เวลาในการเริ่มทำการอพยพที่ 1 นาที

$$T_{CDM} = 1 + \frac{Q_1 + Q_2}{0.9[A_1(N-1) + A_2B]}$$

โดยที่	Q_1 และ Q_2	คือ จำนวนผู้อพยพสูงสุดของรถไฟและชานชาลา ตามลำดับ
	A_1 และ A_2	คือ ความจุของบันไดเลื่อนและบันได ตามลำดับ
	N	คือ จำนวนของลิฟต์ที่ใช้ในการอพยพ
	B	คือ ความกว้างของตัวบันได

2. NFPA 130

เป็นมาตรฐานที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในระบบของสถานีรถไฟ ซึ่งว่าด้วยผู้อพยพทุกคนต้องอพยพอย่างปลอดภัยจากชานชาลาไปยังจุดปลอดภัยในการอพยพภายในเวลาที่กำหนด โดยเกณฑ์คือ การอพยพจากชานชาลา ภายในเวลาไม่เกิน 4 นาที และการออกแบบสถานีควรจะยอมให้ผู้อพยพหนีออกจากชานชาลาไปยังจุดปลอดภัยในการอพยพในเวลาไม่เกิน 6 นาที เวลาในการอพยพ T_{NFPA} คือผลรวมเวลาระหว่าง เวลาในการเคลื่อนตัวและเวลาในการรอของเส้นทางการอพยพจากชานชาลา โดยมีสมการดังต่อไปนี้ (National Fire Protection Association, 2010)

$$T_{NFPA} = T_{walking} + \max(W_i^{platform}) + \max(W_j^{concourse})$$

โดยที่	$T_{walking}$	คือ ผลรวมเวลาในการเดินของผู้อพยพตามเส้นทางการอพยพที่ไกลที่สุด
	$W_i^{platform}$	คือ เวลาในการรอที่จุดทางออก i บริเวณชานชาลา
	$W_j^{concourse}$	คือ เวลาในการรอที่จุดทางออก j บริเวณจุดพักผู้โดยสาร

เวลาในการรอที่จุดทางออก i บริเวณชานชาลา ($W_i^{platform}$) สามารถคำนวณได้จาก

$$W_i^{platform} = F_i^{platform} - T_i^{platform}$$

โดยที่	$F_i^{platform}$	คือ เวลาการผ่านของผู้อพยพที่จุดทางออก i บริเวณชานชาลา
	$T_i^{platform}$	คือ เวลาการเดินของผู้อพยพถึงจุดทางออก i บริเวณชานชาลา

หมายเหตุ: หาก $T_i^{platform}$ มีค่ามากกว่า $F_i^{platform}$ แล้ว $W_i^{platform}$ จะมีค่าเป็นศูนย์
เวลาในการรอที่จุดทางออก j บริเวณจุดพักผู้โดยสาร ($W_j^{concourse}$) สามารถคำนวณได้จาก

$$W_j^{concourse} = F_j^{concourse} - \max(F_j^{facility})$$

โดยที่ $F_j^{concourse}$ คือ เวลาการผ่านของผู้อพยพที่จุดทางออก j บริเวณจุดพักผู้โดยสาร
 $F_j^{facility}$ คือ เวลาการผ่านของผู้อพยพที่ผ่านสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ เพื่อไป
ยังทางออก j บริเวณจุดพักผู้โดยสาร

3. Control Volume Model

เป็นแบบจำลองที่สมมติให้ผู้อพยพแต่ละคนเป็นอิสระต่อกันและไม่สนใจในคุณลักษณะของแต่ละบุคคล แบบจำลองนี้สามารถจำลองแถวคอยของผู้อพยพที่ผ่านพื้นที่โดยมีจำนวนผู้อพยพที่มากกว่าความจุของสิ่งอำนวยความสะดวกได้ การคำนวณเวลาในการใช้เส้นทางอพยพแสดงดังสมการต่อไปนี้ (Kalakou & Moura, 2014)

$$ET = \sum_i^M \left(\frac{EL_i}{v_i} + \frac{CVL_i}{vi} \right)$$

โดยที่ EL_i คือ ความยาวของพื้นที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวก i ตามแนวเส้นทางการอพยพ
 v_i คือ ความเร็วของผู้อพยพผ่านพื้นที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวก i
 CVL_i คือ ความยาวของ Control volume

ความยาวของ Control Volume สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$CVL_i = \frac{CVA_i}{CVW_i} = \frac{(\lambda_i \times CVW_i - Q_i \times W_i)}{(PA \times CVW_i)}$$

โดยที่ CVA_i และ CVW_i คือ พื้นที่และความกว้างของ Control volume บริเวณพื้นที่หรือ
สิ่งอำนวยความสะดวก i ตามลำดับ
 λ_i และ Q_i คือ อัตราผู้อพยพที่มาถึงบริเวณพื้นที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวก i
และความจุของพื้นที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวก i ตามลำดับ
 W_i คือ ความกว้างของพื้นที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวก i
 PA คือ ความหนาแน่นที่ยอมรับได้ของผู้อพยพบริเวณพื้นที่หรือสิ่ง
อำนวยความสะดวก i ซึ่งเป็นค่าความแออัดสูงสุดขณะอพยพ

4. M/G/C/C State-Dependent Queue Network Model

แบบจำลอง M/G/C/C มีประสิทธิภาพที่ใช้ในระบบแถวคอยและความน่าจะเป็นของความแออัดในระบบแถวคอยบางตัว (Smith & Li, 2001) โดยสมการของระบบแถวคอยสำหรับผู้อพยพสามารถแสดงตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

N : ตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน (Stochastic Variable) คือจำนวนผู้อพยพบริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน
 n : จำนวนผู้อพยพที่แท้จริงบริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน



l : ความยาวของบันไดหรือโถงทางเดิน

w : ความกว้างของบันไดหรือโถงทางเดิน

k : ความหนาแน่นของผู้อพยพบริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน

c : ความจุของบันไดหรือโถงทางเดินในกรณีการอพยพ คำนวณได้จาก $c = \lfloor klw \rfloor$ โดยที่ $\lfloor x \rfloor$ จำนวนเต็มที่มีค่ามากที่สุดและไม่มากกว่า x

λ : อัตราการเข้าถึงบันไดและโถงทางเดินของผู้อพยพ

V_1 : ความเร็วการเดินทางเฉลี่ยของผู้อพยพเพียง 1 คน บริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน ซึ่งต้องเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และทำการปรับแก้จากสมการ $v_e = \mu_e v$ สำหรับสถานการณ์อพยพ

V_n : ความเร็วการเดินทางเฉลี่ยของผู้อพยพ n คน บริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน ซึ่งต้องเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และทำการปรับแก้จากสมการ $v_e = \mu_e v$ สำหรับสถานการณ์อพยพ

$f(n)$: อัตราบริการ โดยที่มีจำนวนผู้อพยพ n คน บริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน

p_n : ความน่าจะเป็น โดยที่มีจำนวนผู้อพยพ n คน บริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน ซึ่งคือ $p_n = P_r[N = n]$

p_0 : ความน่าจะเป็น โดยที่ไม่มีผู้อพยพบริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน ซึ่งคือ $p_0 = P_r[N = 0]$

$E(T_1)$: เวลาที่คาดการณ์ในการเดินทางของผู้อพยพเพียง 1 คน บริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน ซึ่งคือ $E(T_1) = l/V_1$

ความน่าจะเป็น $p_n = P_r[N = n]$ โดยที่มีจำนวนผู้อพยพ n คนในระบบแถวคอยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$p_n = \left\{ \frac{[\lambda E(T_1)]^n}{n! f(n) f(n-1) \dots f(2) f(1)} \right\} p_0 \quad n = 0, 1, 2, \dots, c$$

สามารถคำนวณ p_0 ได้จาก

$$p_0^{-1} = 1 + \sum_{i=1}^c \left\{ \frac{[\lambda E(T_1)]^i}{i! f(i) f(i-1) \dots f(2) f(1)} \right\}$$

มี 2 เกณฑ์ที่สำคัญใช้เพื่อประเมินการอพยพบริเวณคอขวดของบันไดหรือโถงทางเดินแสดงดังต่อไปนี้

$$p_c = p_r[N = c]$$

$$\theta = \lambda[1 - p_c]$$

โดยที่ p_c คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดความแออัดของผู้โดยสารบริเวณบันไดหรือโถงทางเดิน

θ คือ จำนวนผู้อพยพที่ผ่านจากระบบแถวคอยต่อหน่วยเวลา

2.8 หลักการพิจารณาการอพยพของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย

ในการกำหนดแผนการอพยพของแต่ละสถานีรถไฟฟ้าของ รฟม. จำเป็นที่จะต้องทราบรายละเอียดและข้อแตกต่างปลีกย่อยของแต่ละสถานีที่ไม่เหมือนกันและส่งผลกระทบต่อรูปแบบในการอพยพ ประเด็นสำคัญต่างๆ ที่ควรพิจารณาเมื่อทำการอพยพมีดังนี้

2.8.1 อำนาจในการสั่งการและอนุมัติการอพยพ

อำนาจในการสั่งการสำหรับการอพยพผู้โดยสาร เป็นการกำหนดงานและอธิบายให้ผู้อื่นทำงานให้สำเร็จตามที่คุณออกคำสั่งกำหนดไว้การสั่งการเป็นหน้าที่หนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการจัดการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. การอพยพผู้โดยสารออกจากสถานี (Station Evacuation)

หัวหน้าสถานี (SC) สามารถสั่งการอพยพได้ทันทีในกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินในสถานี ซึ่งต้องทำการอพยพผู้โดยสารทันที โดยเมื่อ หัวหน้าสถานี (SC) ได้รับคำสั่งจากเจ้าหน้าที่ควบคุมการเดินรถ (LCO) หรือหัวหน้าควบคุมการเดินรถ (CCO) ให้ทำการปิดสถานีหรืออพยพผู้โดยสารเนื่องจากความบกพร่องของอุปกรณ์จนไม่สามารถให้บริการเดินรถได้ที่สถานีนั้นๆ หรือบางสถานีหรือทั้งระบบ

2. การขนถ่ายผู้โดยสารออกจากขบวนรถไฟ (Detrainment)

หัวหน้าสถานี (SC) สามารถสั่งการให้มีการขนถ่ายผู้โดยสารออกจากขบวนรถไฟเฉพาะในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินรุนแรงที่ส่งผลเป็นอันตรายต่อผู้โดยสาร เช่น เกิดเหตุไฟไหม้ในขบวนรถ ส่วนกรณีอื่นๆ จะต้องได้รับคำสั่งจากเจ้าหน้าที่ควบคุมการเดินรถ (LCO) หรือหัวหน้าควบคุมการเดินรถ (CCO) เท่านั้น จึงจะทำการขนถ่ายผู้โดยสารออกจากขบวนรถไฟ หรือได้รับสัญญาณขอความช่วยเหลือให้อพยพจากพนักงานควบคุมรถ (TO)

2.8.2 การกำหนดตำแหน่งพนักงานที่ถือวิทยุ Hand Portable Radio

เพื่อให้การอพยพเป็นมาตรฐานและสามารถนำไปใช้ร่วมกันได้ทุกสถานี รฟม. จึงมีความจำเป็นที่ จะต้องกำหนดพนักงานที่จำเป็นจะต้องถือวิทยุ Hand Portable Radio (HP) ไว้ตลอดเวลาที่ให้บริการดังตารางที่ 2.8-1 ตารางที่ 2.8-1 ตารางผู้ถือวิทยุ Hand Portable Radio ของสถานี

ลำดับ	ตำแหน่ง	จุดปฏิบัติงาน	HP
1	หัวหน้าสถานี (SC)	SOR	HP #1
2	รองหัวหน้าสถานี (DSC)	ห้องจัดการเงินสด	HP # 2
3	เจ้าหน้าที่ประจำสถานี (SO)	Ticket Office 1 SE / Concourse SE	HP # 3
4	เจ้าหน้าที่ประจำสถานี (SO)	Ticket Office 2 NE / Concourse NE	HP # 4
5	เจ้าหน้าที่ประจำสถานี (SO)	ชานชาลา สายสีม่วง	HP # 5
6	เจ้าหน้าที่ประจำสถานี (SO)	ชานชาลา 1 (SB) สายสีน้ำเงิน	HP # 6
7	เจ้าหน้าที่ประจำสถานี (SO)	ชานชาลา 2 (NB) สายสีน้ำเงิน	HP # 7

ที่มา : PPL-STP-WI-001 คำสั่งปฏิบัติงาน เรื่อง แผนการอพยพสถานีสายสีม่วง



2.8.3 รูปแบบของแต่ละสถานี

รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 3 รูปแบบ ตามลักษณะของขานชาลาที่แตกต่างกันดังนี้

1. ขานชาลากลาง (Central Platform) สถานีที่มีลักษณะทางการภาพบริเวณขานชาลาอยู่บริเวณตรงกลางระหว่างรางรถไฟที่ขนาบอยู่ด้านข้าง เป็นรูปแบบที่ใช้โดยส่วนใหญ่ เพื่อให้ผู้โดยสารใช้ขานชาลาร่วมกันทั้งขาไปและขากลับ
2. ขานชาลาข้าง (Side Platform) สถานีที่มีลักษณะทางการภาพบริเวณขานชาลาอยู่ขนาบทางรถไฟด้านข้าง หรือมีทางรถไฟทั้งขาไป-กลับ อยู่ตรงกลาง รูปแบบสถานีนี้ จะใช้ในกรณีที่พื้นที่ในการก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง บริเวณก่อนเข้าหรือออกจากสถานีมีจำกัด
3. ขานชาลาซ้อน (Stack Platform) สถานีที่มีลักษณะทางการภาพบริเวณขานชาลาขาไปและขากลับอยู่คนละชั้น เป็นรูปแบบนี้จะใช้ก่อสร้างในกรณีที่พื้นที่ในการก่อสร้างแคบ เพราะมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น ท่ออุโมงค์ส่งน้ำ เสาเข็มยาวของสะพานลอย และอาคารสูง เป็นต้น

การทำแผนอพยพของแต่ละสถานีจะต้องคำนึงถึงสภาพทางกายภาพที่แตกต่างกันดังกล่าวนี้ เพราะจะทำให้ทิศทางและรูปแบบของการอพยพแตกต่างกันออกไปในแต่ละสถานี

2.8.4 จุดสกัดในการอพยพ (Tactical Location)

จุดสกัดในการอพยพ (Tactical Location) ในสถานีคือจุดต่างๆ ที่สามารถควบคุมทิศทางการอพยพได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถสกัดกั้นการเข้าออกพื้นที่ต่างๆ ได้โดยอาศัยการเคลื่อนที่ไปมาน้อยที่สุด พนักงานของสถานีต้องไม่ตื่นตระหนกวิ่งไปมาในการอพยพผู้โดยสารซึ่งจะทำให้ควบคุมการอพยพผู้โดยสารไม่ได้ แต่ต้องมีสติพยายามควบคุมทิศทางการอพยพให้เป็นไปตามที่ต้องการให้ได้ จุดสกัดเหล่านี้เป็นบริเวณที่พนักงานควรใช้ในการสังเกตการณ์และกำกับการอพยพผู้โดยสารที่มีเป็นจำนวนมาก เมื่ออพยพคนส่วนใหญ่เสร็จแล้วจึงทำการตรวจสอบผู้ที่ยังหลงเหลืออยู่และปิดแต่ละบริเวณตามลำดับ จุดสกัดในการอพยพ (Tactical Location) ภายในสถานีมีดังนี้

- บริเวณทางเข้าออกของสถานี
- บริเวณหน้า AFC Gate line (ประตูอัตโนมัติ)
- ทางเดินเชื่อมจากบริเวณทางเข้าออก เข้าสู่สถานี
- บริเวณทางเข้าชั้นร้านค้า
- ประตู EWD ที่ขานชาลา
- บริเวณประตู PSD ที่หัวและท้ายของขบวนรถไฟ

2.8.5 ทางหนีไฟฉุกเฉิน (Emergency Fire Escape Exit)

ทางหนีไฟฉุกเฉิน คือ ทางออกหรือบันไดฉุกเฉินจากภายในอาคารสู่ภายนอก โดยที่มีประเด็นของการใช้ทางหนีไฟที่พนักงานต้องเข้าใจ ทางหนีไฟฉุกเฉินควรใช้สำหรับกรณีที่ไม่สามารถหลบหนีจากอันตรายโดยเส้นทางอื่นได้เท่านั้น เนื่องจากทางหนีไฟนั้นมีความชันและไม่เหมาะสมสำหรับอพยพผู้คน

จำนวนมากที่อาจรวมไปถึงเด็ก สตรีตั้งครรภ์ คนชรา และผู้โดยสาร Wheel Chair หากมีวิธีอื่นที่สะดวกและปลอดภัยกว่าต้องนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรก ซึ่งรูปแบบทางหนีไฟแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ภายในสถานี เป็น 2 รูปแบบ

- พื้นที่ Public ชั้นชานชาลาจะลงไปชั้นออกบัตรโดยสาร
- พื้นที่ Non-Public จะลงไปที่ระดับถนน บริเวณเกาะกลางถนน

2.8.6 ประตู Roller Shutter ของแต่ละสถานีและรูปแบบทางเข้าออก

ทางเข้าออกของแต่ละสถานีเมื่อเทียบกับจำนวน Roller Shutter ที่จะต้องทำการปิดจะมีจำนวนที่เท่ากัน ทางเข้าออกของบางสถานีจะมีทางเดิน (Subway) ที่แตกออกเป็นบันไดเลื่อนและบันไดธรรมดาเปรียบเสมือนกับมีทางออก 2 ทาง สิ่งที่ต้องตระหนักคือโอกาสที่จะมีผู้โดยสารหลงเดินขึ้นมาในขณะที่พนักงานกำลังลงไปปิด Roller Shutter อีกฝั่ง หัวหน้าสถานี (SC) ควรระวังทางเข้าออกของสถานีเป็นกรณีพิเศษหรืออาจพิจารณาส่งคนไปช่วยเพิ่มเติมสำหรับทางเข้าออก ดังนั้นเมื่อเริ่มการอพยพ หัวหน้าสถานี (SC) ต้องสั่งการ รปภ. เข้าประจำจุดที่ทางเข้าออกในทันที เพื่อไม่ให้ผู้โดยสารเข้าใช้บริการ นั่นคือการเริ่มอพยพ

2.8.7 โทรศัพท์ Help Point ที่ทางเข้าออกระดับถนน

โทรศัพท์ Help Point ที่ติดต่อกับ SOR โดยที่จุดโทรศัพท์อยู่บริเวณทาง เข้า-ออก หมายเลข 1 ของแต่ละสถานีซึ่งอยู่ที่บริเวณทางเข้าออกระดับถนน หรือด้านข้างประตู Roller Shutter กันทางเดินเชื่อมทางเข้าออกที่เปิดเป็นสะพานทางข้ามถนนสาธารณะ ดังนั้นพนักงานควรทราบ จุดติดตั้งโทรศัพท์ Help Point และ วิธีการในการติดต่อกับ SOR

2.8.8 Emergency Trip Switch

ในทุกๆ สถานี จะพบ Emergency Trip Switch (ETS) ซึ่งอยู่ในตู้พร้อมฝาปิดล็อกได้และมีโทรศัพท์ Help Point โดยจะติดตั้งบริเวณปลายชานชาลาทั้ง 4 ด้าน ภายในสถานี

2.8.9 ปริมาณผู้โดยสารและช่วงเวลาการให้บริการ

แต่ละสถานีมีจำนวนผู้โดยสารและรูปแบบการใช้บริการ (Crowd Flow) แตกต่างกันออกไป พนักงานในสถานีควรคำนึงถึงประเด็นดังกล่าวในการพิจารณาผลกระทบและจุดที่ควรระวังเป็นพิเศษ

2.8.10 อุปกรณ์ป้องกันและระงับเหตุเพลิงไหม้ภายในสถานี

อุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัยและระงับเหตุเพลิงไหม้ภายในระบบรถไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้



1. ระบบตรวจจับและแจ้งสัญญาณเตือนภัย

ประกอบไปด้วย แผงควบคุมสัญญาณเตือนอัคคีภัยในห้องปฏิบัติการสถานีรถไฟฟ้า (SOR) อุปกรณ์ตรวจจับควันและตรวจจับความร้อนทั้งแบบ Smoke Detector และแบบเส้น (Linear Heat) สัญญาณ Bell Horn และไฟสัญญาณกระพริบ

2. อุปกรณ์ผจญเพลิง

ประกอบไปด้วย ระบบน้ำดับเพลิงฝอย (MJC) แบบชะลอน้ำเข้า (Pre Action) ในห้องปฏิบัติการสถานีรถไฟฟ้า (SOR) ระบบน้ำดับเพลิงฝอยใต้บันไดเลื่อน ระบบน้ำดับเพลิงฝอยในห้อง CHR Ticket office ห้องพักพนักงาน ภายในห้องอุปกรณ์ต่างๆ ถังดับเพลิง FM200 และสายดับเพลิงแบบหัวต่อตามพื้นที่สาธารณะ

2.8.11 ที่ตั้งจุดรวมพล จุดบัญชาการเหตุการณ์ และจุดปฐมพยาบาล

1. จุดรวมพล (Assembly Point)

ทุกสถานีกำหนดจุดรวมพลอยู่ที่บริเวณด้านนอกบริเวณลานหรือพื้นที่ทางฟุตบอลของทางเข้าออกหมายเลข 1 ยกเว้นสถานีพระนั่งเกล้าที่จุดรวมพลอยู่ที่ทางเข้าออกหมายเลข 2 เพื่อตรวจนับจำนวนพนักงานรวมทั้งผู้รับเหมาให้แน่ใจว่าทุกคนได้อพยพออกจากสถานีได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้หากพนักงานและผู้รับเหมาไม่สามารถอพยพไปยังทางเข้าออกที่กำหนดเป็นจุดรวมพลได้ เนื่องจากไม่ปลอดภัย สถานีก็สามารถกำหนดจุดรวมพลที่ทางเข้าออกอื่นที่สามารถอพยพไปได้อย่างปลอดภัย

2. จุดบัญชาการเหตุการณ์ (Command Post)

กำหนดให้อยู่ในห้องปฏิบัติการของสถานีรถไฟฟ้า (SOR) ซึ่งเป็นจุดบัญชาการเหตุการณ์ โดยประสานงานกับเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานภายนอก หากจุดดังกล่าวไม่ปลอดภัยเพียงพอ ให้ย้ายไปที่บริเวณทางเข้าออกที่มีโทรศัพท์ Help point สำหรับติดต่อ SOR โดยกำหนดให้ป้ายสัญลักษณ์จุดสั่งการ

2.9 แนวคิดและทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

ในการศึกษาวิจัยของ Shannon (1975) ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองปัญหาว่า เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ แล้ววิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป

การสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์การจำลองการอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีรถไฟ เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Situation) จะใช้แบบจำลองสถานการณ์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของระบบ ตามระยะเวลา และไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น โดยแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า จะช่วยจำลองรูปแบบพฤติกรรมในการเดินเท้าของมนุษย์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ฉุกเฉิน เพื่อวางแผนด้านความปลอดภัยสำหรับคนเดินเท้าในการอพยพ และเพื่อวางแผนการขนส่งแบบบูรณาการกับรูปแบบการเดินทางอื่นๆ

2.9.1 เส้นทางการอพยพ

เมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่เป็นอันตรายหรือสถานการณ์ฉุกเฉิน เส้นทางการอพยพเป็นเส้นทางที่จะนำผู้อพยพไปสู่จุดที่ปลอดภัยได้อย่างรวดเร็วที่สุด การวางแผนการอพยพแต่ละครั้งจึงจะต้องให้ความจุของระบบให้มากที่สุด เพื่อก่อให้เกิดการไหลสูงสุดและสามารถนำมาใช้งานได้ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น การอพยพคนเดินเท้ามักจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ขนาดเล็กอย่างรุนแรงและรวดเร็ว เช่น สถานีรถไฟใต้ดินซึ่งเป็นพื้นที่ที่จำกัด และจะได้รับผลกระทบอย่างมากเมื่อเกิดการอพยพคนเดินเท้า

จากที่กล่าวมาข้างต้น วิธีอพยพคนให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในเวลาที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับการไหลสูงสุดและการหาเส้นทางการอพยพที่เหมาะสมที่สุด (Li และคณะ, 2014) ในการอพยพเมื่อเกิดเหตุแผ่นดินไหว Yamada ได้อธิบายการเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางการอพยพของลูกแก้วใกล้เคียงควรจะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด ในขณะที่ Compos และ da Silva พยายามแก้ปัญหาความจุในการอพยพที่ต่ำ โดยการลดความขัดแย้งระหว่างเส้นทางการอพยพและเพิ่มขีดความจุของเส้นทางการอพยพ และสรุปได้ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นทางการอพยพจะต้องคำนึงถึง จุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง ที่ระยะทางที่สั้นที่สุด เส้นทางการอพยพต้องชัดเจนและมีความกว้างเพียงพอสำหรับการไหลที่เร็วที่สุด

2.9.2 การเลือกเส้นทางการอพยพในสถานการณ์ฉุกเฉิน

การจำลองพฤติกรรมผู้เดินทางในสถานการณ์ฉุกเฉินเป็นเรื่องยากสำหรับแต่ละบุคคล การเลือกเส้นทางการอพยพในสถานการณ์ฉุกเฉินเกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดสินใจที่ซับซ้อนซึ่งประกอบด้วย การเลือกเส้นทางออก ซึ่งปัจจัยในการเลือกเส้นทางออกนั้น มาจากการจราจร และประสบการณ์ส่วนตัว choice behavior (Mahmassani et al., 1999; Wahle et al., 2002; Srinivasan et al., 2003; and Tseng et al., 2013).

เมื่อเทียบพฤติกรรมในสถานการณ์ปกติและในช่วงอพยพฉุกเฉินที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เครือข่ายถนนจะกลายเป็นช่องทางและเป็นอันตราย ผู้อพยพอาจไม่ตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ขาดการประเมินในด้าน



ต่างๆ และพฤติกรรมในทางจิตวิทยาอาจมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจกระบวนการรับรู้ถึงอันตราย ทำให้เกิดความตื่นตระหนก และหวาดกลัว (Henn, 2000 and Henn et al., 2006), artificial neural networks (Hawas, 2004), และ cognitive psychology (Nakayama et al., 2000). Pel et al. (2009, 2010, and 2011) ได้เสนอรูปแบบทางเลือกแบบผสมผสานโดยพิจารณาจากข้อมูลการจราจรและพฤติกรรมการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ในการตัดสินใจของผู้อพยพจะเลือกเส้นทางก่อนที่จะออกด้วยประสบการณ์ในเส้นทางและข้อมูลจราจรที่ทราบ และผู้อพยพอาจจะเปลี่ยนไปใช้เส้นทางอื่น หากพบทางแยกใดๆ

อย่างไรก็ตาม ได้มีงานวิจัยที่นำทฤษฎีความคลุมเครือ (Fuzzy Set Theory) มาจัดการปัจจัยที่ไม่แน่นอนทั้งหมด ซึ่งทฤษฎีความคลุมเครือนี้เป็นทฤษฎีที่มีระบบการอนุมานฟัซซี่ (Fuzzy Inference System, FIS) ที่สามารถตรวจจับความไม่แน่นอนและความแปรปรวนของผู้อพยพ งานวิจัยการสร้างแบบจำลองและการจำลองเส้นทางอพยพพฤติกรรมโดยใช้ทฤษฎีความคลุมเครือ ได้ผลสรุปว่า ความน่าจะเป็นของการเลือกเส้นทางเฉพาะจะถูกกำหนดโดยความแตกต่างระหว่างค่าเส้นทางและระดับข้อมูลการจราจรซึ่งยากแก่การสรุป ดังนั้น ผลสรุปจึงเป็นที่ชัดเจนว่า การเลือกเส้นทางของผู้เดินทางจะเลือกใช้เส้นทางที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด

2.9.3 การไหลของกระแสจราจรคนเดินเท้า

อัตราการไหลของคนเดินเท้า หมายถึง จำนวนของคนเดินเท้าซึ่งเดินข้ามแต่ละมุมของทางแยก หรือบนทางข้ามสัญญาณไฟจราจรต่อหน่วยเวลาการวิเคราะห์ ซึ่งมักจะแสดงเป็นอัตราการไหลต่อชั่วโมง แต่ช่วงเวลาการวิเคราะห์สามารถพิจารณาน้อยกว่า 1 ชั่วโมง ในการประเมินระดับการให้บริการข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณคนเดินเท้าในหน่วยนาที่ ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลปริมาณคนเดินเท้าสูงสุดในหน่วย 15 นาที่ และความกว้างทางเดินข้ามประสิทธิภาพ (Effective walkway width) ดังแสดง

$$V_p = \frac{V_{15}}{15W_E}$$

เมื่อ V_p คือ ปริมาณคนเดินเท้าต่อหน่วยเวลา 1 นาที่ (คนต่อนาที่ต่อเมตร)

V_{15} คือ ปริมาณคนเดินเท้าสูงสุดต่อหน่วยเวลา 15 นาที่ (คนต่อ 15 นาที่)

W_E คือ ความกว้างทางเดินข้ามประสิทธิภาพ (เมตร)

2.9.4 ระดับการให้บริการ ทฤษฎีการวัดระดับการให้บริการ (Level of Service)

ระดับการให้บริการ คือ มาตรวัดเชิงคุณภาพ (Qualitative Measure) ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพในการให้บริการของระบบขนส่งโดยแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 6 ตัว ได้แก่ A, B, C, E, D และ F ซึ่งค่าแต่ละค่าจะแสดงถึงลักษณะและสภาพการจราจรที่แตกต่างกันโดยระดับการให้บริการ A จะแสดงสภาพการจราจรที่ดีที่สุดในทางตรงกันข้าม ระดับการให้บริการ F จะแสดงสภาพการทางจราจรที่แย่ที่สุดเกณฑ์ในการหาค่าระดับการให้บริการนั้นมีหลากหลายเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบขนส่งและความเหมาะสมดังตารางที่ 2.9-1 โดยในที่นี้เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดระดับการให้บริการ

รถไฟฟ้ามหานครอาจอาศัยหลักเกณฑ์ความสะดวกและสบาย (Comfort and Convenience) ของการให้บริการ อ้างอิงจาก Highway Capacity Manual 2000 (HCM) และ Transit Capacity and Quantity of Service Manual (TCQSM)

ตารางที่ 2.9-1 ระดับการให้บริการของคนเดิน

ระดับการให้บริการ	พื้นที่ในการเดิน (ตร.ม/คน)	อัตราการไหล (คน/นาที/เมตร)
A	> 5.6	≤ 16
B	> 3.7 – 5.6	> 16 – 23
C	> 2.2 – 3.7	> 23 – 33
D	> 1.4 – 2.2	> 33 – 49
E	> 0.7 – 1.4	> 49 – 75
F	≤ 0.74	

ที่มา: Highway Capacity Manual (HCM 2000)

2.9.5 คุณลักษณะคนเดินเท้า

คนเดินเท้า (Pedestrian) คือ ผู้คนที่เดินอยู่ตามถนนไม่ได้อยู่ในยานพาหนะ ซึ่งอาจเดินอยู่บนทางเท้า (Sidewalk) หรือไม่ได้ คนเดินเท้าเป็นส่วนประกอบหนึ่งของการจราจรนอกจากผู้โดยสารรถยนต์ในการเดินทาง โดยคุณลักษณะที่สำคัญของผู้เดินเท้ามีดังนี้ (พิชญโรจน์, 2530)

1. อัตราความเร็วในการเดิน โดยทั่วไปแล้วอัตราเร็วในการเดินจะอยู่ที่ประมาณ 0.9-1.4 เมตร/วินาที ในการออกแบบจะใช้ความเร็วสำหรับผู้ชาย 3.49-5.83 กิโลเมตร/ชั่วโมง และสำหรับผู้หญิง 2.56-4.28 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งผู้ชายจะเดินเร็วกว่าผู้หญิง
2. ปริมาณคนเดินและความหนาแน่น เป็นปริมาณที่ใช้ในการวัดจำนวนคนเดินเท้า ในรูปของจำนวนคน/ความกว้าง/นาที (ปริมาณคนเดิน) หรือ จำนวนคนต่อพื้นที่ (ความหนาแน่น) สำหรับพื้นที่เฉลี่ยในการเดินเท้าต่อคน 1.5 ตรม.
3. การใช้จักรยาน ผู้ใช้จักรยานถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของผู้เดินเท้า มีความเร็วในการขี่จักรยานเฉลี่ย 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง และระยะห่างของการขี่คู่กันมีค่าเท่ากับ 1 เมตร (ฉัตรดนัย เลือดสกุล, 2555)

2.9.6 แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า

แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้าเป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองสถานที่และพฤติกรรมของคนเดินเท้าได้อย่างสมจริง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ได้ในการทำงานด้านการจราจรและการขนส่งได้ โดยเฉพาะด้านการวางแผนและพัฒนาสถานที่ที่มีปริมาณผู้ใช้สถานที่หรือปริมาณคนเดินจำนวนมาก เช่น สถานีรถไฟฟ้า ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองที่มีความสอดคล้องกับพื้นที่จริง จะส่งผลทำให้แบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การจราจรของคนเดิน



เท้าในสถานการณ์ต่างๆ ได้ ลักษณะการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้าในด้านวิศวกรรมขนส่ง มีดังนี้

- การวิเคราะห์การอพยพในสถานที่สำคัญ หาเส้นทางเพื่อวางแผนการรักษาความปลอดภัย การไหลออกนอกพื้นที่ และเส้นทางหลบหนี เช่น สถานีรถไฟ สนามบิน สนามกีฬา เป็นต้น
- การวิเคราะห์เส้นทางและการเข้าแถวคอย เพื่อหาระยะเวลาการเข้าแถวคอยที่น้อยที่สุดและเส้นทางอื่นที่สามารถไปแทนกันได้
- การประเมินทางเลือก สามารถเปรียบเทียบได้จากค่าใช้จ่ายและการวางแผนทางเลือก
- การวิเคราะห์การจัดสรรเวลา ใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาขึ้นและลงของคนเดินเท้า ในระบบขนส่งสาธารณะต่างๆ

2.10 โปรแกรมแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า

โปรแกรม PTV Viswalk เป็นหนึ่งในโปรแกรมแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคที่ใช้สำหรับจำลองสภาพการจราจรของคนเดินเท้า โดยโปรแกรมสามารถพัฒนาแบบจำลองให้โครงข่ายการจราจรและพฤติกรรมต่างๆ ของคนเดินเท้าสอดคล้องกับพื้นที่จริงได้ โดยอาศัยข้อมูลนำเข้าที่ตรงกับสภาพพื้นที่จริง เช่น ปริมาณคนเดินเท้า เครื่องกีดขวาง พฤติกรรมการเดิน ฯลฯ เป็นต้น

โปรแกรม PTV Viswalk สามารถแสดงผลจากการวิเคราะห์ออกมาได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นเส้นทางคนเดินเท้าแบบไดนามิกไปยังปลายทางที่สั้นที่สุดและเร็วที่สุด, Density Heat Map ที่แสดงการกระจายตัวของความหนาแน่นและกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ แสดงผลออกมาใน รูป 2 และ 3 มิติ นอกจากนี้ PTV Viswalk สามารถนำไปวิเคราะห์บูรณาการร่วมกับ PTV Vissim ซึ่งเป็นแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของยานพาหนะ เพื่อจำลองการจราจรทั้งในด้านการขนส่งและการเดินเท้าไปพร้อมกัน เป็นต้น ดังนั้นโปรแกรม PTV Viswalk จึงถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการจราจรของคนเดินเท้า รูปภาพแสดงตัวอย่าง แบบจำลองที่ได้จากโปรแกรม PTV Viswalk ดังรูปที่ 2.10-1



รูปที่ 2.10-1 ตัวอย่างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดินเท้า PTV Viswalk

2.11 ทฤษฎีที่ใช้กำหนดการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าในแบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า

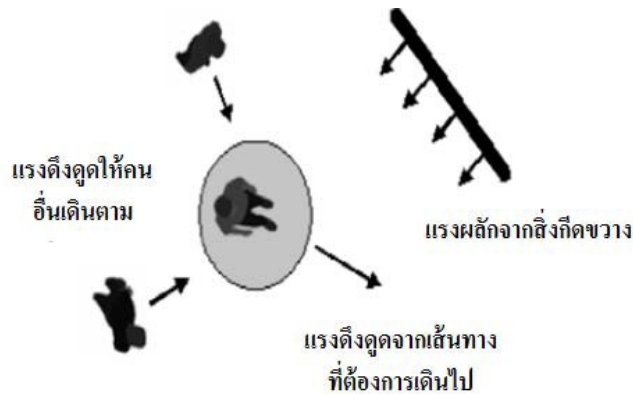
การสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินเท้าเพื่อศึกษาพฤติกรรมของคนเดินเท้าจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อการดำเนินงานของแบบจำลองอย่างถูกต้อง โดยการเคลื่อนตัวและพฤติกรรมของการเดินของคนเดินเท้าในแบบจำลองฯ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบแรงทางสังคม Social Force Model (SFM) นี้

Social Force Model เป็นรูปแบบแรงทางสังคมที่มีพื้นฐานต่อเนื่องจากกลศาสตร์นิวตัน (Johansson, 2009) ต่อมา Helbing และ Molnar (Helbing และ Molnar, 1995) ได้ทำการพัฒนารูปแบบแรงสังคมของคนเดินเท้าที่นำมาใช้ในแบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า โดยรูปแบบของแรงมีหลายชนิด ทั้งแรงผลัก แรงเสียดทาน แรงดึงดูด และแรงในการขับเคลื่อน เป็นต้น โดยแรงทั้งหมดนี้มีผลทำให้คนเดินเท้าเกิดการเคลื่อนตัวและเปลี่ยนทิศทางการเดิน นอกจากนี้ได้มีการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองแรงทางสังคมอยู่ตลอดเวลา เช่น การศึกษาของ Parisi และคณะ (2009) กล่าวว่า SFM เป็นรูปแบบแรงหนึ่งที่สามารถปรากฏการณ์จัดระเบียบตัวเองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงการเดินของคนเดินเท้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ระบุปัจจัยที่เป็น Social Force Model ในแบบจำลองฯ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าดังตารางที่ 2.11-1 และตัวอย่างปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนเดินเท้าใน SFM ดังรูปที่ 2.11-1

ตารางที่ 2.11-1 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้าใน PTV Viswalk

ปัจจัย	ผลที่ได้	คำอธิบาย
ทิศทางที่ต้องการ เดิน	ทิศทาง	คนเดินเท้าเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดไปยังปลายทาง
ความเร็วที่ต้องการ ใช้	ความเร็ว	ความเร็วอิสระของคนเดินเท้าแต่ละคน
เวลาในการเดิน	ความเร็ว	เป็นเวลาที่คนเดินเท้าพยายามที่จะเดินด้วยความเร็วที่ต้องการ
คนเดินเท้าอื่นๆ	แรงผลัก	คนเดินเท้าจะหลีกเลี่ยงการใกล้คนแปลกหน้า พวกเขา จะมีพื้นที่ส่วนตัว
อุปสรรคต่างๆ	แรงผลัก	คนเดินเท้าจะหลีกเลี่ยงสิ่งก่อสร้างอาคาร รั้ว และอื่นๆ
สถานที่ดึงดูด	แรงดึงดูด	คนเดินเท้าจะถูกดึงดูดจากเพื่อน หน้าต่าง พื้นภาพ และอื่นๆ
มุมมองในการมองเห็น	ค่าน้ำหนักเชิงใจของปัจจัยที่มองเห็น	สิ่งของที่อยู่ด้านหน้าของคนเดินเท้าส่งผลต่อการเคลื่อนที่มากกว่าสิ่งของที่อยู่ด้านหลัง
ความแปรปรวน	การเปลี่ยนแปลงแบบสุ่ม	การสุ่ม เช่น การเลือกระหว่าง 2 ตัวเลือกที่เท่ากันหรือเส้นทางที่มีระยะเท่ากัน

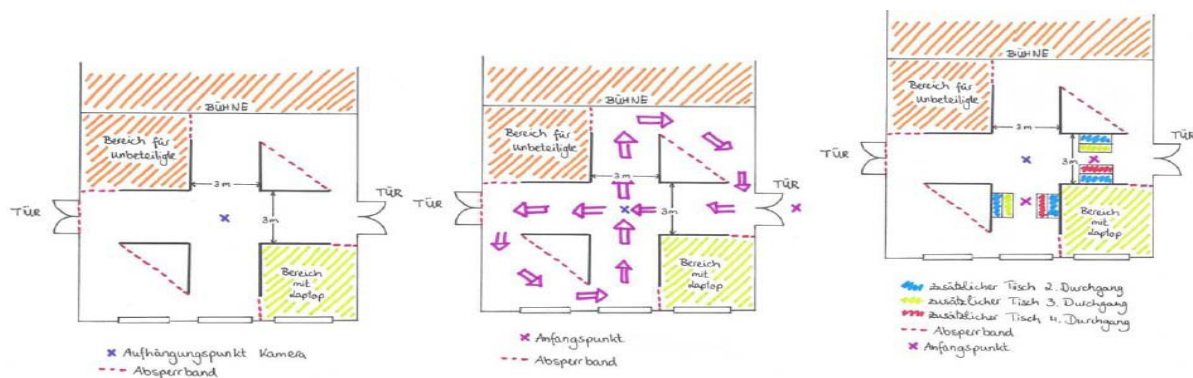
ที่มา: Helbing และ Molnar (1995)



รูปที่ 2.11-1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนเดินเท้าใน SFM
ที่มา : Laufer (2008)

2.12 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินเท้า โดยทางทีมที่ปรึกษาได้ศึกษาวิจัยของ Kretz (2015) การศึกษาการไหลของกระแสคนเดินเท้าผ่านทางข้ามตัดขวางกันจากพฤติกรรมการเดินของนักเรียนโรงเรียนแห่งหนึ่งในประเทศเยอรมัน โดยสำรวจจากนักเรียนจำนวน 80 คนที่มีอายุประมาณ 13-14 ปี ในการเดินผ่านทางที่มีความจำกัดและสิ่งของกีดขวางอยู่ตามพื้นที่ การศึกษาที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบประกอบด้วย รูปแบบที่ 1 ไม่มีโต๊ะเป็นสิ่งกีดขวาง รูปแบบที่ 2 มีโต๊ะเพิ่ม 2 ตัวเป็นสิ่งกีดขวาง และรูปแบบที่ 3 และ 4 เพิ่มโต๊ะครั้งละอีก 1 ตัว ดังแสดงใน รูปที่ 2.12-1 ในพื้นที่สำรวจยังได้ทำการบันทึกวิดีโอเพื่อบันทึกลักษณะพฤติกรรมการเดินข้ามของ นักเรียนในสภาพจริง และประยุกต์ใช้แบบจำลองระดับจุลภาค “โปรแกรม PTV Viswalk” ดังแสดงในรูปที่ 2.12-2 แล้วจึงทำการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อให้พฤติกรรมการเดินระหว่างในสภาพจริงกับ แบบจำลองมีความสอดคล้องกัน ผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า นักเรียนมีการเดินที่เป็นปัจเจกบุคคล กล่าวคือ การไม่ปรารถนาที่จะปรับความเร็วในการเดินร่วมกันหรือสอดคล้องกัน ทำให้เกิดการเดินชนกันเพื่อให้ถึงเป้าหมายตามความเร็วที่ต้องการ และระยะทางในการ เข้า-ออก พื้นที่ศึกษามีระยะทางแคบไป จึงทำให้ไม่เห็นการจัดเรียงตัวของการเดินของนักเรียน และยังพบอีกว่าในการใช้ แบบจำลองมีความเป็นไปได้สำหรับการนำไปวิเคราะห์ผลที่นอกเหนือจากการสำรวจที่ได้มาหรือต้องการรายละเอียดที่มากกว่านี้ แต่อาจต้องมีการปรับค่าตัวแปรพารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรมให้เหมาะสม



รูปที่ 2.12-1 ภาพร่างของรูปแบบการจัดพื้นที่ในการศึกษาการเดิน

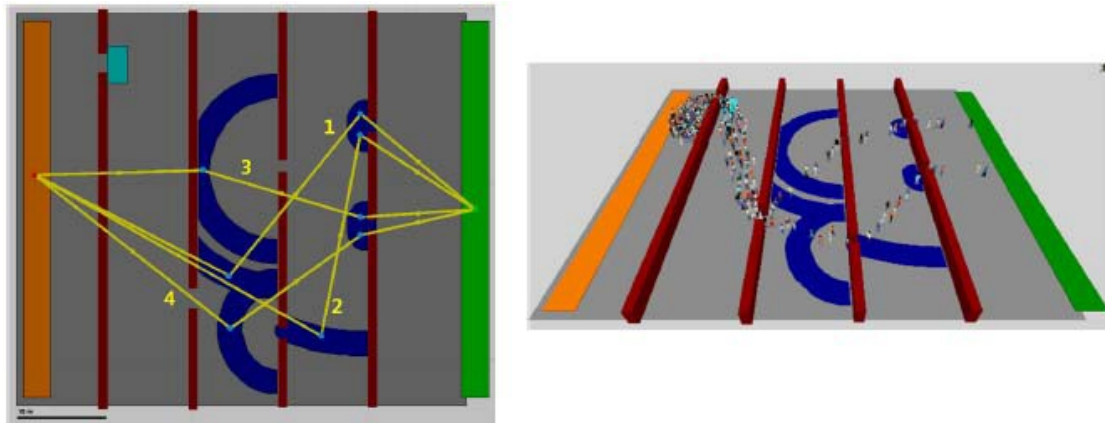
ที่มา : Kretz (2015)



รูปที่ 2.12-2 ตัวอย่างพฤติกรรมกรรมการเดินของคนเดินเท้าที่ได้จากแบบจำลอง

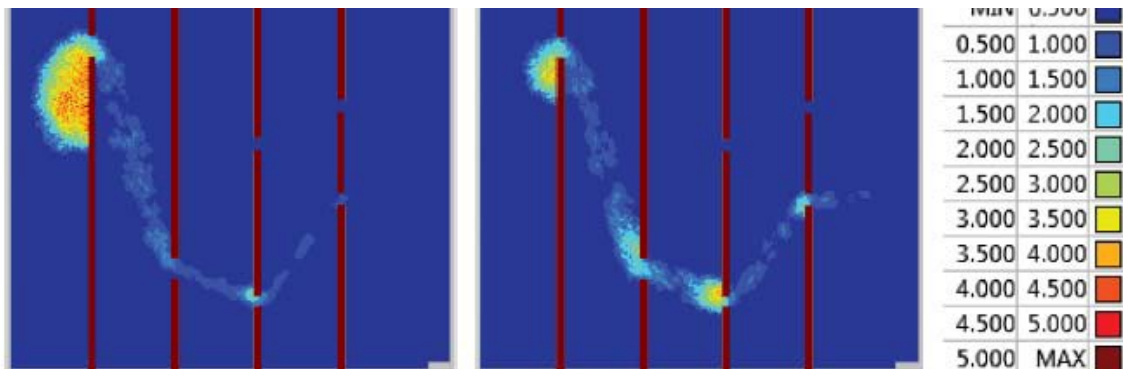
ที่มา : Kretz (2015)

รวมทั้งงานวิจัยของ Vidal Roca และคณะ (2014) ได้อธิบายว่าเกี่ยวข้องกับการแจกแจงปริมาณคนเดินเท้าในแต่ละเส้นทางมักไม่มีการพิจารณาระยะเวลาการเดินทางเป็นปัจจัยหลัก Vidal Roca จึงได้ทำการจำลองคนเดินเท้าบนทางเดินเท้าที่มีการพิจารณาระยะเวลาการเดินทางเป็น ปัจจัยหลักโดยใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งที่ปรึกษาได้ทำการกำหนดเส้นทางในการเดินให้แก่คนเดินเท้าในแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 2.12-3 อีกทั้งแบบจำลองยังสามารถบอกผลในรูปของการกระจายตัวของความหนาแน่นของคนเดินเท้าในแต่ละเส้นทางดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.12-4 ซึ่งการวิจัยนี้สามารถสรุปผลได้ว่า งานวิจัยนี้เป็นเพียงแค่กรณีตัวอย่างของการกำหนดเส้นทางแบบอย่างง่ายและเป็นการมองภาพรวมของคนเดินเท้าส่วนใหญ่ ซึ่งผลของเวลาที่ได้ยังคงมีนัยสำคัญในการนำไปใช้งานอพยพคนได้ และยังพบข้อเสียที่ว่าคนเดินเท้าในสภาพความเป็นจริงอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินมากกว่านี้ ดังนั้นจึงได้แนะนำให้แก่งานวิจัยในอนาคตหรือการ นำไปใช้ควรมีการศึกษาที่ละเอียดและวิเคราะห์ภาพรวมที่เล็กลงมาถึงตัวคนเดินเท้าให้มากกว่านี้ เพื่อให้ ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและการจำลองที่สมจริง



รูปที่ 2.12-3 ตัวอย่างการกำหนดแนวเส้นทางให้แก่คนเดินเท้าในแบบจำลอง

ที่มา : Vidal Roca และคณะ, 2014



รูปที่ 2.12-4 ตัวอย่างการกระจายตัวความหนาแน่นของคนเดินเท้าในแบบจำลอง

ที่มา : Vidal Roca และคณะ (2014)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

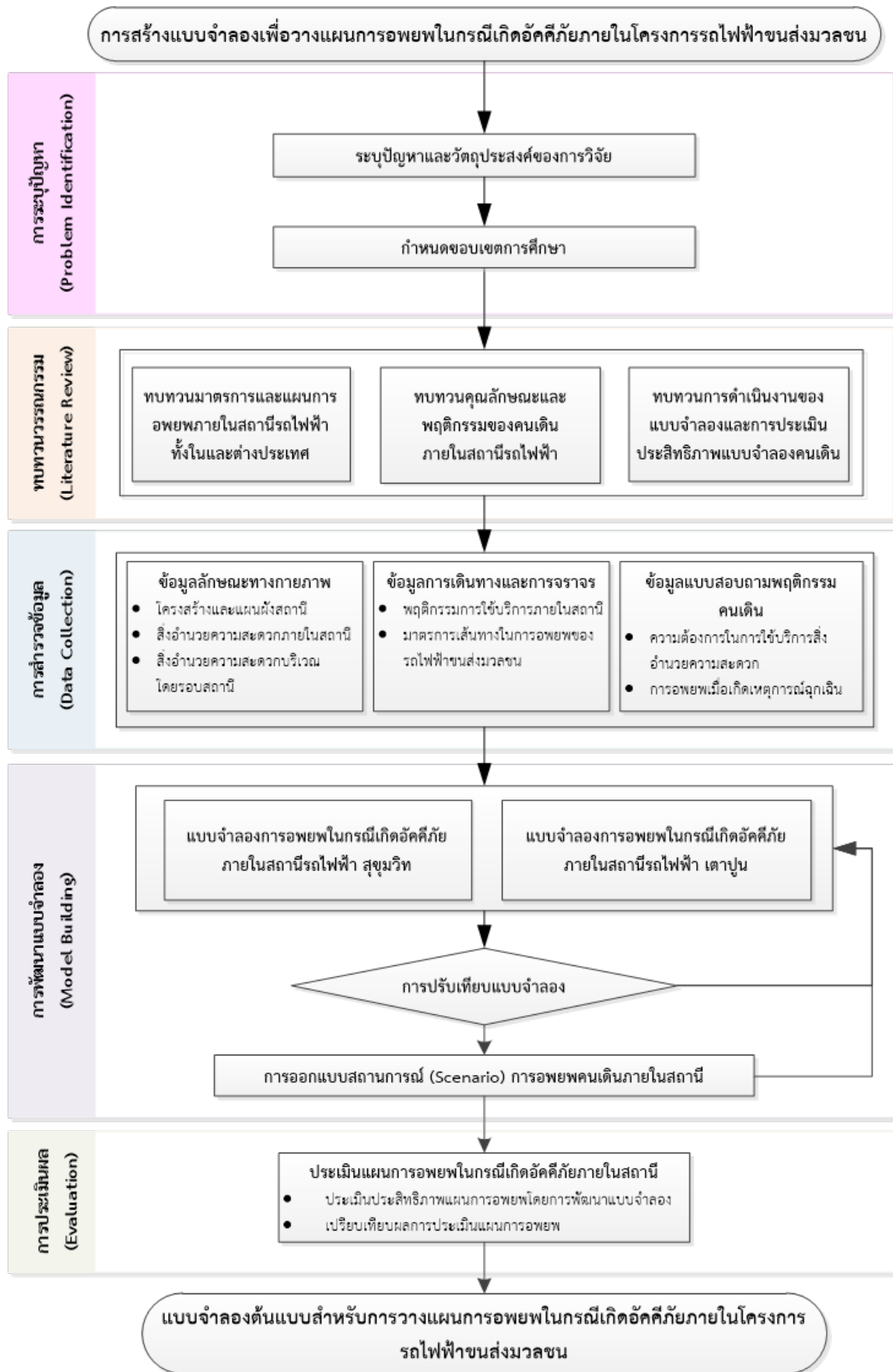
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม PTV Viswalk ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา งานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.1-1 และมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.1 การระบุปัญหา

ในการระบุปัญหาของงานวิจัย โดยสำรวจถึงสภาพปัญหาและวัตถุประสงค์ในการวางแผนการอพยพเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน และกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา ดังนี้

3.1.1 ระบุปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

จากจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) จึงมีการวางระบบป้องกันและระงับเหตุการณ์ฉุกเฉินไว้หลายระบบ เพื่อให้ระบบป้องกันและระงับเหตุอัคคีภัยของระบบรถไฟฟ้ามหานครที่มีอยู่ในปัจจุบันสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น โครงการวิจัยนี้จึงนำหลักการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ มีชื่อว่าโปรแกรม PTV Viswalk มาประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อมการอพยพผู้โดยสารที่ออกจากสถานีเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัยและวิเคราะห์หาเวลาการอพยพที่น้อยที่สุดสำหรับกรณีเกิดเหตุอัคคีภัย โดยใช้กรณีการอพยพผู้โดยสารเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในสถานีเป็นต้นแบบ

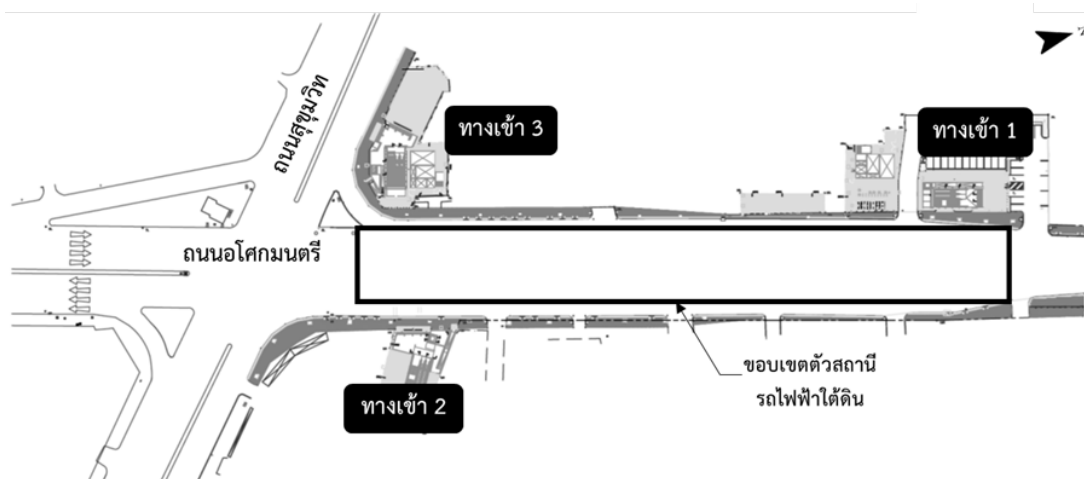


รูปที่ 3.1-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

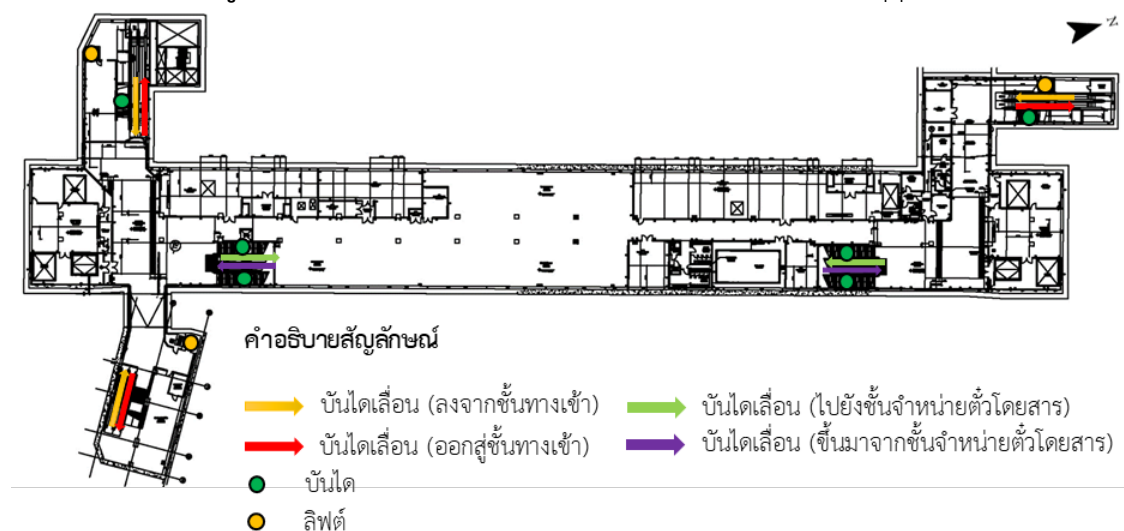
3.1.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาจำกัดอยู่ในพื้นที่ภายในสถานีรถไฟฟ้า โครงการรถไฟฟ้าหมอชิต สายเฉลิมรัชมงคลและสายฉลองรัชธรรม ประกอบด้วย สถานีสุขุมวิท (โครงการรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล) ที่มีเส้นทางให้บริการในรูปแบบใต้ดิน และสถานีเตาปูน (โครงการรถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม) ที่มีเส้นทางให้บริการแบบยกระดับ โดยสถานีสุขุมวิทตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ศูนย์กลางทางธุรกิจ ทำให้สถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิทมีจำนวนผู้โดยสารเข้า-ออกเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลรายงานสรุปผลการดำเนินการประจำปี 2561 ของบริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) พบว่าสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิทมีจำนวนผู้โดยสารต่อวันเข้าสู่สถานีและออกจากสถานีสูงถึง 40,042 และ 43,266 คนต่อวัน ตามลำดับ และสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนมีจำนวนผู้โดยสารต่อวันที่เข้าสู่สถานีและออกจากสถานีจำนวน 5,545 และ 5,329 คนต่อวัน ตามลำดับ

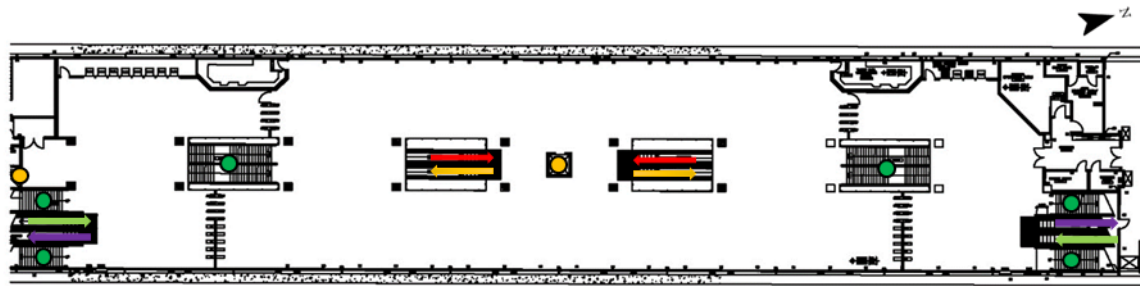
สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทมีลักษณะทางกายในแต่ละชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1-2 ถึง รูปที่ 3.1-5 และสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนมีลักษณะทางกายในแต่ละชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1-6 ถึง รูปที่ 3.1-9



รูปที่ 3.1-2 แบบแปลนบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



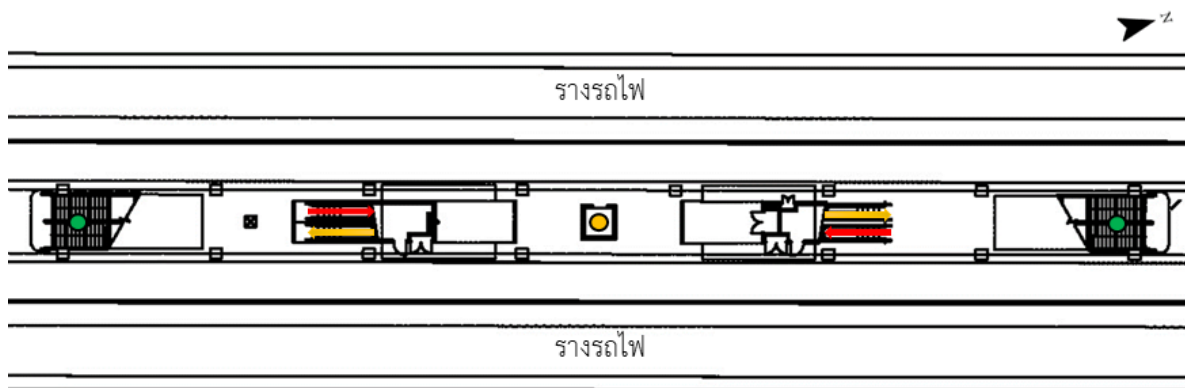
รูปที่ 3.1-3 แบบแปลนชั้นเชื่อมต่อทางขึ้น-ลงสถานีของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



คำอธิบายสัญลักษณ์

- | | |
|------------------------------------|--|
| → บันไดเลื่อน (ลงสู่ชั้นชานชาลา) | → บันไดเลื่อน (ไปยังชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร) |
| → บันไดเลื่อน (ขึ้นจากชั้นชานชาลา) | → บันไดเลื่อน (ขึ้นมาจากชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร) |
| ● บันได | ● ลิฟต์ |

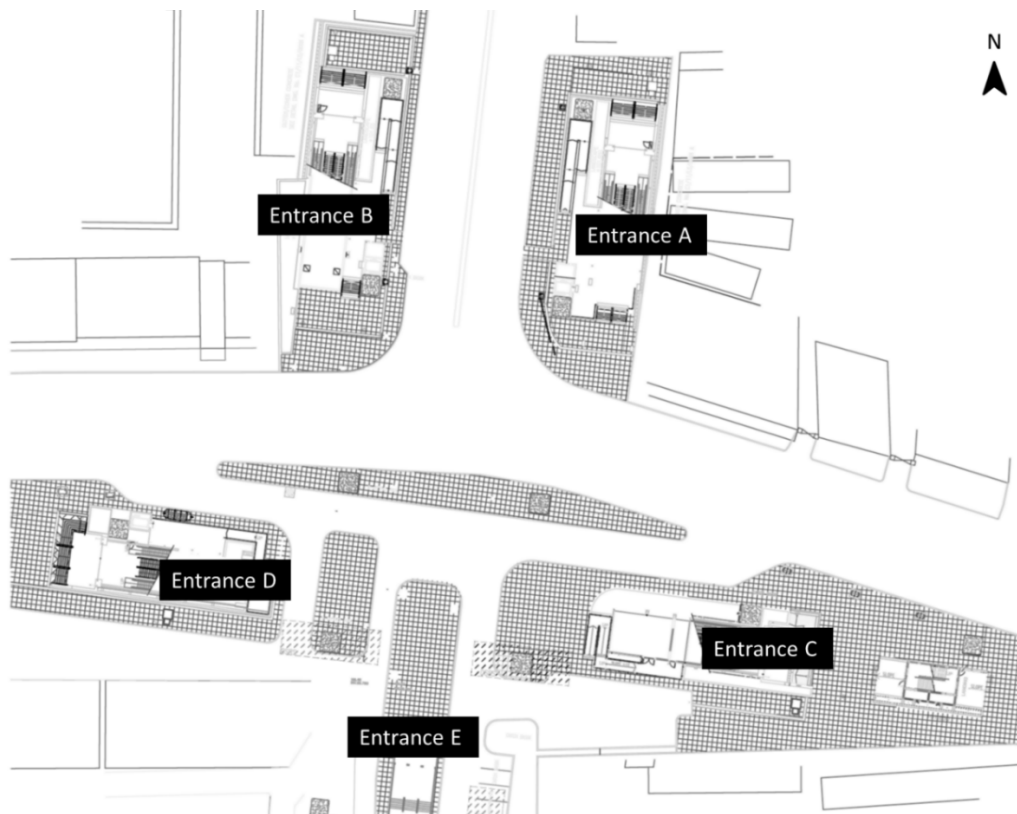
รูปที่ 3.1-4 แบบแปลนชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



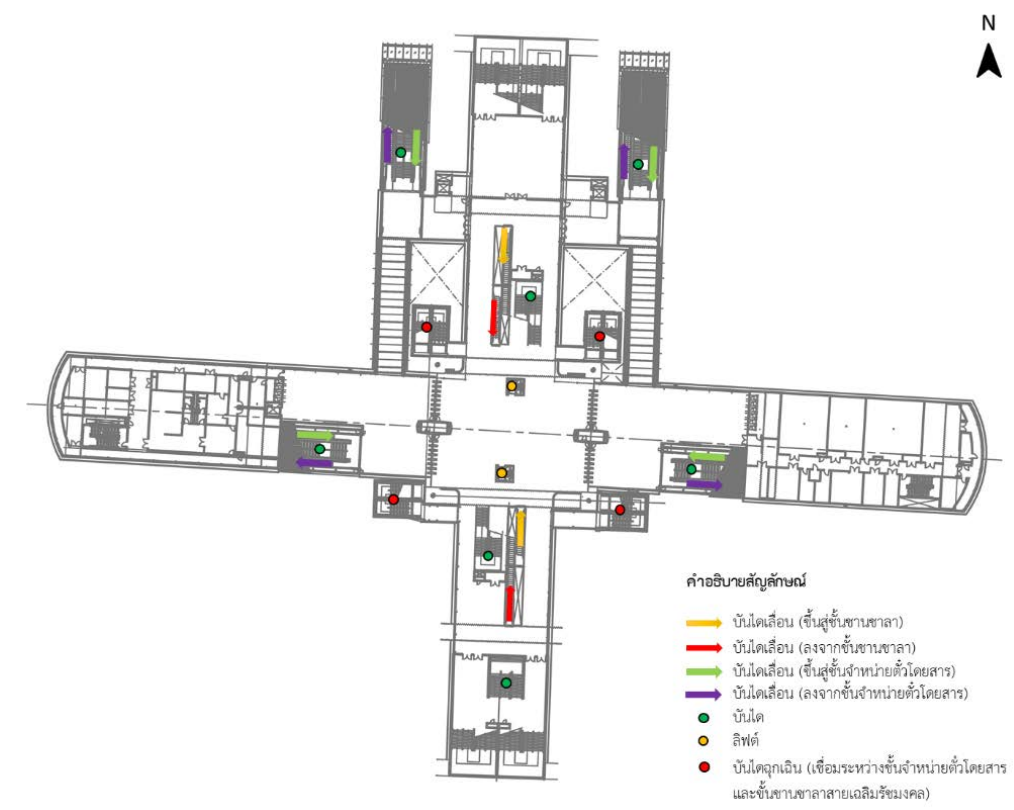
คำอธิบายสัญลักษณ์

- | | |
|--|--|
| → บันไดเลื่อน (ลงสู่ชั้นชานชาลา) | → บันไดเลื่อน (ไปยังชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร) |
| → บันไดเลื่อน (ขึ้นสู่ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร) | → บันไดเลื่อน (ขึ้นมาจากชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร) |
| ● บันได | ● ลิฟต์ |

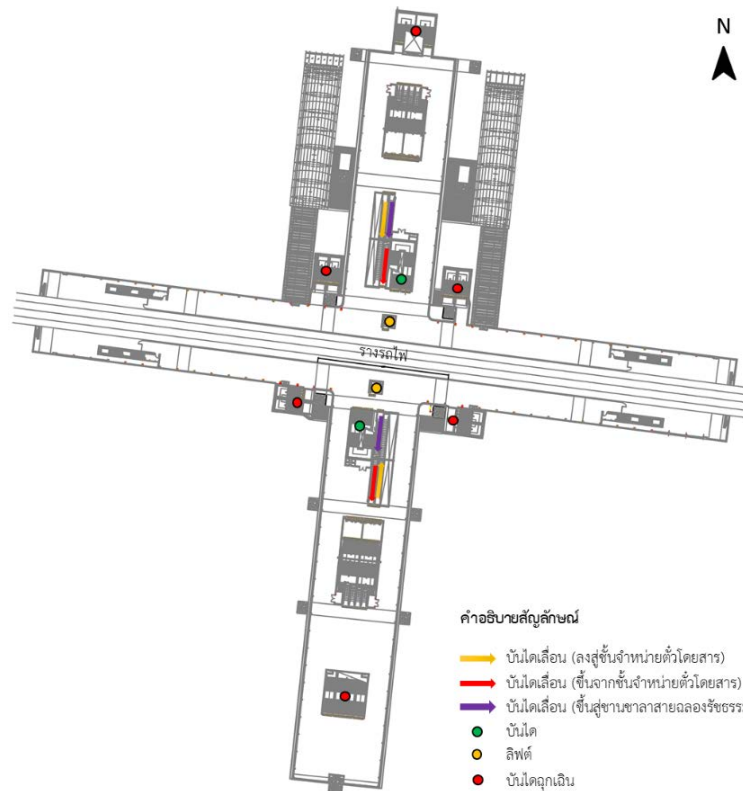
รูปที่ 3.1-5 แบบแปลนชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



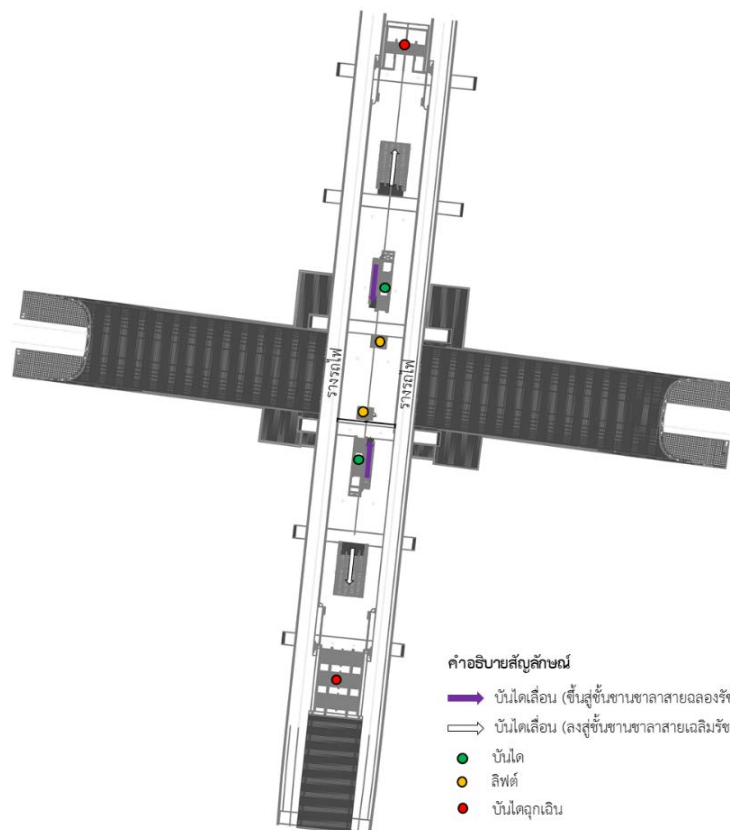
รูปที่ 3.1-6 แบบแปลนบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 3.1-7 แบบแปลนชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 3.1-8 แบบแปลนชั้นชานชาลาสายเฉลิมรัชมงคล สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 3.1-9 แบบแปลนชั้นชานชาลาสายฉลองรัชธรรม สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

3.2 การทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวางแผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนเพื่อให้การวิจัยมีความถูกต้องในการประเมินผลและวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น และมีข้อมูลที่สนับสนุนการตัดสินใจ จึงได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย ดังนี้

- โครงสร้างตัวสถานีและตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น บันไดเลื่อน บันได ลิฟต์ เป็นต้น
- มาตรการความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน
- คุณลักษณะของการจราจรและระดับการให้บริการของคนเดิน
- การประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคในการจำลองปฏิบัติการณ์อัคคีภัยภายในสถานีรถไฟฟ้าหรืออาคารรูปแบบอื่นๆ

3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลของสถานีรถไฟฟ้าจะดำเนินการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพภายในและปริมาณการจราจรของคนเดินในสถานี และการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย และบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพของสถานีจากแบบแปลน ประกอบด้วย

1. พื้นที่เดินในแต่ละชั้นของสถานี
2. ตำแหน่งของประตูเข้าออกสถานี
3. ตำแหน่งของห้องจำหน่ายตั๋วโดยสารและเครื่องจำหน่ายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ
4. สิ่งอำนวยความสะดวกบันไดเลื่อน บันได ลิฟต์ ทางลาดสำหรับผู้พิการ

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลการจราจรของคนเดินภายในสถานี ประกอบด้วย

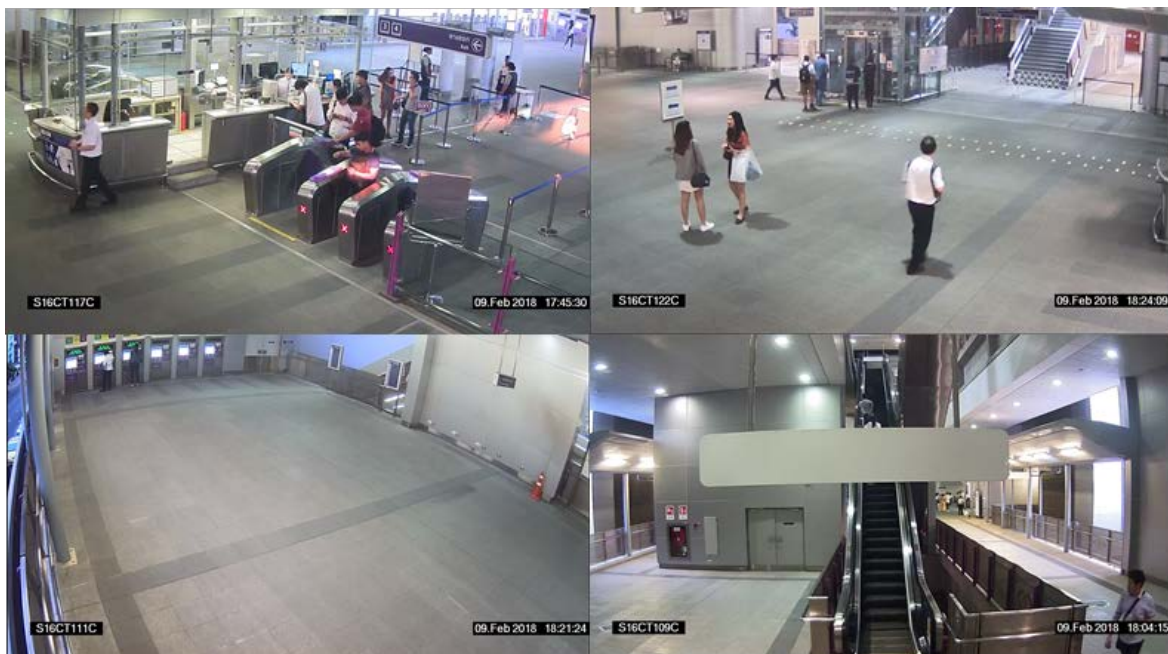
1. ปริมาณผู้โดยสารรถไฟฟ้าเข้า-ออกสายเฉลิมรัชมงคลและสายฉลองรัชธรรม
2. สัดส่วนการเลือกใช้เส้นทางเดินภายในสถานี เช่น สัดส่วนการเลือกซื้อตั๋วโดยสารจากห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร จากตู้จำหน่ายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ หรือการผ่านเข้าสู่ระบบโดยใช้บัตรสมาร์ทการ์ด
3. ระยะเวลาการให้บริการและความยาวแถวคอยที่จุดให้บริการ เช่น จุดจำหน่ายตั๋วโดยสาร จุดตรวจสัมภาระ จุดประตูเข้า-ออกระบบ ลิฟต์ เป็นต้น
4. แผนผังเส้นทางอพยพผู้โดยสารในกรณีการเกิดอุบัติเหตุการณ์อัคคีภัย



รูปที่ 3.3-1 สภาพการจราจรของคนเดินบริเวณประตูเข้าออกระบบ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



รูปที่ 3.3-2 สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท



รูปที่ 3.3-3 สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร)

ที่มา: บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (BEM)



รูปที่ 3.3-4 สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(ชั้นชานชาลาของสายเฉลิมรัชมงคล)

ที่มา: บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (BEM)



รูปที่ 3.3-5 สภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(ชั้นชานชาลาของสายฉลองรัชธรรม)

ที่มา: บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (BEM)



3.4 การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองการจราจรคนเดินระดับจุลภาค (Microscopic Pedestrian Traffic Simulation) สำหรับการวิเคราะห์แผนการอพยพในกรณีเกิดอัคคีภัยภายในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน การพัฒนาแบบจำลองจะใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค โดยใช้โปรแกรม PTV Viswalk ในการวิเคราะห์ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามมาสร้างเป็นสถานการณ์เสมือนจริง และยังสามารถประยุกต์สร้างเป็นกรณีทางเลือกรูปแบบอื่นๆ เพื่อประเมินผลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในหลายๆ รูปแบบทางเลือกที่ต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

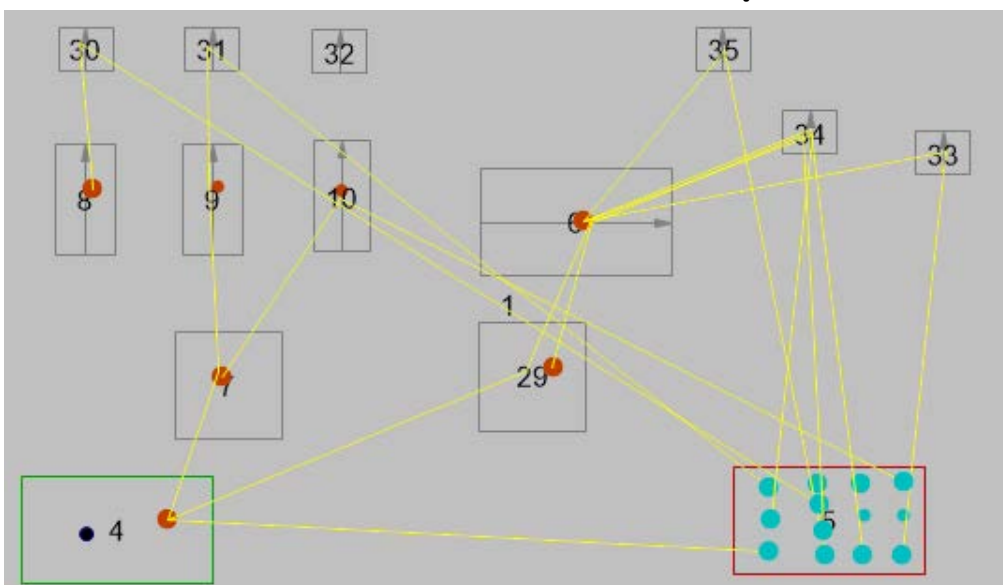
3.4.1 การสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดิน (Pedestrian Network Modelling)

การสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินจะต้องนำเข้าสู่ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภายในสถานี โดยข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย พื้นที่สำหรับคนเดินเท้า สิ่งอำนวยความสะดวก เช่น บันได บันไดเลื่อน ลิฟต์ อุปกรณ์สิ่งกีดขวาง เช่น เสา ผนัง/กำแพง รวากัน ตลอดจนถึงเส้นทางการเดิน

1. การสร้างพื้นที่สำหรับคนเดินเท้า

พื้นที่สำหรับการจราจรของคนเดินเป็นพื้นที่ที่กำหนดเป็นจุดเริ่มต้น และจุดปลายทางของการเดินทางของคนเดิน เช่น คนเดินมีจุดเริ่มต้นการเดินทางที่บันไดเลื่อนและมีการตัดสินใจในการเดินทางไปยังจุดปลายทาง 3 พื้นที่ คือ พื้นที่จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติ พื้นที่จำหน่ายบัตรโดยสารโดยพนักงาน และพื้นที่ลงสู่ชั้นถัดไป เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4-1 ซึ่งข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง ประกอบด้วย

- ขนาดความกว้างและความยาวของพื้นที่
- ลักษณะการใช้งานของพื้นที่ เป็นการใช้อพื้นที่ที่สร้างในแบบจำลองอ้างอิงจากการสำรวจภายในสถานี เช่น สถานที่ใช้ในการเข้าแถวคอย สถานที่ที่ต้องใช้เวลาอยู่ในพื้นที่ เป็นต้น

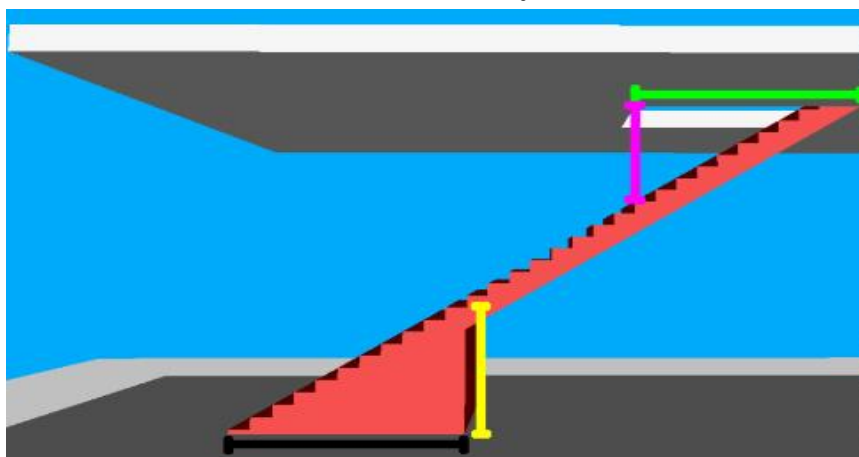


รูปที่ 3.4-1 พื้นที่สำหรับการจราจรของคนเดินเท้าในแบบจำลอง PTV Viswalk

2. สิ่งอำนวยความสะดวกบันได

ข้อมูลที่นำเข้าในการสร้างบันไดในแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภายในสถานีประกอบด้วย

- ระดับความสูงของบันได
- ความหนาและขนาดของบันได
- ตำแหน่งที่ตั้งของบันได
- จำนวนชั้นของบันได
- ความสูง ความกว้างและความลึกของชั้นบันได
- ขนาดความกว้างและความยาวของพื้นที่ก่อนเข้าและออกจากบันได
- ลักษณะพื้นที่ช่องเปิดด้านบนของบันได (เส้นสีม่วงและเส้นสีเขียวดังรูปที่ 3.4-2)
- ลักษณะพื้นที่ฐานบันได (เส้นสีดำและเส้นสีเหลืองรูปที่ 3.4-2)



รูปที่ 3.4-2 ลักษณะทางกายภาพของบันไดในโปรแกรม PTV Viswalk

ที่มา : PTV, 2015

3. สิ่งอำนวยความสะดวกบันไดเลื่อน

ข้อมูลที่นำเข้าในการสร้างบันไดเลื่อนในแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภายในสถานี ดังแสดงในรูปที่ 3.4-3 ประกอบด้วย

- ระดับความสูงของบันไดเลื่อน
- ตำแหน่งที่ตั้งของบันไดเลื่อน
- ความหนาและขนาดของบันไดเลื่อน
- จำนวนชั้นของบันไดเลื่อน
- ความสูง ความกว้างและความลึกของชั้นบันไดเลื่อน
- ขนาดความกว้างและความยาวของพื้นที่ก่อนเข้าและออกจากบันไดเลื่อน
- ความกว้างของบันได
- ขนาดและความสูงของราวจับด้านข้าง



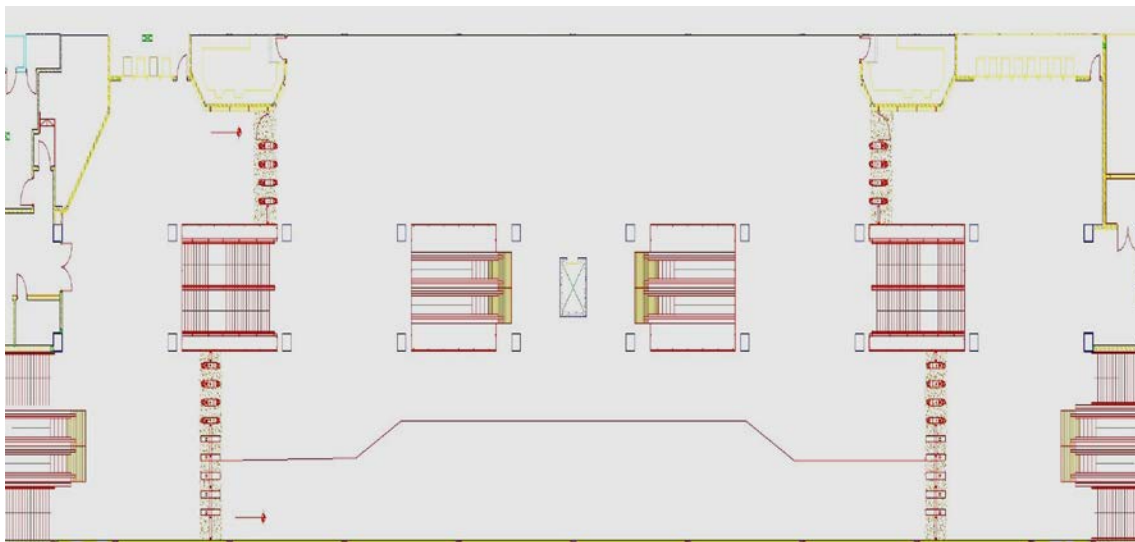
- ความเร็วของบันไดเลื่อน
- ลักษณะการยืนหรือเดินสำหรับคนเดินที่ใช้พื้นที่



รูปที่ 3.4-3 ลักษณะทางกายภาพของบันไดเลื่อนในสถานที่สำรวจ

4. การสร้างอุปสรรค สิ่งกีดขวางและสิ่งก่อสร้าง

อุปสรรค คือสิ่งที่ขวางกั้นการเดินทางในแบบจำลอง PTV Viswalk อุปสรรคที่กีดขวางการเดินทาง กำแพง เสา ผนัง เป็นพื้นที่ในการสร้างแบบจำลองที่เป็นอุปสรรคที่ไม่ให้คนเดินสามารถสัญจรได้ โดยการสร้างอุปสรรคในแบบจำลองนั้นต้องมีการสำรวจ ณ สภาพจริง การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง PTV Viswalk สามารถกำหนดมาจากโปรแกรม AutoCAD ปังบอกถึงตำแหน่งของอุปสรรค ดังแสดงในรูปที่ 3.4-4 และข้อมูลที่ใช้ในการสร้างอุปสรรคในแบบจำลอง คือ ความกว้าง ความยาว ความสูงของอุปสรรค



รูปที่ 3.4-4 แบบแปลนที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของอุปสรรค

5. การกำหนดปริมาณคนเดินและพฤติกรรมการเดินทาง

1) ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี

ที่ปรึกษาได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณผู้โดยสารที่เข้า-ออกสถานีรถไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาศัยข้อมูลปริมาณคนเดินในหน่วยต่อชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น

2) ระยะเวลาการเข้าใช้บริการ

ระยะเวลาที่คนเดินหรือผู้โดยสารใช้บริการหรือดำเนินกิจกรรมกับสิ่งอำนวยความสะดวกภายในตัวสถานี โดยระยะเวลาในการใช้งานสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ แสดงค่าในหน่วยวินาที

- ระยะเวลาในการใช้งานเครื่องจำหน่ายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ (ดังรูปที่ 3.4-5)
- ระยะเวลาในการซื้อบัตรโดยสารที่ออกโดยพนักงาน (ดังรูปที่ 3.4-5)
- ระยะเวลาในการผ่านประตูอัตโนมัติ (ดังรูปที่ 3.4-6)



รูปที่ 3.4-5 การเข้าแถวคอยเพื่อเข้าใช้บริการเครื่องจำหน่ายตั๋วโดยสารและห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร



รูปที่ 3.4-6 การเข้าแถวคอยเพื่อเข้าใช้บริการประตูอัตโนมัติ



รูปที่ 3.4-7 ระยะเวลาที่รถไฟฟ้าจอดรอรับผู้โดยสาร

6. ความเร็วการเดินทาง

ความเร็วการเดินทางเป็นตัวแปรสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดิน เป็นหนึ่งในปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดตัวชี้วัดต่างๆ ระยะเวลาการเดินทาง ความหนาแน่นการจราจร เป็นต้น โดยในแบบจำลองการจราจร สามารถนำเข้าสู่ข้อมูลความเร็วในเดินในรูปแบบการกระจายตัวของความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function)

3.4.2 การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

เพื่อให้แบบจำลองมีสภาพการจราจรใกล้เคียงกับสภาพจริง ที่ปรึกษาปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากภาคสนามและข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ระยะเวลาการใช้บริการ ณ จุดต่างๆ ภายในสถานีรถไฟฟ้า ได้แก่ ระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารที่ห้องจำหน่ายโดยเจ้าหน้าที่และที่เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ ระยะเวลาการเดินทางผ่านประตูเข้า-ออกระบบ ความถี่ของขบวนรถไฟฟ้า ตลอดจนถึงความเร็วการเดินทาง

3.4.3 การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)

ก่อนการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลอีกชุดหนึ่งที่ได้จากการสำรวจ ในงานวิจัยนี้ที่ปรึกษาเลือกระยะเวลาการเดินทางของคนเดินจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งภายในสถานี เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง

3.4.4 การออกแบบสถานการณ์ (Scenario)

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการอพยพในแต่ละรูปแบบ โดยที่ปรึกษาได้อ้างอิงรูปแบบการอพยพจากแผนการอพยพสถานี สายสีม่วง ของบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ซึ่งการอพยพผู้โดยสารในกรณีเกิดเหตุอุบัติการณ์แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

เป็นการอพยพที่เป็นวิธีแรกที่ต้องปฏิบัติเนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่าวิธีอื่นๆ สำหรับเส้นทาง การอพยพให้อพยพออกจาก ทางเข้า-ออกของสถานีเป็นหลักและใช้ทางหนีไฟฉุกเฉินเฉพาะในกรณีที่ จำเป็นเท่านั้น เมื่ออพยพผู้โดยสารและพนักงานออกไปจากสถานีแล้วกำหนดให้พนักงานไปรายงานตัวที่ จุดรวมพลที่ทางออกที่ 1 และรอรับคำสั่งต่อไป

2. การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ

สำหรับการใช้รถไฟในการอพยพผู้โดยสารออกจากสถานีจะใช้ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ทางเข้าออก สถานีได้หรือมีอัตราในบริเวณดังกล่าว เช่น เกิดไฟไหม้นอกสถานีหรือเกิดการจลาจลซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อ กับผู้โดยสารและพนักงาน ลักษณะการอพยพผู้โดยสารและพนักงานไปรวมตัวกันที่ชั้นชานชาลาและใช้ รถไฟอพยพผู้โดยสารและพนักงานทุกคนไปสถานีที่ปลอดภัย

3. การอพยพผู้โดยสารโดยใช้ทางวิ่งรถไฟ

การอพยพทางอุโมงค์เป็นวิธีสุดท้ายที่จะพิจารณาเลือกใช้เนื่องจากเป็นวิธีที่ซับซ้อนและมีขั้นตอน มากกว่าวิธีอื่นๆ ลักษณะการอพยพจะมีการขออนุมัติปิดทาง (Track Possession) และทำการอพยพ ผู้โดยสารลงสู่อุโมงค์ไปที่สถานีถัดไปหรือปล่อยระบายอากาศ (Intervention Shaft) ที่ใกล้เคียงมีพนักงาน สถานีเป็นผู้เดินนำและปิดท้ายขบวนอพยพ

3.5 การประเมินผล

ที่ปรึกษาจะประเมินประสิทธิภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน โดยใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ ระยะเวลาในการเดินทางภายในสถานี ความยาวแถวคอยของคนเดินเท้าในพื้นที่ ให้บริการ ความหนาแน่นของการจราจรคนเดินในแต่ละพื้นที่ในช่วงเวลาหนึ่งๆ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูล สำหรับการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง สำหรับกรณีสถานการณ์จำลองเมื่อเกิด เหตุการณ์อัคคีภัย จะเป็นการประเมินระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอพยพ นับตั้งแต่จุดใกล้สุดภายในสถานี จนกระทั่งผู้โดยสารเดินทางมาถึงทางออกที่จัดสรรไว้ตามแผนการอพยพ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

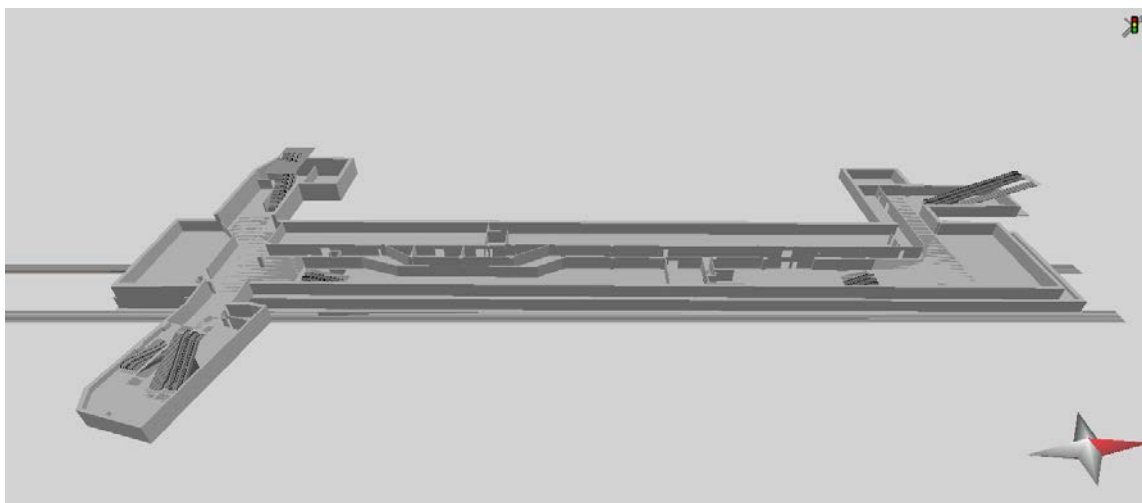
ในส่วนการพัฒนาแบบจำลองทางที่ปรึกษาได้พัฒนาแบบจำลองโดยโปรแกรม PTV Viswalk เพื่อวางแผนการอพยพกรณีเกิดอัคคีภัย โดยการออกแบบสถานการณ์ (Scenario) ในการอพยพรูปแบบต่างๆ อ้างอิงรูปแบบการอพยพจากแผนการอพยพสถานี สายสีม่วง ของบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ดังนี้

4.1 การพัฒนาแบบจำลอง กรณีสภาพการจราจรปัจจุบัน

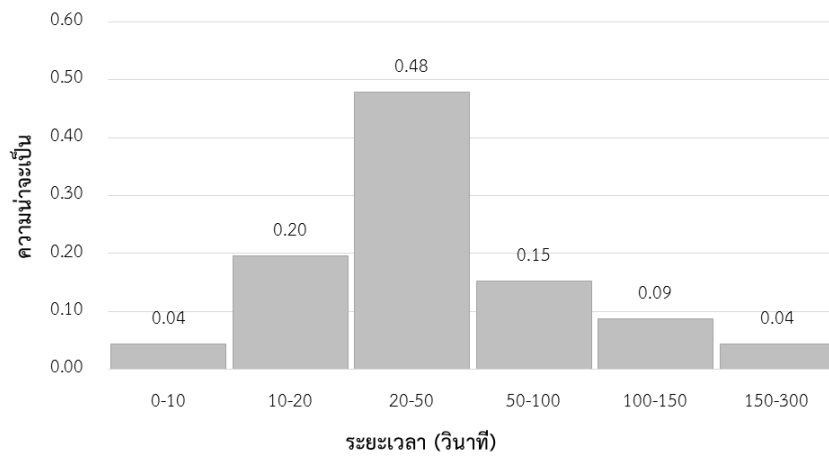
การพัฒนาแบบจำลองการเดินทางของคนเดินโดยโปรแกรม PTV Viswalk ทางที่ปรึกษาแบ่งการพัฒนาแบบจำลองเป็น 2 ส่วน ตามสถานที่ทำการศึกษาวิจัย ดังนี้

4.1.1 แบบจำลองการจราจรคนเดินสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท

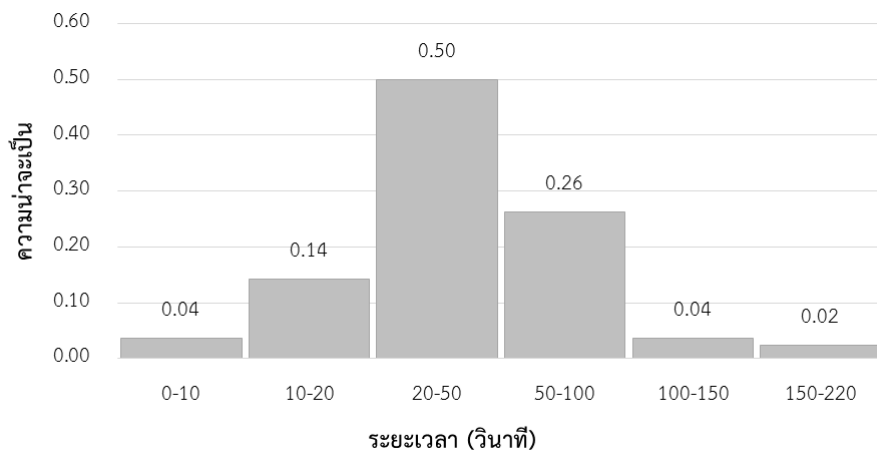
ที่ปรึกษาได้สร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท เพื่อใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการประยุกต์ใช้สำหรับสถานการณ์การอพยพต่างๆ ต่อไป การสร้างโครงสร้างพื้นฐานสำหรับคนเดิน ประกอบด้วย การสร้างพื้นที่การเดิน สิ่งอำนวยความสะดวกบันได/บันไดเลื่อน อุปกรณ์สิ่งกีดขวางการเดิน เช่น เสากำแพง แสตงัด นอกจากนี้ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ระยะเวลาในการซื้อตั๋วโดยสาร ระยะเวลาการผ่าน เข้า-ออก เครื่องตรวจตั๋วโดยสาร ระยะเวลาห่าง (Headway Time) ของรถไฟฟ้า และความเร็วในการเดิน แสดงดังรูปที่ 4.1-1 ถึง รูปที่ 4.1-5



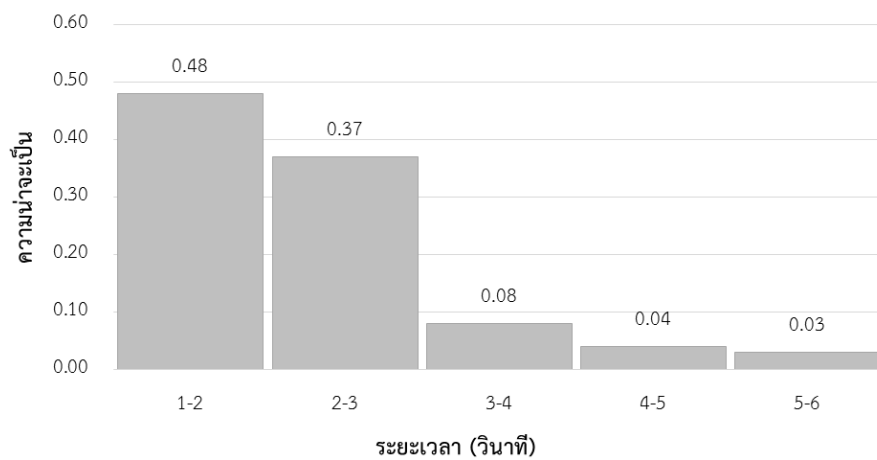
รูปที่ 4.1-1 โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทในแบบจำลอง



รูปที่ 4.1-2 ระยะเวลาการเข้าใช้บริการห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร



รูปที่ 4.1-3 ระยะเวลาการเข้าใช้บริการเครื่องขายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ

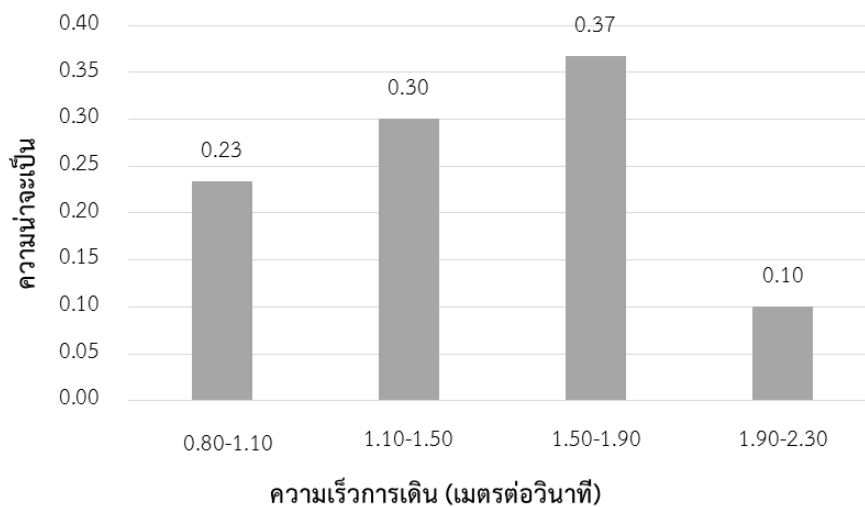


รูปที่ 4.1-4 เวลาในการผ่านเครื่องตรวจบัตรโดยสารจากการสำรวจ (Automated Fare Collection)

ตารางที่ 4.1-1 ระยะเวลาจอดรับผู้โดยสารและระยะเวลาช่วงห่างรถไฟฟ้า (Headway Time)

ทิศทางไปบางซื่อ		ทิศทางไปหัวลำโพง	
ระยะเวลาจอดรับ ผู้โดยสาร (วินาที)	ระยะเวลาช่วงห่างรถไฟฟ้า ขบวนถัดไป (วินาที)	ระยะเวลาจอดรับ ผู้โดยสาร (วินาที)	ระยะเวลาช่วงห่างรถไฟฟ้า ขบวนถัดไป (วินาที)
31	127	27	149
33	136	28	150
32	110	28	139
35	130	29	175
40	123	27	180
39	139	28	165
36	-	28	-
42	-	26	-
37*	128*	28*	162*

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.1-5 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของความเร็วการเดิน

เพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปประเมินประสิทธิภาพของแต่ละสถานการณ์ต่อไป ที่ปรึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองโดยใช้ตัวชี้วัดปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการให้บริการในการซื้อตั๋วโดยสาร ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4.1-2 ถึงตารางที่ 4.1-4 ตามลำดับ



ตารางที่ 4.1-2 ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทจากการสำรวจและจากแบบจำลอง

ช่วงเวลา	ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี (คนต่อชั่วโมง)	
	จากข้อมูลสรุปผลการเดินรถ	จากแบบจำลอง
07:01-08:00	2,870	2,730
17:01-18:00	5,887	5,960

ตารางที่ 4.1-3 ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารกับเจ้าหน้าที่ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท

ห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย		ระยะเวลาให้บริการเฉลี่ย	
	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	จากแบบจำลอง	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	จากแบบจำลอง
ช่วงเวลา 07.00-08.00				
ฝั่งทิศเหนือ	2.1 (1.2)	1.1	27.2 (13.5)	23
ฝั่งทิศใต้	4.5 (2.3)	3.6	85 (7.5)	90
ช่วงเวลา 17.00-18.00				
ฝั่งทิศเหนือ	2.5 (1.9)	2.1	60 (9.7)	51
ฝั่งทิศใต้	7.4 (1.9)	6.0	101 (14.3)	105

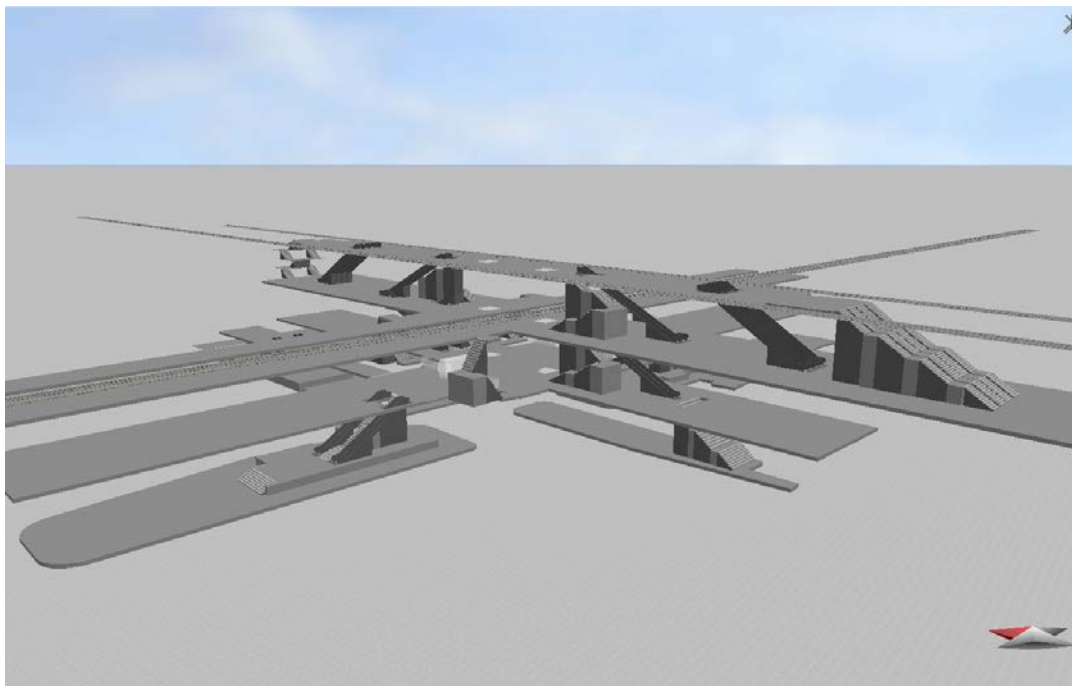
ตารางที่ 4.1-4 ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารอัตโนมัติ สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท

เครื่องจำหน่ายตั๋วโดยสารอัตโนมัติ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย		ระยะเวลาให้บริการเฉลี่ย	
	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	แบบจำลอง	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	แบบจำลอง
ช่วงเวลา 07.00-08.00				
ฝั่งทิศเหนือ	1.8 (0.7)	1.5	37.2 (15.1)	46
ฝั่งทิศใต้	6.5 (2.3)	5.3	123 (12.5)	110
ช่วงเวลา 17.00-18.00				
ฝั่งทิศเหนือ	3.0 (1.9)	2.6	60.5 (6.7)	68
ฝั่งทิศใต้	9.5 (1.9)	8.4	146.2 (14.3)	139

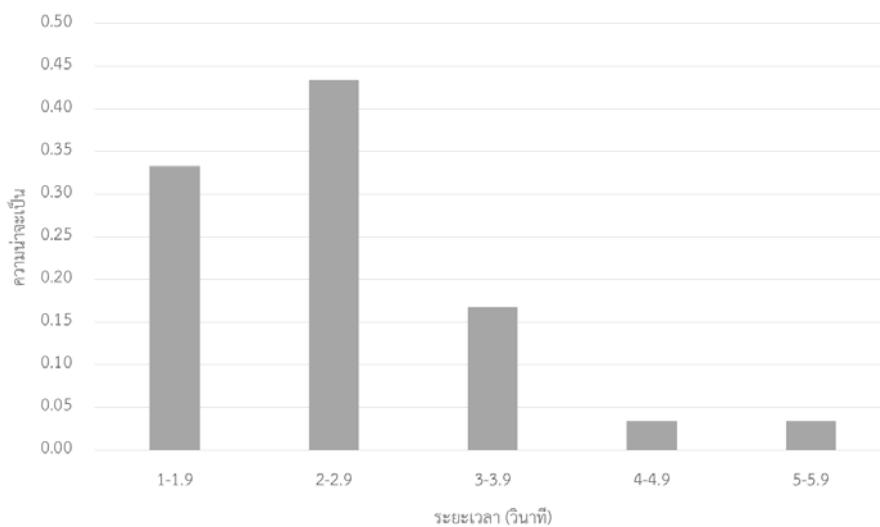
4.1.2 แบบจำลองการจราจรคนเดินสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

ที่ปรึกษาสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน เพื่อใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการประยุกต์ใช้สำหรับสถานการณ์การอพยพต่างๆ ต่อไป การสร้างโครงสร้างพื้นฐานสำหรับคนเดิน ประกอบด้วย การสร้างพื้นที่การเดิน สิ่งอำนวยความสะดวกบันได/บันไดเลื่อน อุปสรรคสิ่งกีดขวางการเดิน เช่น เสากำแพง นอกจากนี้ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ระยะเวลาในการซื้อตั๋วโดยสาร ระยะเวลาการผ่าน

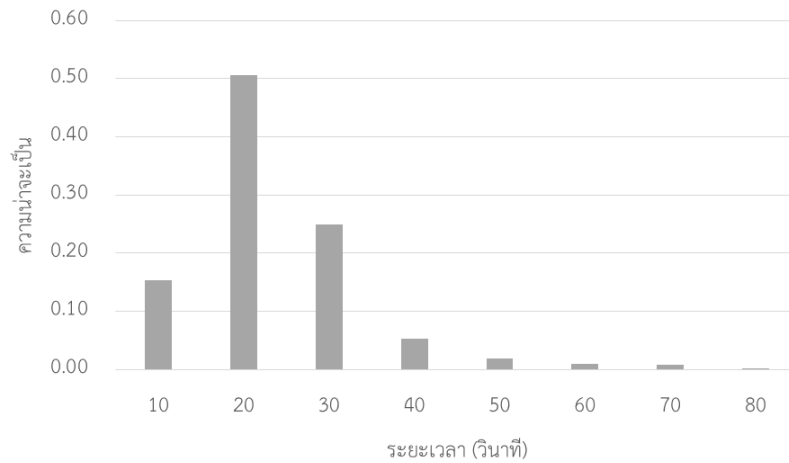
เข้า-ออกเครื่องตรวจตั๋วโดยสาร ระยะเวลาห่าง (Headway Time) ของรถไฟฟ้า และความเร็วในการเดิน แสดงดังรูปที่ 4.1-6. ถึง รูปที่ 4.1-12



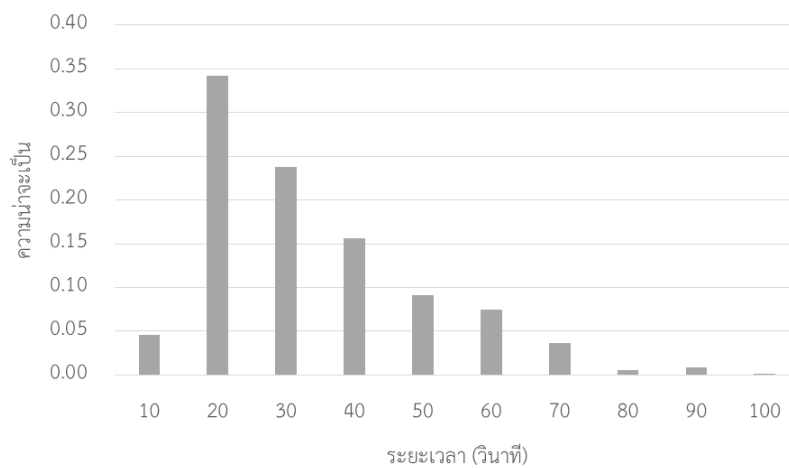
รูปที่ 4.1-6 โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนในแบบจำลอง



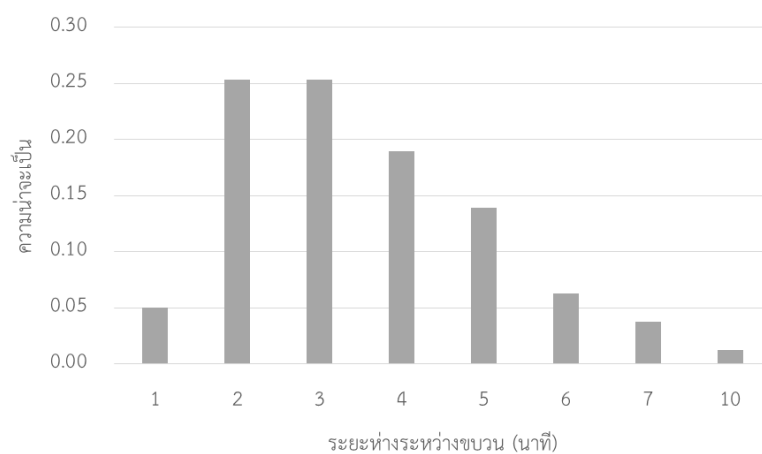
รูปที่ 4.1-7 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาการเดินผ่านประตูเข้า-ออกระบบ
(Automated Fare Collection)



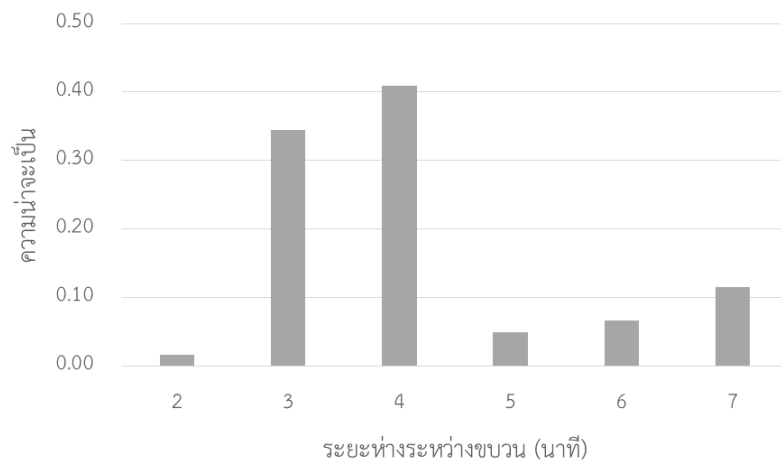
รูปที่ 4.1-8 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาซื้อตั๋วที่ห้องจำหน่ายตั๋วโดยสาร



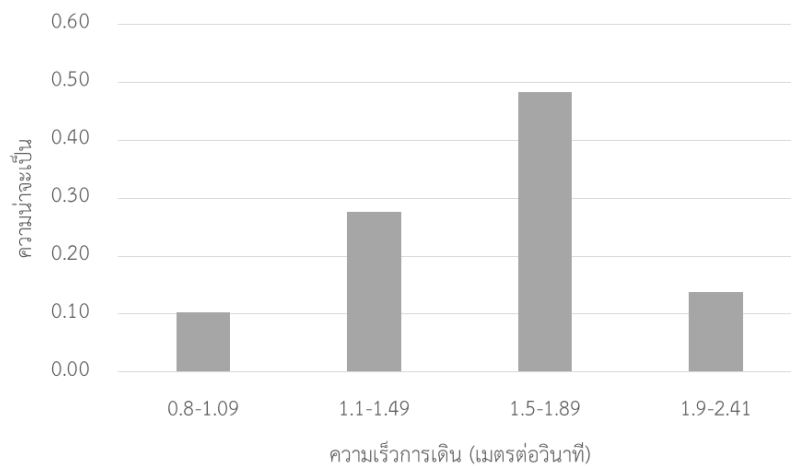
รูปที่ 4.1-9 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการซื้อตั๋วที่เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1-10 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะทางระหว่างขบวนรถไฟฟ้า (สายเฉลิมรัชมงคล)



รูปที่ 4.1-11 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟฟ้า (สายฉลองรัชธรรม)



รูปที่ 4.1-12 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นของความเร็วในการเดิน

เพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปประเมินประสิทธิภาพของแต่ละสถานการณ์ต่อไป ที่ปรึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองโดยใช้ตัวชี้วัดปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการให้บริการในการซื้อตั๋วโดยสาร ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 4.1-5 ถึงตารางที่ 4.1-7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1-5 ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานีรถไฟฟ้าเตาปูนจากการสำรวจและจากแบบจำลอง

ช่วงเวลา	ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี (คนต่อชั่วโมง)	
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง
07:01-08:00	1,485	1,478
17:01-18:00	638	675



ตารางที่ 4.1-6 ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารกับเจ้าหน้าที่ สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

ห้องจำหน่ายตั๋ว โดยสาร	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย		ระยะเวลาให้บริการเฉลี่ย	
	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	จาก แบบจำลอง	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	จาก แบบจำลอง
ช่วงเวลา 07.00-08.00				
ฝั่งตะวันออก	2.47 (1.31)	2.87	46.5 (18.1)	55.2
ฝั่งตะวันตก	1.67 (0.78)	2.16	41.3 (12.5)	36.6
ช่วงเวลา 17.00-18.00				
ฝั่งตะวันออก	3.17 (1.91)	4.83	36.4 (10.7)	42.5
ฝั่งตะวันตก	1.68 (0.81)	1.74	21.5 (14.3)	37.1

ตารางที่ 4.1-7 ความยาวแถวคอยและระยะเวลาการซื้อตั๋วโดยสารจากเครื่องอัตโนมัติ สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

เครื่องจำหน่าย ตั๋วโดยสารอัตโนมัติ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย		ระยะเวลาให้บริการเฉลี่ย	
	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	แบบจำลอง	จากการสำรวจ (Standard Deviation)	แบบจำลอง
ช่วงเวลา 07.00-08.00				
ฝั่งตะวันออก	1.06 (0.29)	1.21	30.3 (15.47)	34.7
ฝั่งตะวันตก	1.10 (0.20)	1.27	30.5 (15.21)	34.2
ช่วงเวลา 17.00-18.00				
ฝั่งตะวันออก	1.26 (0.23)	1.13	31.6 (13.45)	33.0
ฝั่งตะวันตก	1.33 (0.46)	1.40	36.9 (11.09)	30.4

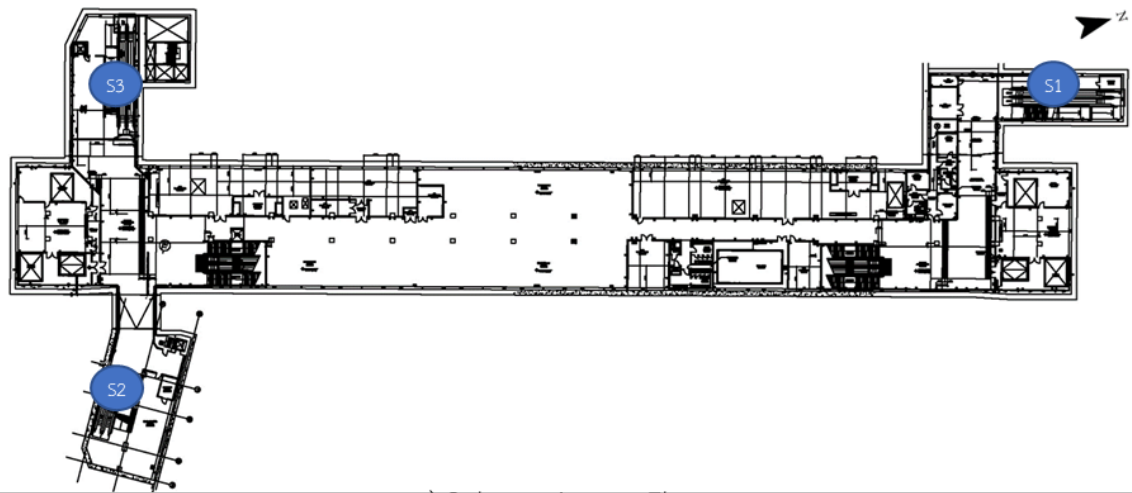
4.2 แบบจำลองการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท

จากการสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าสุขุมวิท กรณีสภาพการจราจรปัจจุบัน ที่ปรึกษานำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพรูปแบบเส้นทางการอพยพและผลการประเมินประสิทธิภาพในแต่ละแผนมีดังนี้

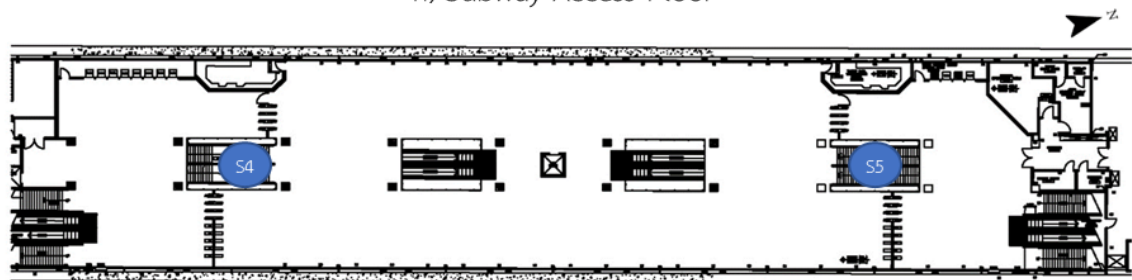
4.2.1 รูปแบบเส้นทางการอพยพ

การอพยพผู้โดยสารในกรณีเกิดเหตุอุบัติเหตุการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน และการอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟฟ้า คณะที่ปรึกษาจึงสร้างแบบจำลองการอพยพอ้างอิงตามรูปแบบการอพยพข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 4.2-2 และรูปที่ 4.2-3 ตามลำดับ นอกจากนี้ตำแหน่งของ

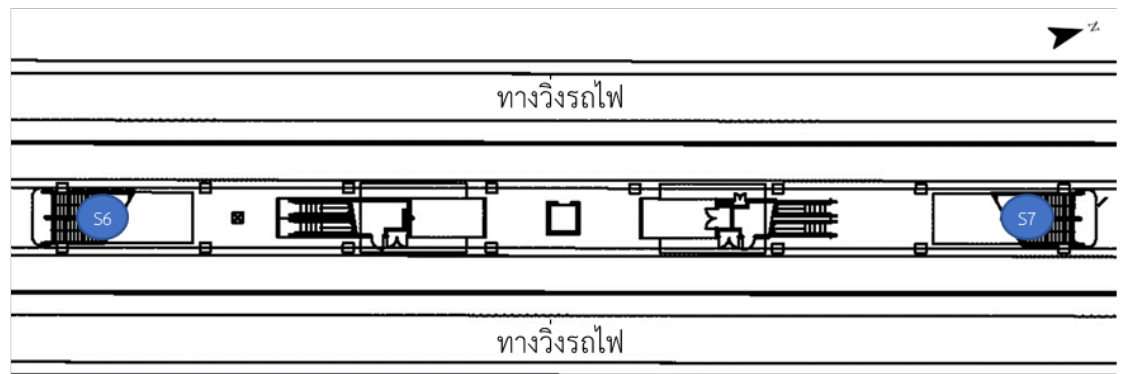
สิ่งอำนวยความสะดวกบันได/บันไดเลื่อนภายในสถานี ตั้งแต่ชั้น Subway Access ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Floor) และชั้นชานชาลาแสดงดังรูปที่ 4.2-1



ก) Subway Access Floor



ข) Concourse Floor

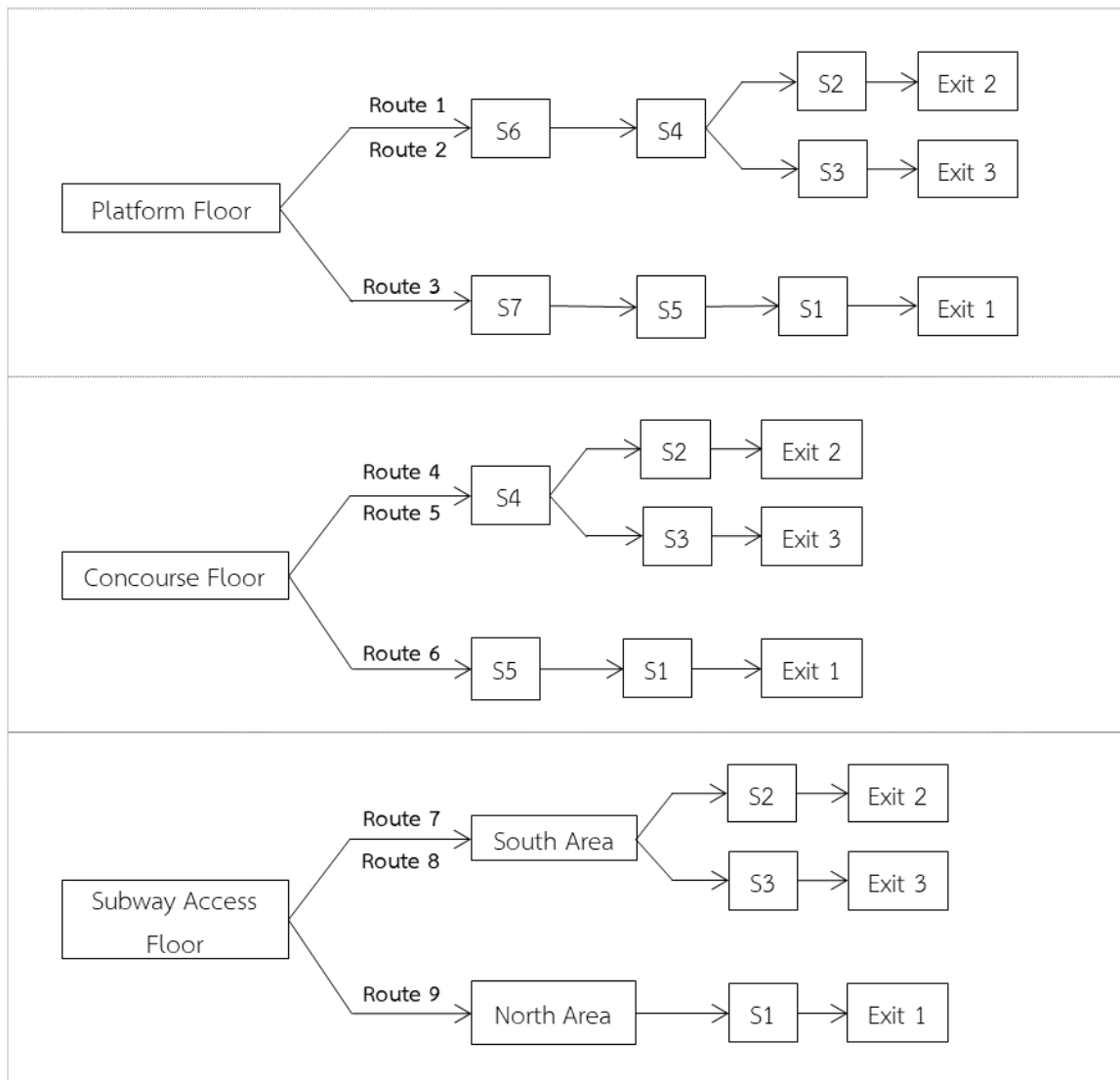


ค) Platform Floor

รูปที่ 4.2-1 ตำแหน่งบันได/บันไดเลื่อนภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท

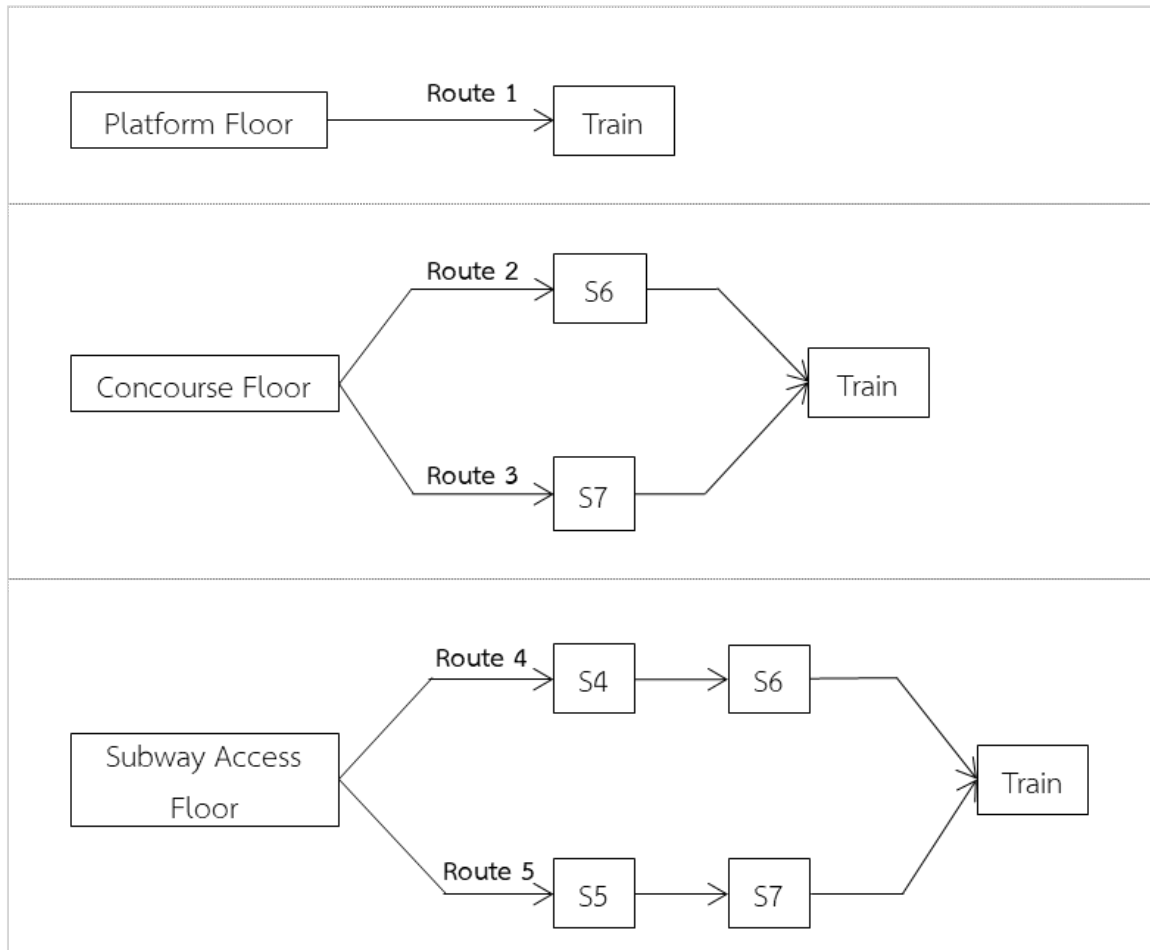


1. รูปแบบที่ 1 : การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน



รูปที่ 4.2-2 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1 (สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท)

2. รูปแบบที่ 2 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกโดยรถไฟ



รูปที่ 4.2-3 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2 (สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท)

4.2.2 ผลการประเมินแบบจำลองการอพยพ

ที่ปรึกษาประเมินผลแบบจำลองการอพยพ โดยตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ จำนวนผู้อพยพ และอัตราการไหลของการอพยพ นอกจากนี้ยังประเมินความหนาแน่นการจราจรกรณีการอพยพ เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่หรือตำแหน่งที่มีสภาพการจราจรแออัด รวมทั้งยังสามารถทราบถึงประสิทธิภาพของการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกบันได/บันไดเลื่อน ลิฟต์ และในการประเมินระยะเวลาการอพยพ ทางที่ปรึกษาได้ประเมินผลโดยแสดงค่าเป็นช่วงเวลาการอพยพ เนื่องจากในการอพยพอาจมีผู้ใช้บริการที่เป็นผู้พิการ ซึ่งในการอพยพผู้พิการต้องมีการช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ในการอพยพ ส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนย้ายลดลง แสดงผลออกมาเป็นระยะเวลาการอพยพมากขึ้นโดยผลการประเมินมีดังต่อไปนี้

1. รูปแบบที่ 1 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.2-1 และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 4.2-4 ถึงรูปที่ 4.2-7

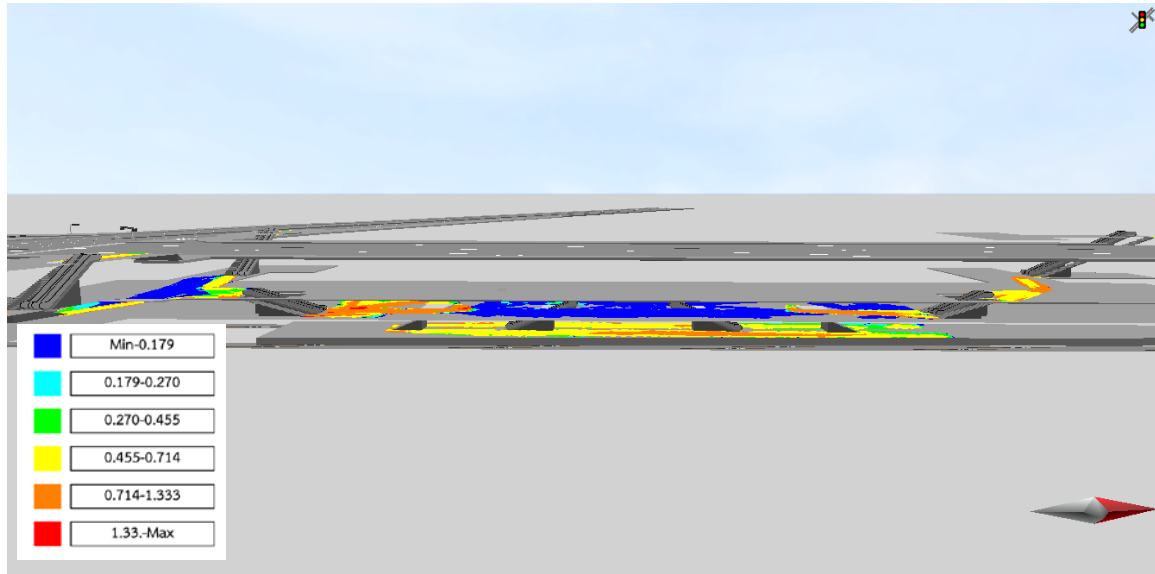


ตารางที่ 4.2-1 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)

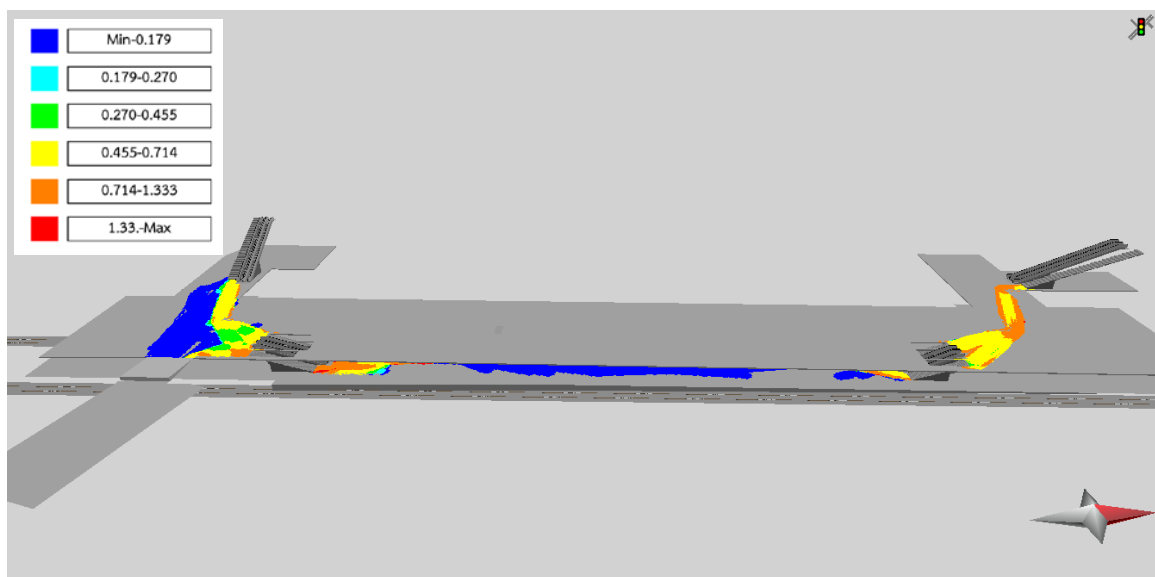
เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหลเฉลี่ย (คนต่อนาที)
Route 1	1.59-2.94	34
Route 2	1.36-2.97	36
Route 3	1.26-2.58	43
Route 4	0.99-1.87	105
Route 5	0.93-1.84	112
Route 6	0.97-1.48	77
Route 7	0.44-0.77	164
Route 8	0.48-0.73	178
Route 9	0.61-0.74	173

จากตารางที่ 4.2-1 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 1 โดยวิเคราะห์เส้นทางการอพยพตามจุดเริ่มต้นการอพยพจนถึงทางออก ดังนี้

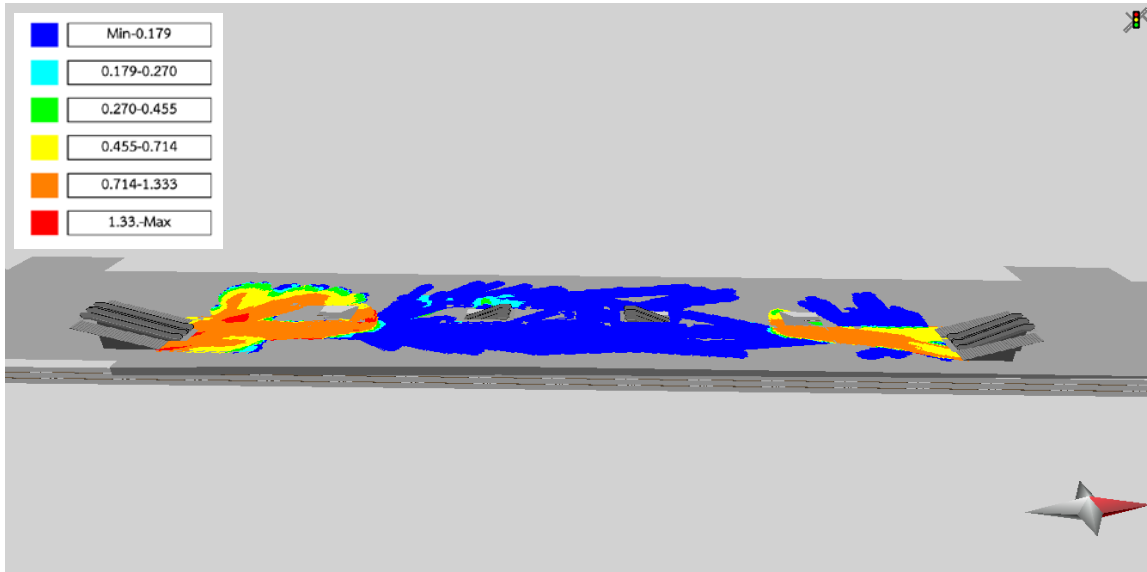
- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Floor คือ Route 1,2,3 โดยเส้นทางที่ 3 เป็นเส้นทางที่ใช้เวลาในการอพยพถึงทางออกได้สั้นที่สุด เนื่องจากเส้นทางที่ 3 เป็นเส้นทางที่เป็นทางเดียวสู่ทางออก จึงไม่มีระยะเวลาในการตัดสินใจหรือลังเลในการเลือกเส้นทางเหมือนเส้นทางที่ 1 และ 2 และเนื่องจากเส้นทางที่ 3 อยู่ทางทิศเหนือของสถานีสุขุมวิท ซึ่งมีการใช้บริการของผู้โดยสารเบาบาง เมื่อเปรียบเทียบกับทางทิศใต้
- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Concourse Floor คือ Route 5,6 โดยเส้นทางทั้งสองเมื่ออพยพในจุดเริ่ม ไม่มีความแตกต่างกันเท่าใดเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่ไม่ต่างกัน แต่เมื่อขึ้นมาที่ชั้น Subway Access Floor บริเวณพื้นที่อพยพของเส้นทางที่ 6 เกิดเป็นคอขวดเนื่องจากมีทางออกเดียว แตกต่างจากเส้นทางที่ 5 ที่เมื่อขึ้นมามี 2 ทางออกและมีพื้นที่สำหรับอพยพเพียงพอไม่เป็นคอขวด
- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Subway Access Floor คือ Route 7,8,9 มีเวลาในอพยพที่ใกล้เคียงเนื่องจากเป็นบริเวณที่ใกล้ทางออก และผู้โดยสารสามารถเคลื่อนที่เข้าใกล้ทางออกได้ตลอดเวลาและเป็นกลุ่มแรกที่อพยพถึงทางออกก่อนเส้นทางอื่นๆ



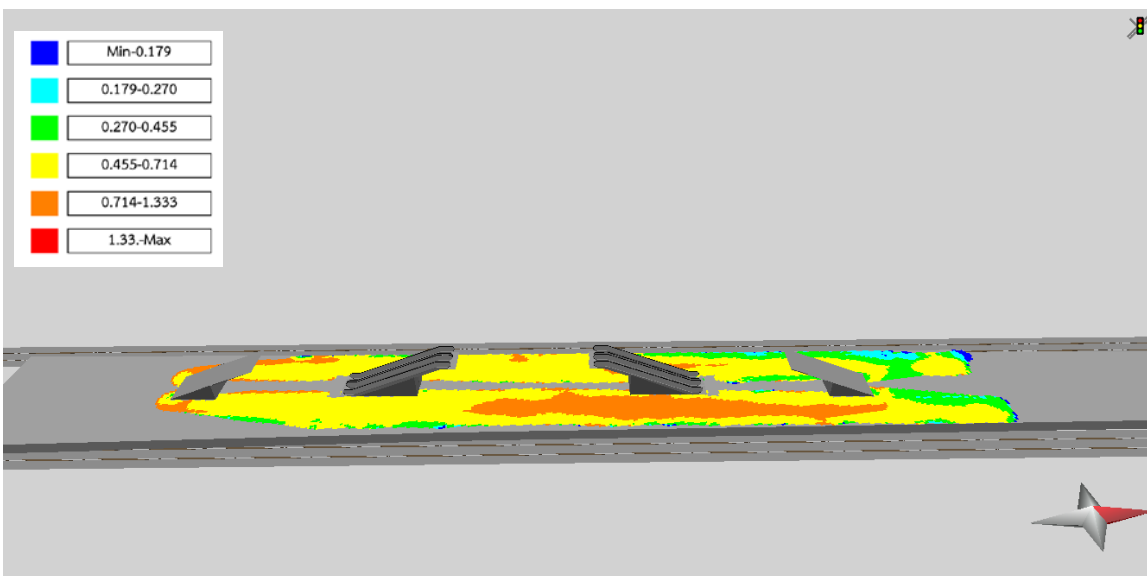
รูปที่ 4.2-4 ความหนาแน่นการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.2-5 ความหนาแน่นการจราจรชั้น Subway Access สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.2-6 ความหนาแน่นการจราจรชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.2-7 ความหนาแน่นการจราจรชั้นชานชาลา สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)

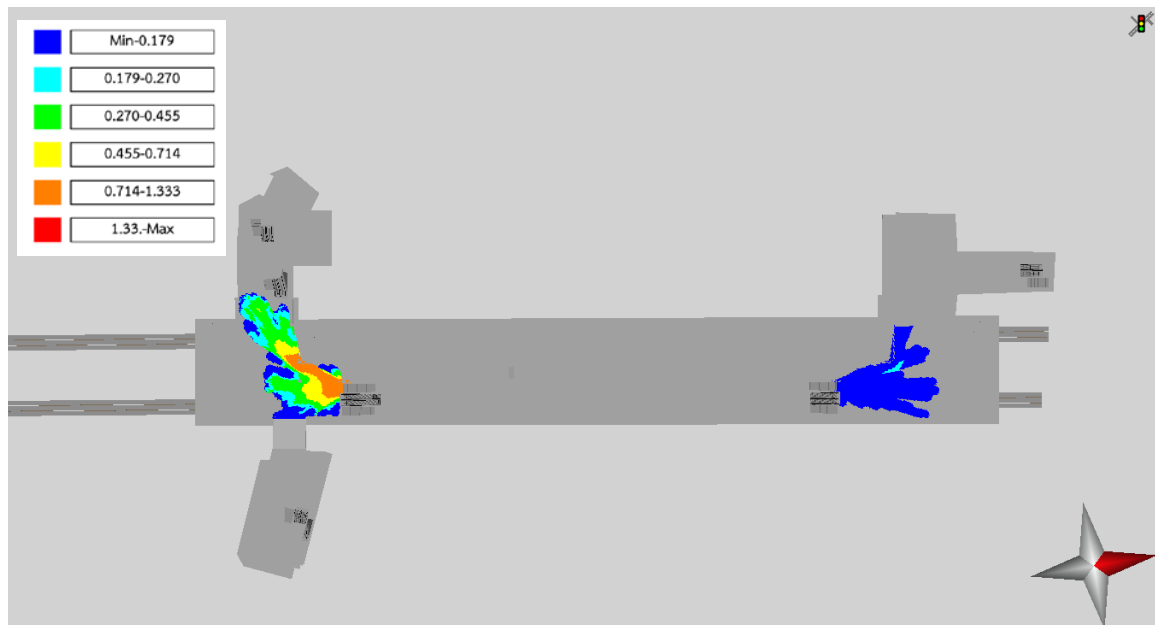
2. รูปแบบที่ 2 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกโดยรถไฟฟ้า

ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลของการอพยพในรูปแบบที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.2-2 ส่วนความหนาแน่นการจราจรแสดงดังรูปที่ 4.2-8 ถึงรูปที่ 4.2-10

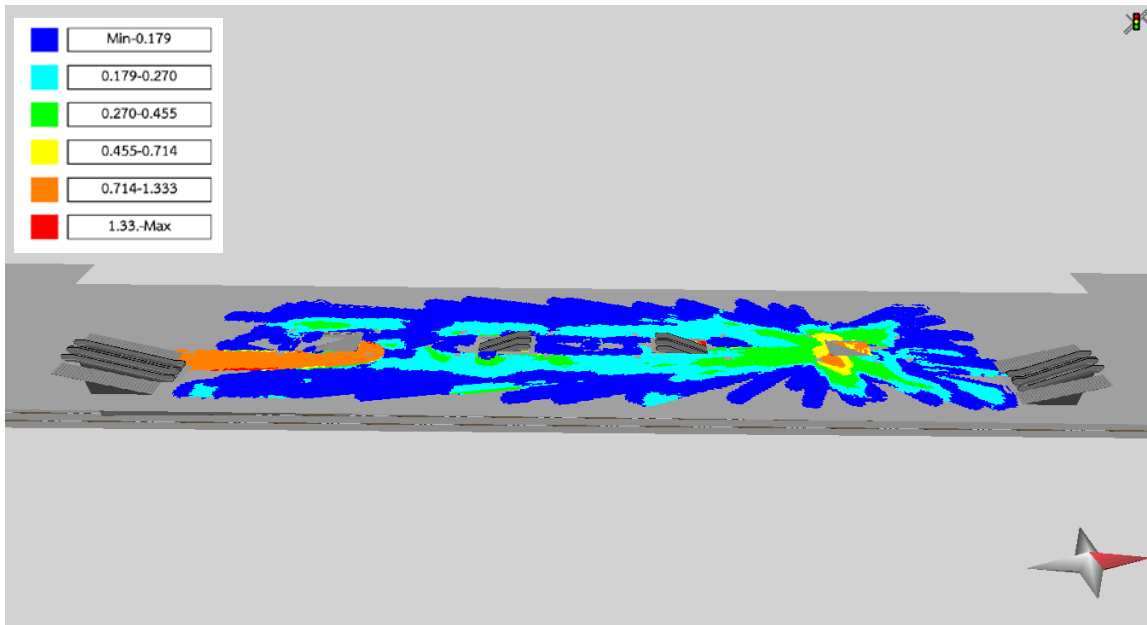
ตารางที่ 4.2-2 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีสุขุมวิท (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหลเฉลี่ย (คนต่อนาที)
Route 1	0.09-4.10	59
Route 2	0.15-4.02	142
Route 3	0.14-5.71	166
Route 4	0.58-6.08	43
Route 5	0.56-6.19	10

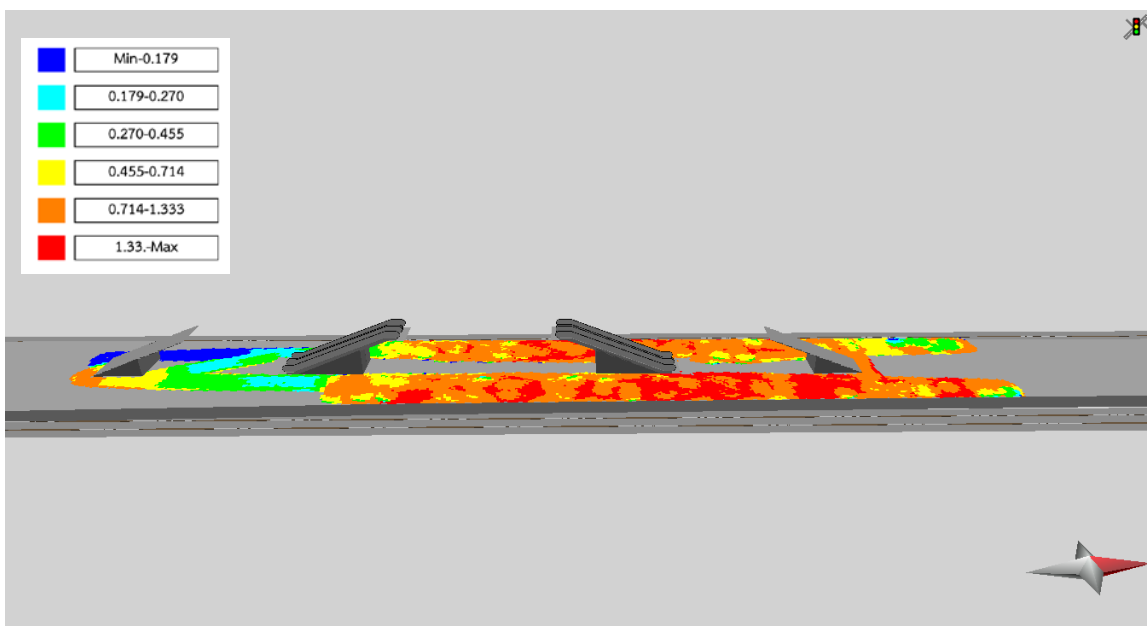
จากตารางที่ 4.2-2 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 2 โดยวิเคราะห์เส้นทางการอพยพตามจุดเริ่มต้นการอพยพจนถึงทางออก ซึ่งรูปแบบการอพยพรูปแบบที่ 2 เป็นรูปแบบที่อพยพโดยรถไฟฟ้าเพื่อไปสู่สถานีอื่น รูปแบบการอพยพนี้เป็นรูปแบบที่ผู้โดยสารต้องรอรถไฟฟ้าเข้ามาเป็นการอพยพที่ผู้โดยสารต้องแออัดอยู่บริเวณชั้น Platform Floor ส่งผลให้เวลาในการอพยพออกจากสถานีนานและอพยพได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อผู้โดยสารภายในสถานี เนื่องจากระยะเวลาช่วงห่างรถไฟฟ้า (Headway Time) ต่อขบวนอยู่ที่ประมาณ 3 นาที ดังรูปที่ 4.2-10



รูปที่ 4.2-8 ความหนาแน่นการจราจรชั้น Subway Access สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4.2-9 ความหนาแน่นการจราจรชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4.2-10 ความหนาแน่นการจราจรชั้นชานชาลา สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)

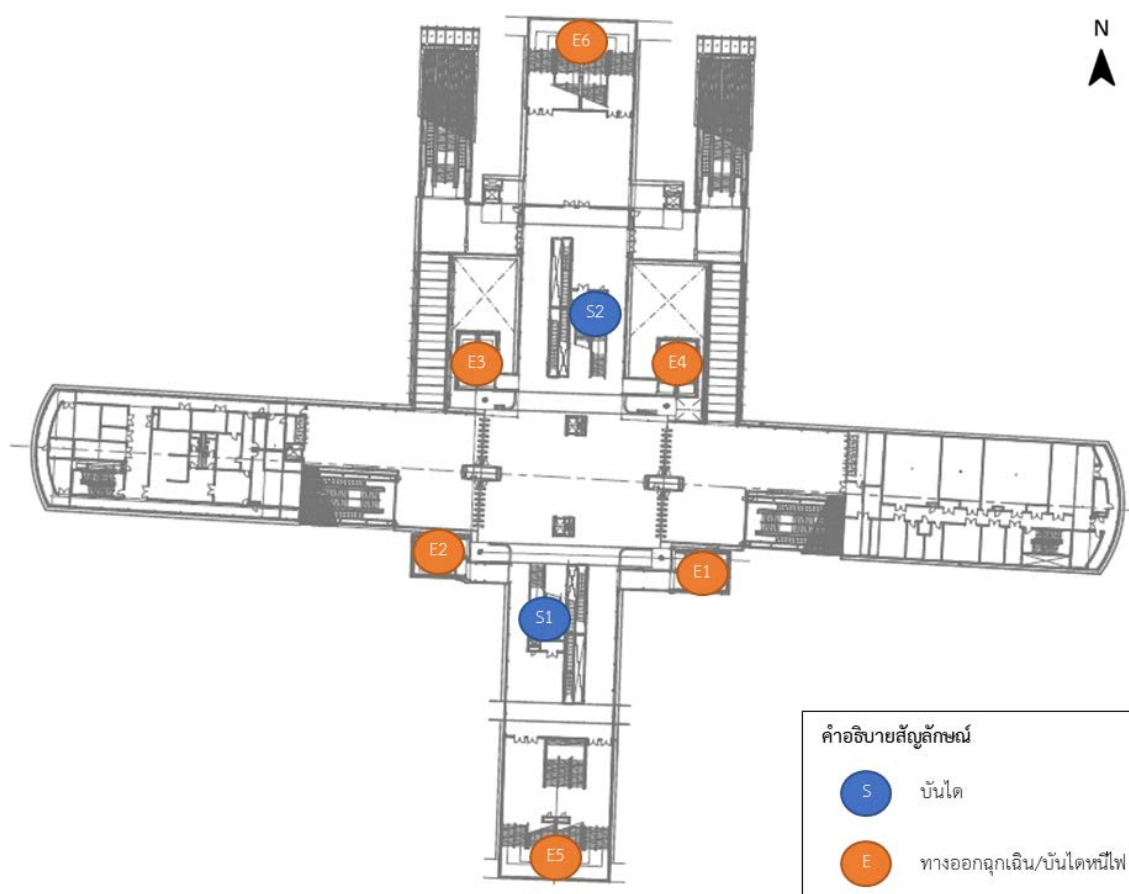
ในการอพยพทั้ง 2 รูปแบบ โดยที่การอพยพรูปแบบที่ 1 มีระยะเวลาในการอพยพและอัตราการไหลของการอพยพ ที่ดีกว่าการอพยพรูปแบบที่ 2 แต่ในการเลือกใช้รูปแบบการอพยพขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แต่สิ่งที่สำคัญคือต้องให้พนักงานมีความพร้อมในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นตลอด

4.3 แบบจำลองการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

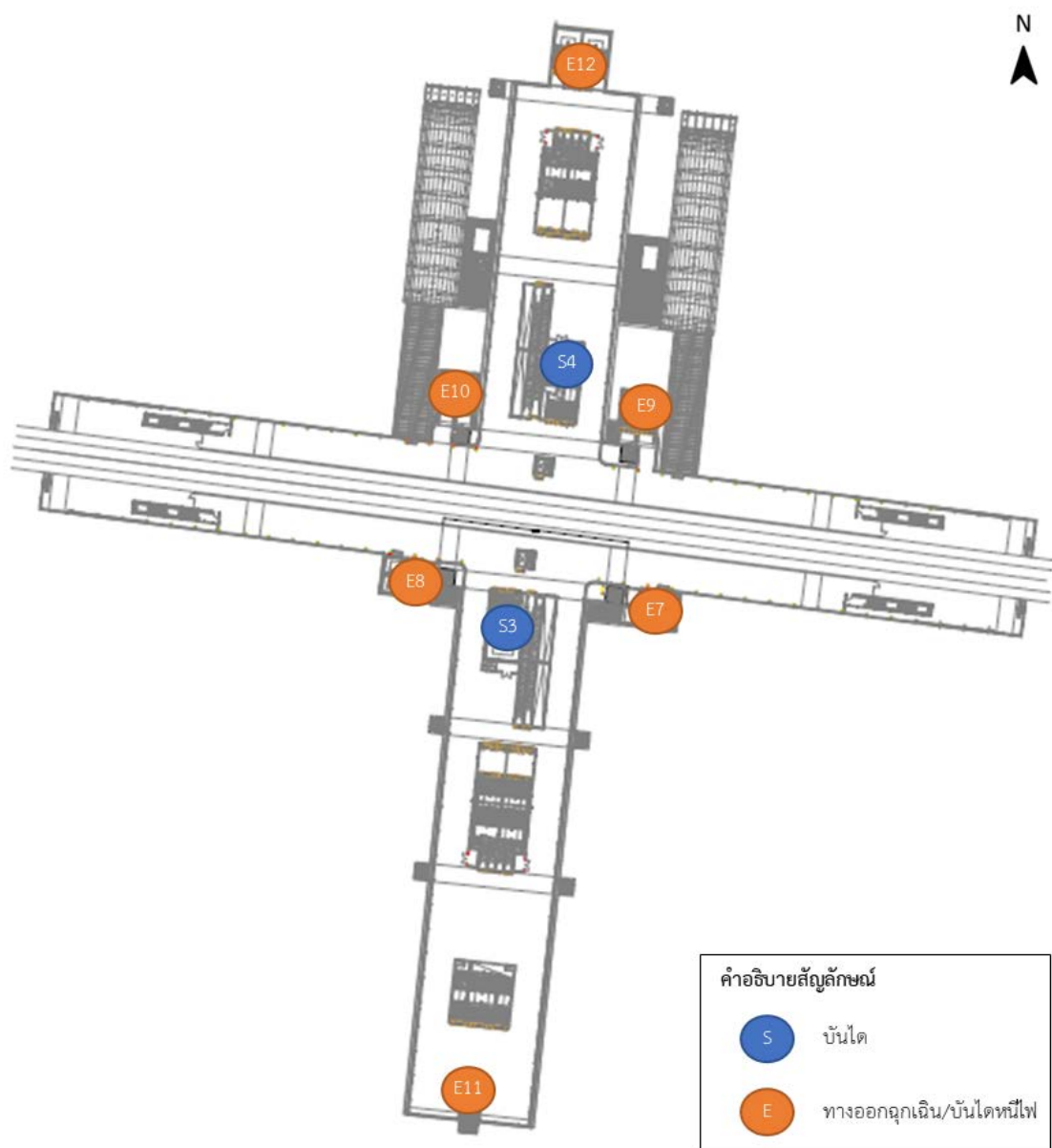
จากการสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน กรณีสภาพการจราจรปัจจุบัน ที่ปรึกษานำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพ รูปแบบเส้นทางการอพยพและผลการประเมินประสิทธิภาพในแต่ละแผนมีดังนี้

4.3.1 รูปแบบเส้นทางการอพยพ

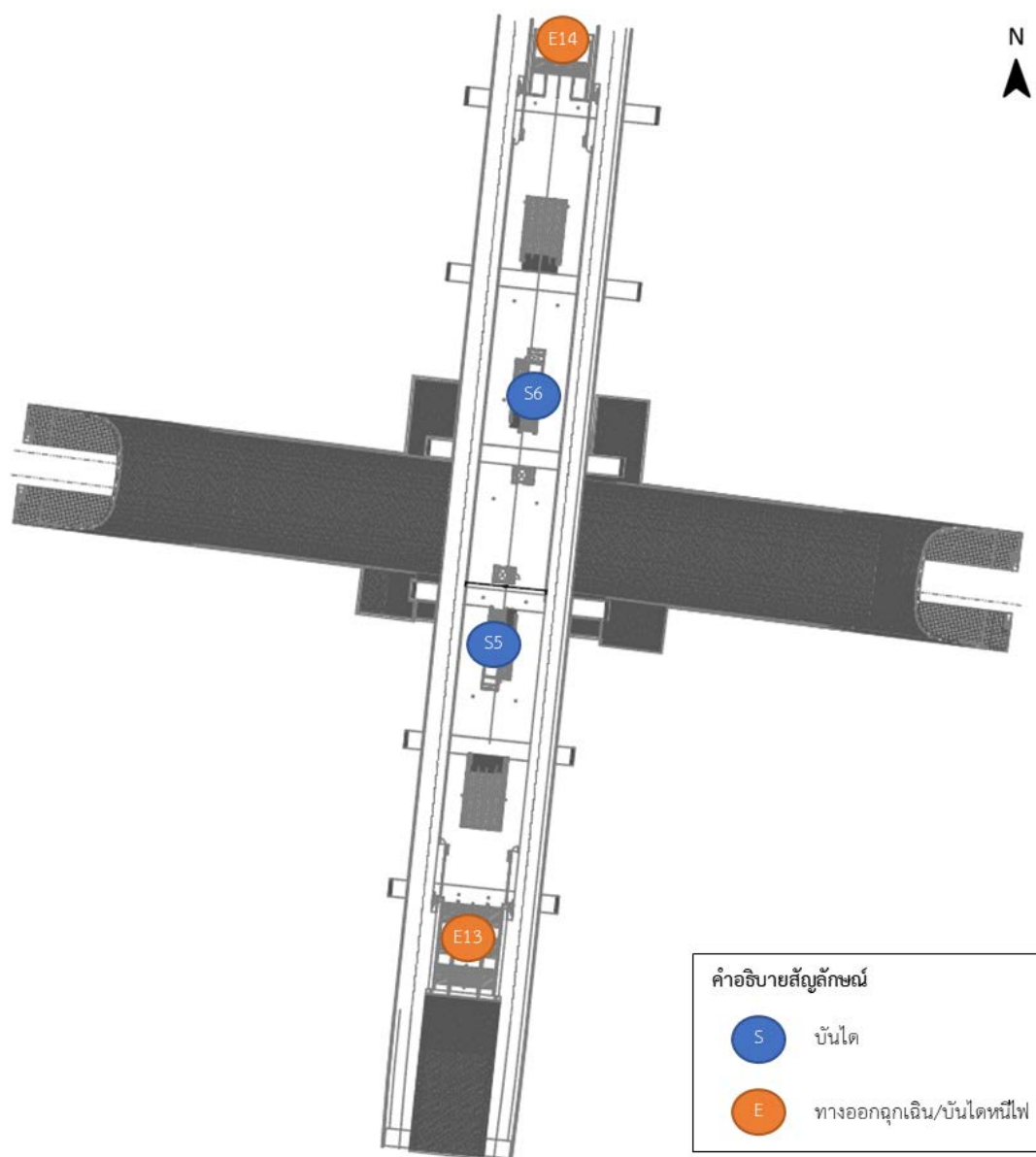
การอพยพผู้โดยสารในกรณีเกิดเหตุอุบัติเหตุการแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน การอพยพผู้โดยสารโดยสารโดยรถไฟ และ การอพยพผู้โดยสารโดยใช้ทางวิ่งรถไฟไฟฟ้า ที่ปรึกษาจึงสร้างแบบจำลองการอพยพอ้างอิงตามรูปแบบการอพยพข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 4.3-4. ถึงรูปที่ 4.3-6. ตามลำดับ นอกจากนี้ตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการอพยพ ได้แก่ บันได บันไดหนีไฟ/ทางออกฉุกเฉิน ตั้งแต่ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Floor) ชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน และชั้นชานชาลาสายมีม่วง แสดงดังรูปที่ 4.3-1. ถึงรูปที่ 4.3-3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3-1 ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



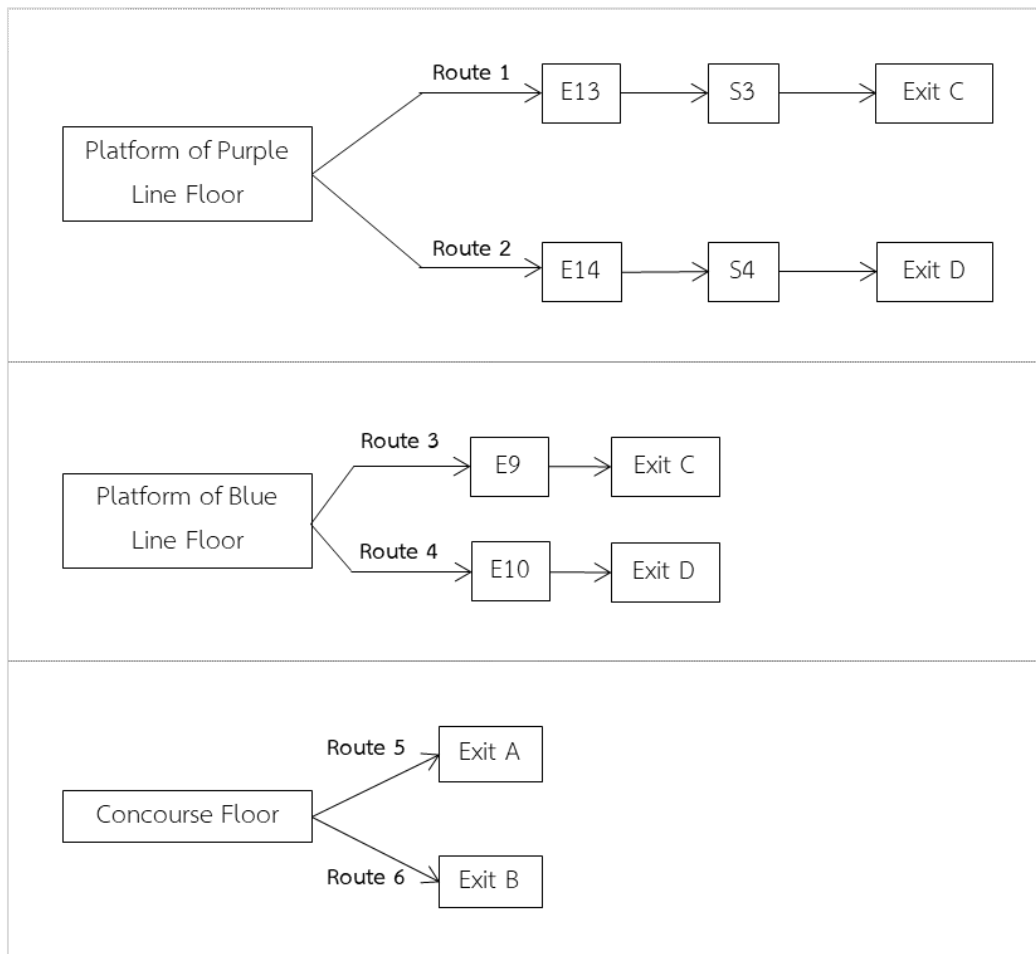
รูปที่ 4.3-2 ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 4.3-3 ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

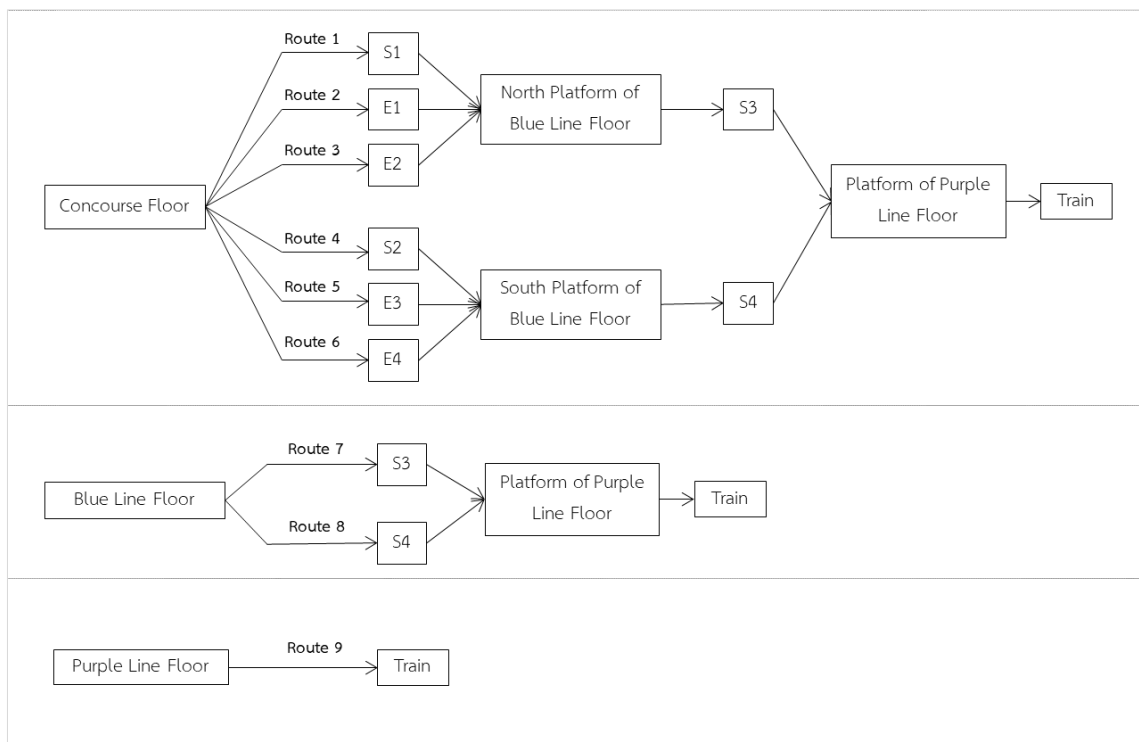


1. รูปแบบที่ 1 : การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน



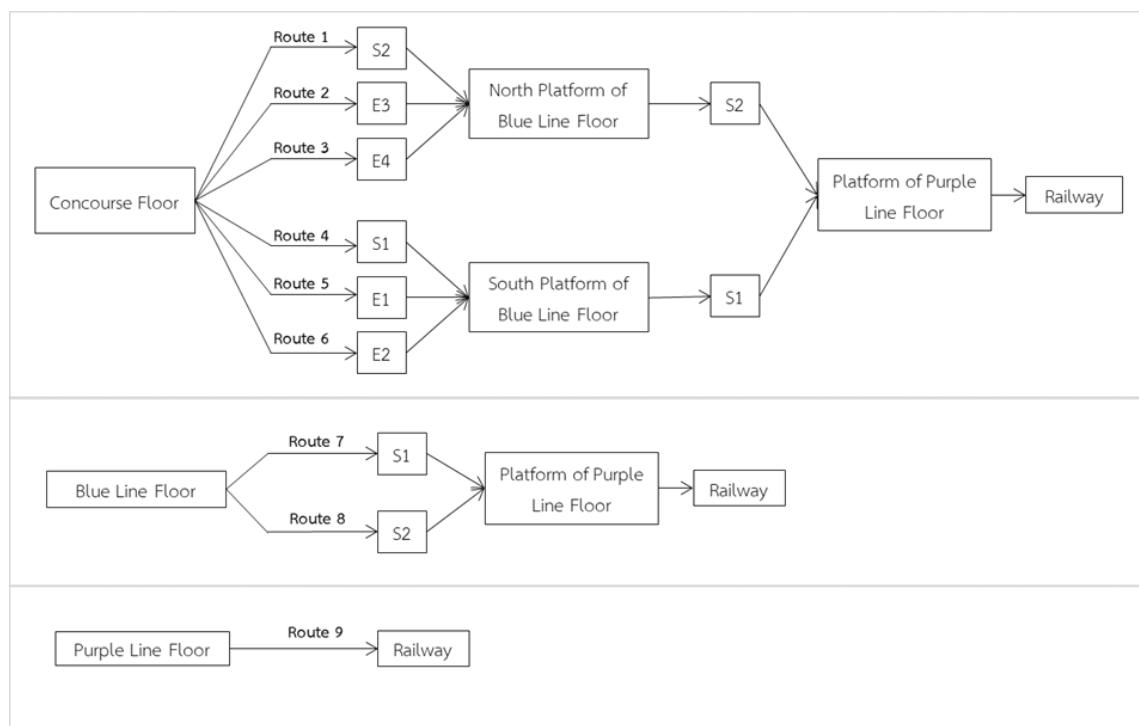
รูปที่ 4.3-4 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน)

2. รูปแบบที่ 2 : การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ



รูปที่ 4.3-5 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน)

3. รูปแบบที่ 3 : การอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟ



รูปที่ 4.3-6 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3 (สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน)



4.3.2 ผลการประเมินแบบจำลองการอพยพ

ที่ปรึกษาประเมินผลแบบจำลองการอพยพ โดยตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพและอัตราการไหลของการอพยพ นอกจากนี้ยังประเมินความหนาแน่นการจราจรกรณีการอพยพ เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่หรือตำแหน่งที่มีสภาพการจราจรแออัด รวมทั้งยังสามารถทราบถึงประสิทธิภาพของการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกบันได/บันไดเลื่อน ลิฟต์ และในการประเมินระยะเวลาการอพยพ ทางที่ปรึกษาได้ประเมินผลโดยแสดงค่าเป็นช่วงเวลาการอพยพ เนื่องจากในการอพยพอาจมีผู้ใช้บริการที่เป็นผู้พิการ ซึ่งในการอพยพผู้พิการต้องมีการช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ในการอพยพ ส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนย้ายลดลง แสดงผลออกมาเป็นระยะเวลาการอพยพมากขึ้น โดยผลการประเมินมีดังต่อไปนี้

1. รูปแบบที่ 1 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.3-1 และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 4.3-7 ถึงรูปที่ 4.3-10

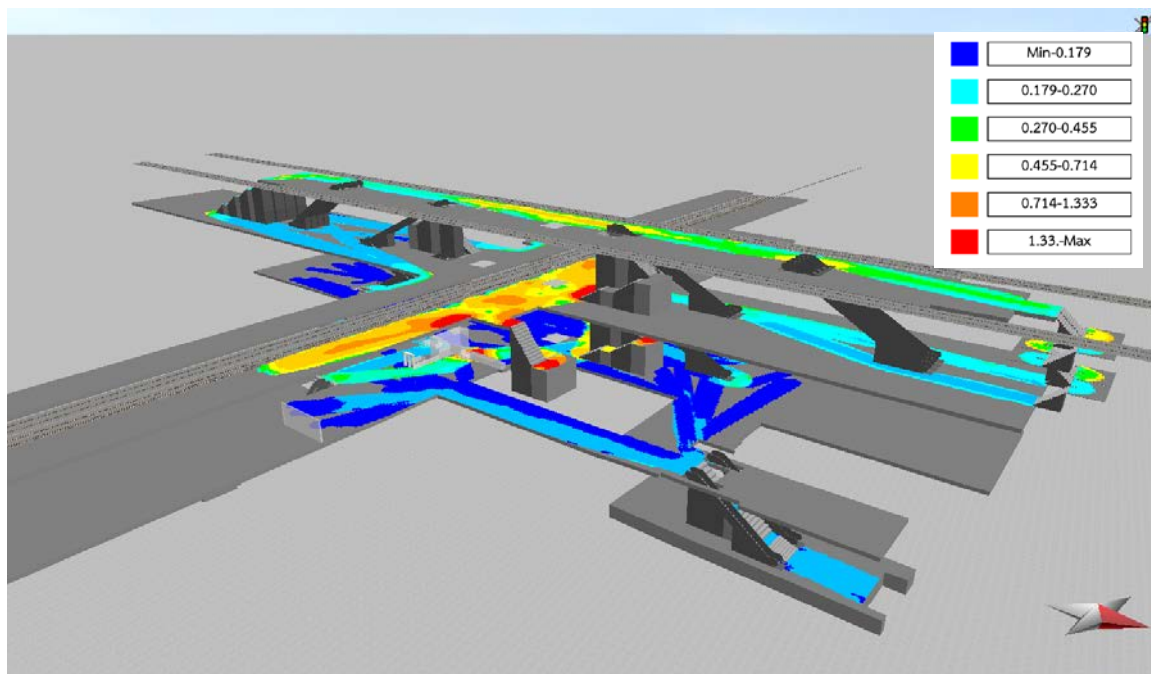
ตารางที่ 4.3-1 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหลเฉลี่ย (คนต่อนาที)
Route 1	2.80-3.91	57
Route 2	2.96-3.79	58
Route 3	1.66-2.16	82
Route 4	1.37-1.72	94
Route 5	0.93-1.61	11
Route 6	0.90-1.77	11

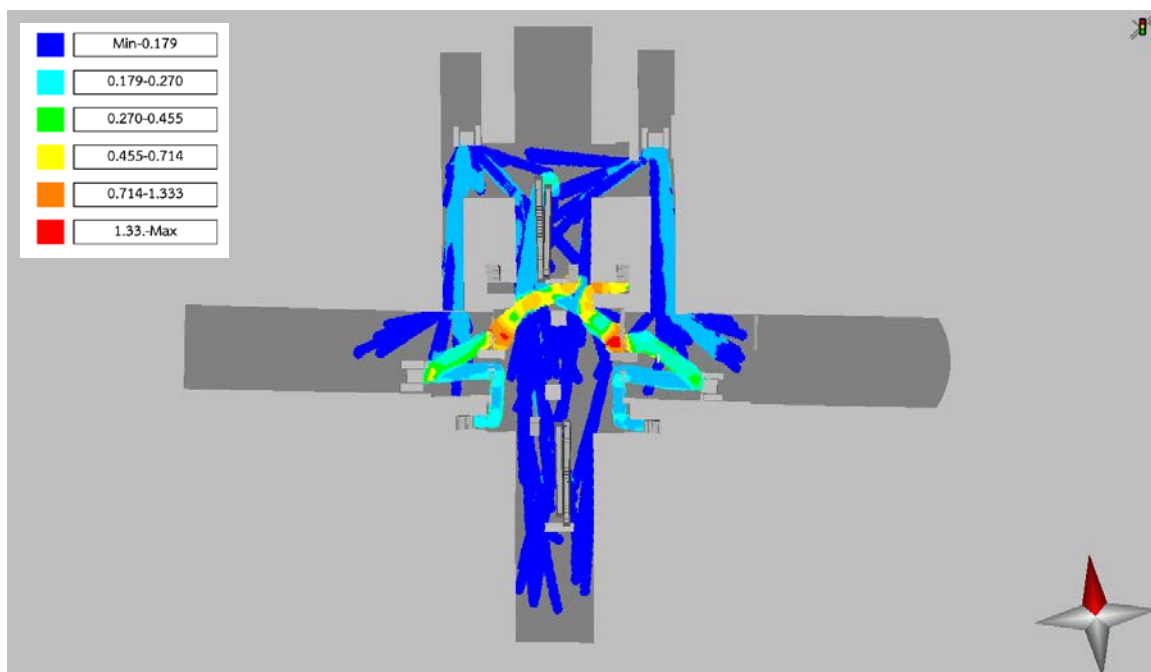
จากตารางที่ 4.3-1 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 1 โดยวิเคราะห์เส้นทางการอพยพตามจุดเริ่มต้นการอพยพจนถึงทางออก ดังนี้

- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Purple line Floor คือ Route 1,2 โดยแต่ละเส้นทางอพยพประสิทธิภาพในการอพยพที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นเส้นทางในการอพยพที่มีลักษณะพื้นที่เหมือนกัน
- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Platform Blue line Floor คือ Route 3,4 ซึ่งเส้นทางทางทั้ง 2 เส้นทางมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากลักษณะเส้นทางที่คล้ายกัน โดยเส้นทางที่ 4 มีอัตราการไหลที่มากกว่า เนื่องจากการยืนของผู้โดยสารที่รอรถไฟฟ้าบริเวณ Platform Blue line Floor ที่กระจุกตัวมาบริเวณด้านหน้าของรถไฟฟ้าสีน้ำเงิน เพื่อเข้าเมือง
- เส้นทางการอพยพที่เริ่มจากชั้น Concourse Floor คือ Route 5,6 เป็นเส้นทางการอพยพที่ไกลที่สุดแต่อพยพคนได้ไม่มากเนื่องจากบริเวณที่จำหน่ายตั๋วโดยสารมีผู้โดยสารมาใช้บริการไม่

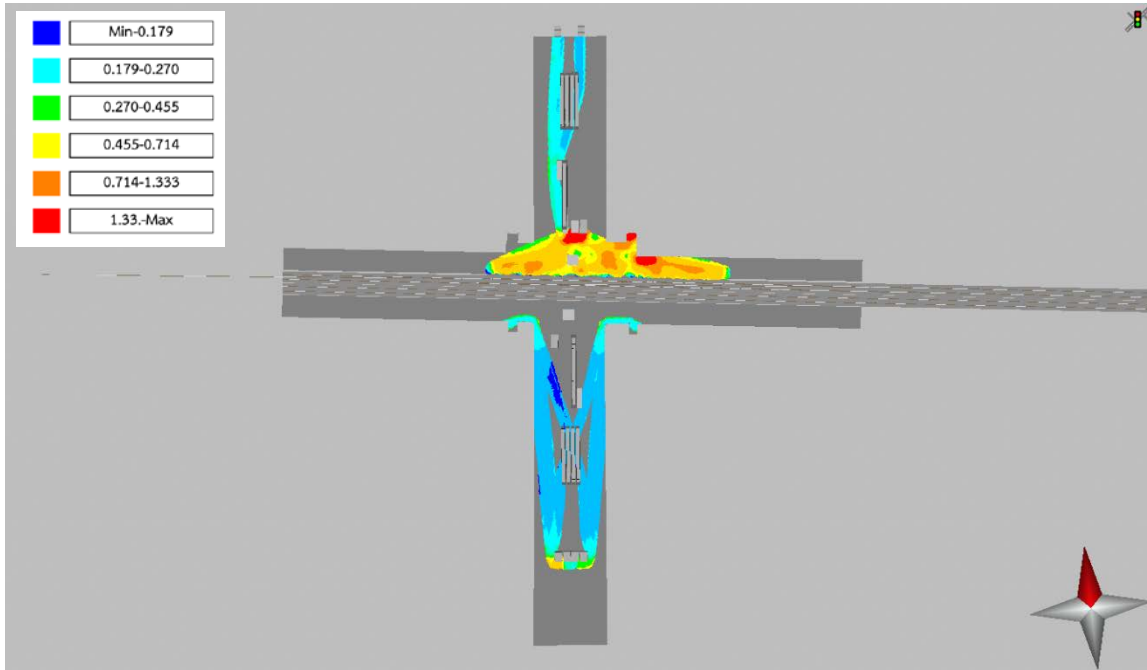
มาก เนื่องจากสถานีเตาปูนเป็นสถานีเชื่อมต่อการเดินทางผู้โดยสารส่วนใหญ่จึงต้องรอไฟฟ้า เพื่อลดระยะเวลาในการเดินทางหรือพารากรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อไป ส่งผลให้บริเวณ Concourse Floor มีผู้โดยสารอยู่เบาบาง



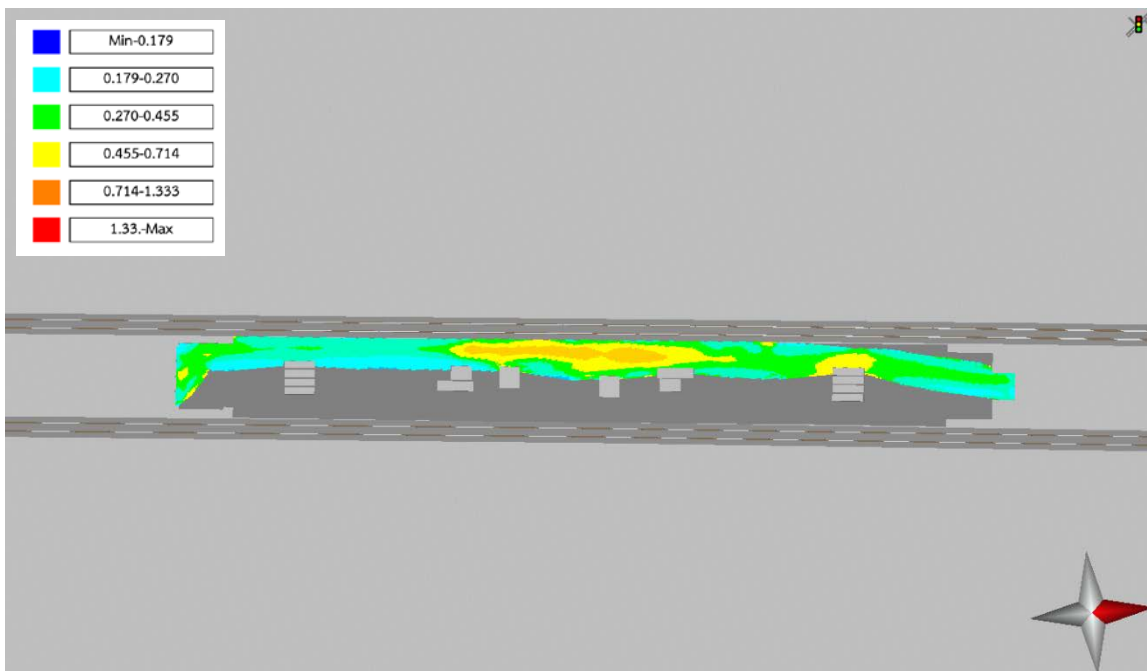
รูปที่ 4.3-7 ความหนาแน่นการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.3-8 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.3-9 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)



รูปที่ 4.3-10 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1)

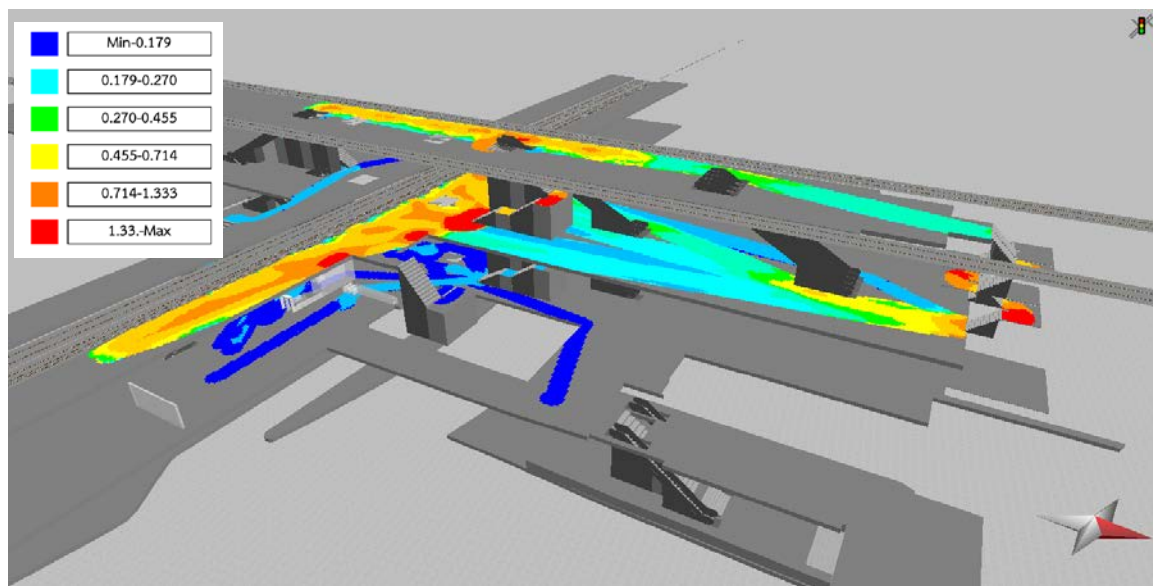
2. รูปแบบที่ 2 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ

ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.3-2 และ ความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 4.3-11 ถึง รูปที่ 4.3-14

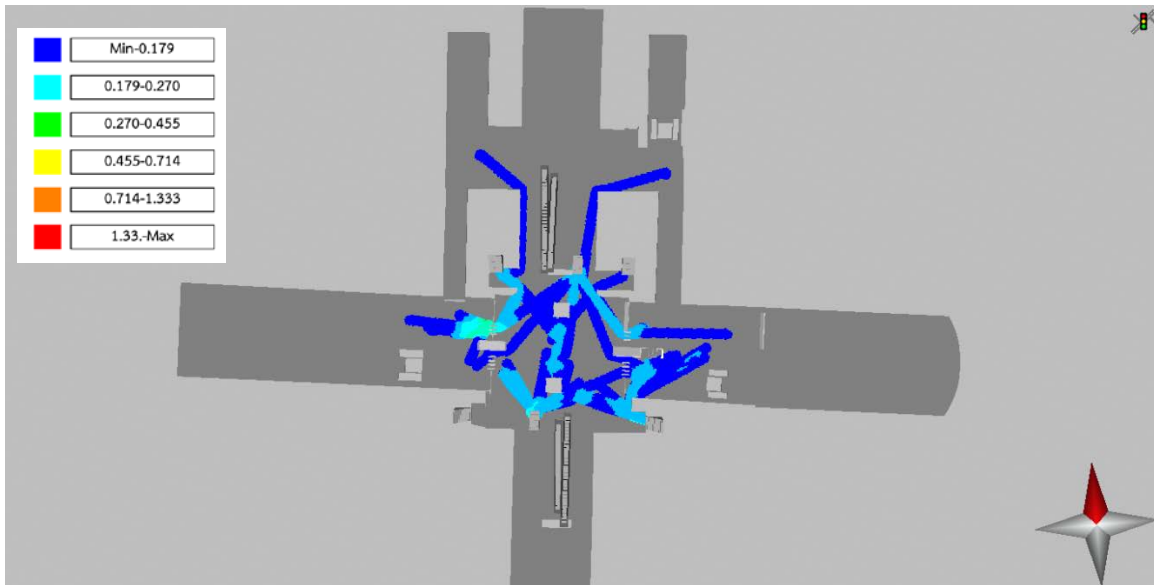
ตารางที่ 4.3-2 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหลเฉลี่ย (คนต่อนาที)
Route 1	0.45-4.44	1
Route 2	0.47-4.58	2
Route 3	0.50-4.90	1
Route 4	0.49-4.81	1
Route 5	0.49-4.84	0
Route 6	0.50-4.88	2
Route 8	0.25-4.68	87
Route 9	0.48-0.50	154

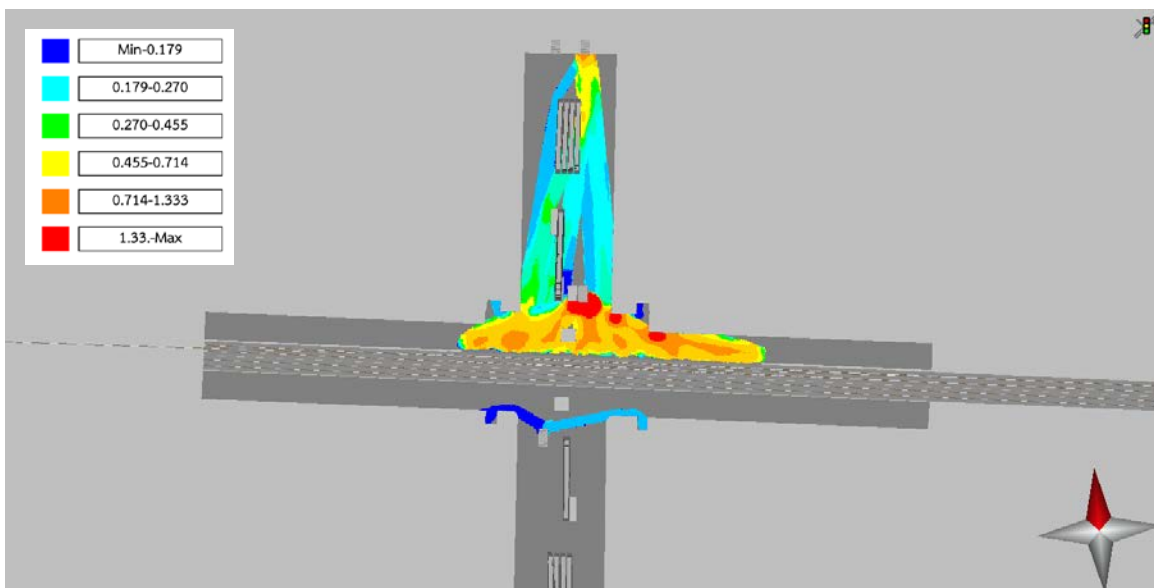
จากตารางที่ 4.3-2 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2) การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 2 ซึ่งเป็นรูปแบบการอพยพที่ผู้โดยสารต้อง รอดรถไฟเข้ามาเป็นการอพยพที่ผู้โดยสารต้องแออัดอยู่บริเวณชั้น Platform Floor ส่งผลให้เวลาในการ อพยพออกจากสถานีนาน และอพยพได้ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อผู้โดยสารภายในสถานี โดยเฉพาะ เส้นทางอพยพที่ 1-6 ที่มีจำนวนผู้อพยพน้อยเนื่องจากเส้นทางการอพยพที่ 8,9 รอพยพอยู่บริเวณ Platform Floor ซึ่งในรูปแบบการอพยพอ้างอิงตามการอพยพที่จัดทำขึ้นโดยที่อพยพด้วยรถไฟฟ้าสีม่วง เท่านั้น



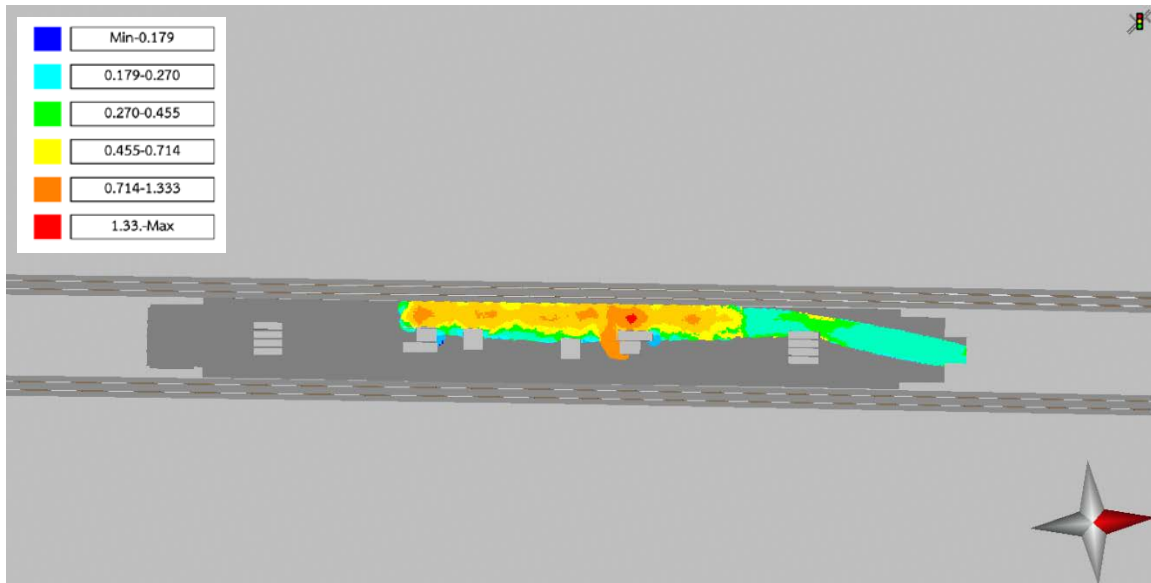
รูปที่ 4.3-11 ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4.3-12 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4.3-13 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)



รูปที่ 4.3-14 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2)

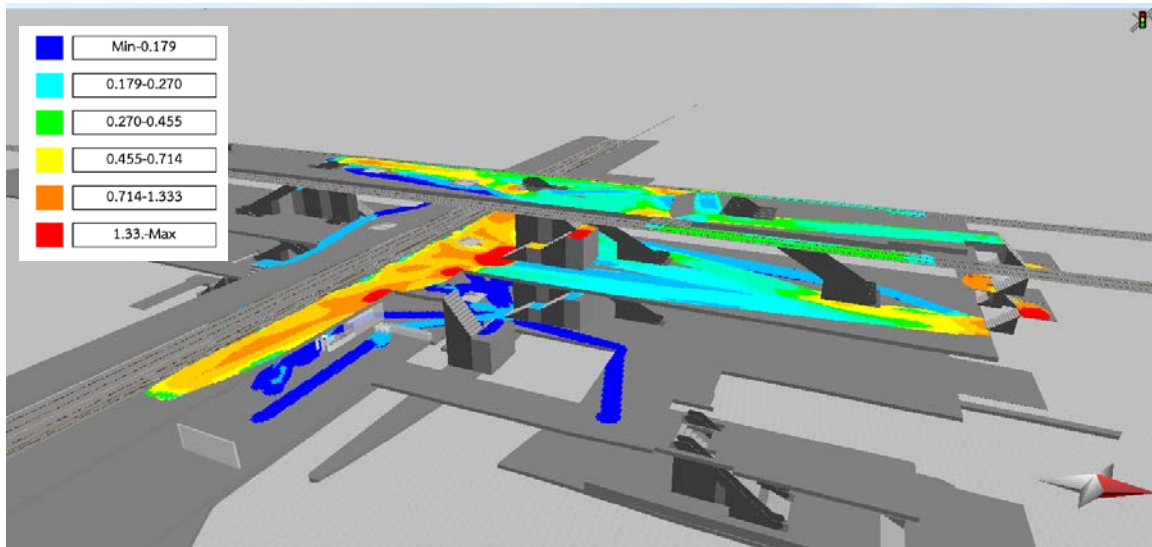
3. รูปแบบที่ 3 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกโดยทางวิ่งรถไฟ

ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4.3-3 และ ความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 4.3-15 ถึง รูปที่ 4.3-18

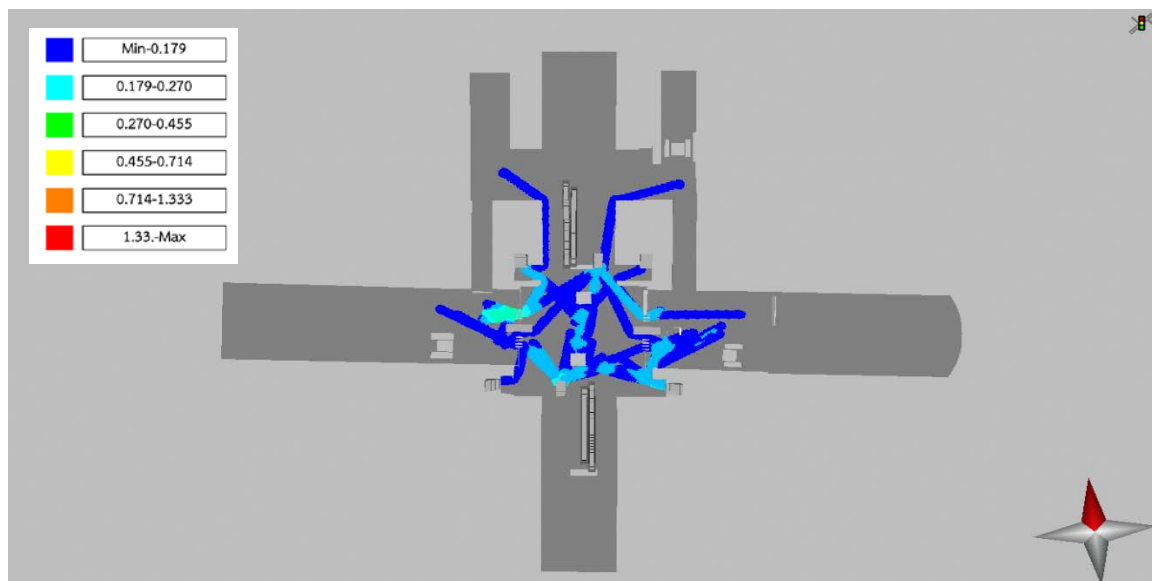
ตารางที่ 4.3-3 ระยะเวลาและอัตราการไหลของผู้อพยพสถานีเตาปูน (กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหลเฉลี่ย (คนต่อนาที)
Route 1	1.44-1.78	4
Route 2	1.55-1.96	5
Route 3	1.68-2.05	2
Route 4	1.77-2.31	2
Route 5	1.98-2.56	2
Route 6	1.56-1.95	4
Route 8	0.98-2.60	211
Route 9	0.37-1.15	337

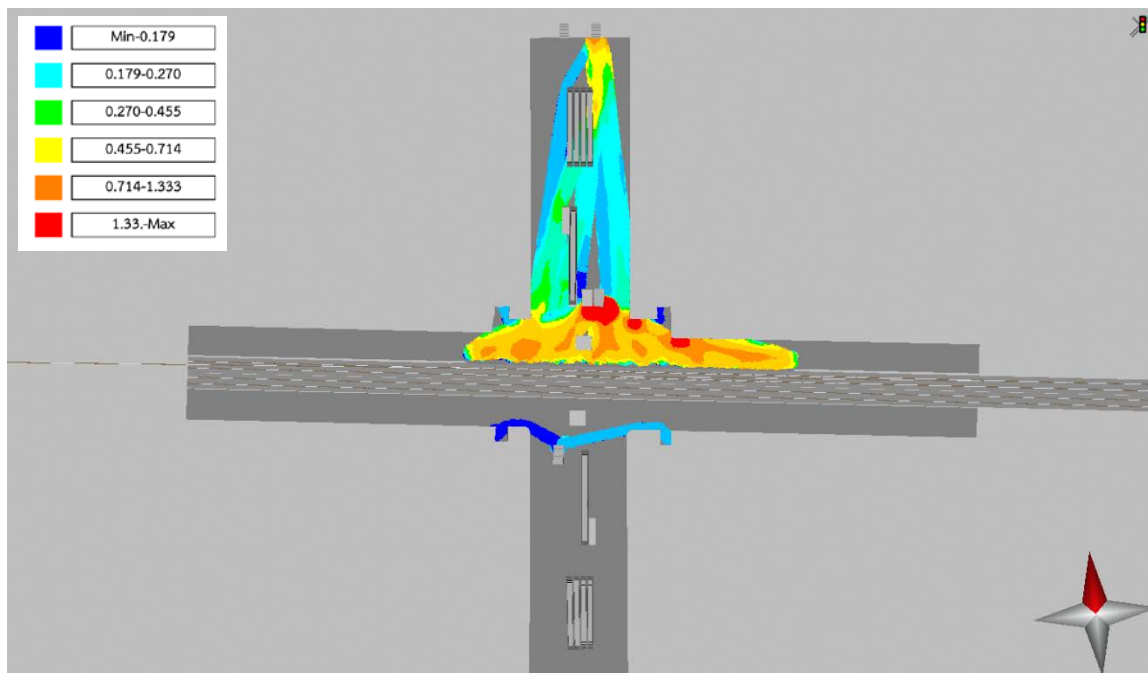
จากตารางที่ 4.3-3 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 3 ซึ่งเป็นรูปแบบการอพยพที่เดินไปตามเส้นทางรางรถไฟไปสู่อีกสถานี โดยประสิทธิภาพเส้นทางในการอพยพใกล้เคียงกับการอพยพรูปแบบที่ 2 แต่แตกต่างที่ผู้โดยสารที่บริเวณ Platform Floor สามารถเดินไปตามทางรถไฟได้ โดยที่ไม่ต้องรกรรถไฟแต่ต้องมีเจ้าหน้าที่นำทาง ส่งผลให้อัตราการไหลของเส้นทางการอพยพเส้นทางที่ 8,9 สามารถระบายคนออกจากสถานีได้มากกว่าการอพยพรูปแบบที่ 2



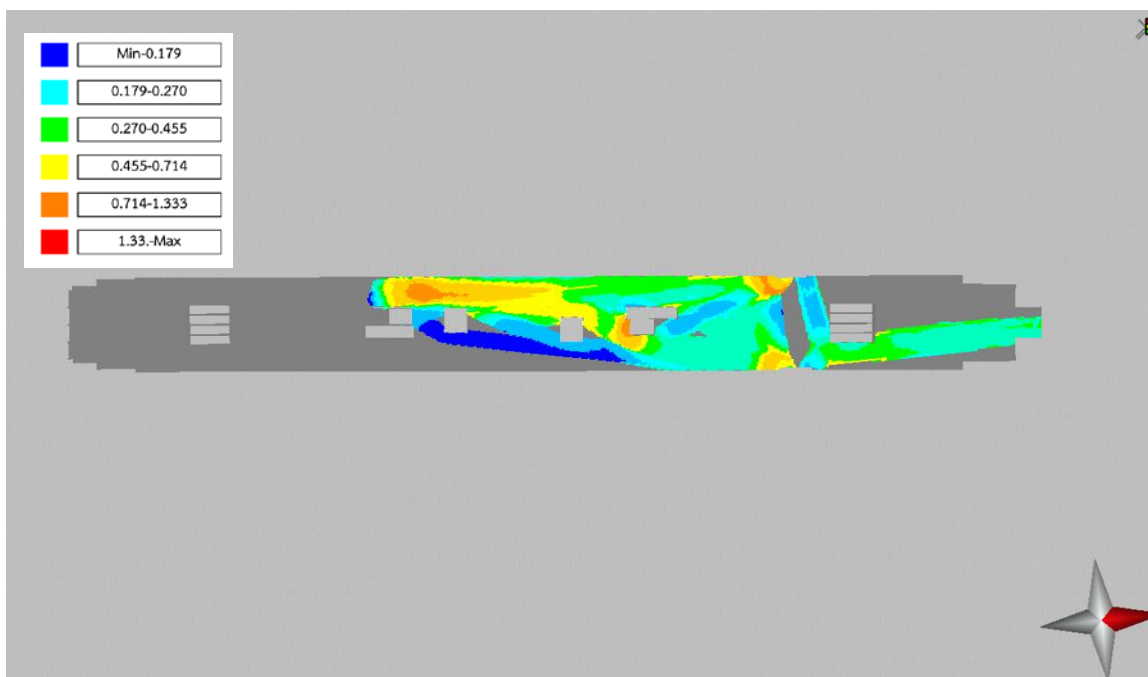
รูปที่ 4.3-15 ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3)



รูปที่ 4.3-16 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3)



รูปที่ 4.3-17 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3)



รูปที่ 4.3-18 ความหนาแน่นการจราจรภายในชั้นชานชาลาสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน
(กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3)

ในการอพยพทั้ง 3 รูปแบบ โดยที่การอพยพรูปแบบที่ 1 มีระยะเวลาในการอพยพและอัตราการไหลของการอพยพ ที่ดีกว่าการอพยพทั้ง 2 รูปแบบที่เหลือ แต่ในการเลือกใช้รูปแบบการอพยพขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือการพิจารณาเลือกใช้รูปแบบการอพยพ แต่สิ่งที่สำคัญคือต้องให้พนักงานมีความ



พร้อมในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นตลอด และอาจมีการฝึกปฏิบัติแผนการอพยพเป็นประจำ และมีการตรวจสอบแผนการอพยพให้มีความพร้อมหรือทันสมัย

โดยในการฝึกปฏิบัติแผนการอพยพเป็นประจำต้องมีการกำหนดตำแหน่งและหน้าที่ที่แน่นอน มีการตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการอพยพ และมีการทบทวนแผนอยู่เป็นประจำเพื่อให้พร้อมต่อการใช้งาน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองการอพยพภายในสถานีรถไฟฟ้าต้นแบบ สืบเนื่องจากจำนวนผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าผ้ามหานครเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) จึงวางระบบป้องกันและระงับเหตุการณ์ฉุกเฉิน เพื่อให้ระบบป้องกันและระงับเหตุอัคคีภัยของระบบรถไฟฟ้าผ้ามหานครที่มีอยู่ในปัจจุบันสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ในการวิเคราะห์หาเวลาการอพยพที่น้อยที่สุดสำหรับกรณีเกิดเหตุอัคคีภัย โดยใช้กรณีการอพยพผู้โดยสารเมื่อเกิดอัคคีภัยภายในสถานีต้นแบบประกอบด้วย สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทของโครงการรถไฟฟ้าผ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล และสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน ซึ่งเป็นสถานีเชื่อมระหว่างสายเฉลิมรัชมงคลและสายฉลองรัชธรรม แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองการเดินทางของคนเดินภายในพื้นที่สถานีโดยใช้โปรแกรม PTV Viswalk ซอฟต์แวร์ดังกล่าวสามารถจำลองสภาพการจราจรภายในสถานีตั้งแต่ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Floor) จนถึงชั้นชานชาลา (Platform Floor)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค ซอฟต์แวร์ PTV Viswalk สามารถจำลองสภาพการจราจรของคนเดินภายในพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน และวิเคราะห์ ประเมินประสิทธิภาพการดำเนินการ (Operational Performance) ของโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกภายใต้แผนการอพยพ

จากแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในพื้นที่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิทและสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนสามารถประเมินประสิทธิภาพการดำเนินการจากตัวชี้วัดได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ จำนวนผู้อพยพ อัตราการไหลของการอพยพ และความหนาแน่นของพื้นที่ที่ใช้ในการอพยพ ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผนการอพยพในแต่ละแผนและสามารถคาดการณ์การเลือกใช้แผนการอพยพตามสถานการณ์การเกิดเหตุฉุกเฉิน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักวางแผนการจราจรและขนส่งในวางแผนและการนำแผนไปปฏิบัติใช้จริงเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

การประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพที่มีระดับความรุนแรงแตกต่างกัน งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองการอพยพของสถานีรถไฟฟ้า ที่ปรึกษาอ้างอิงจากแผนการอพยพของบริษัท รถไฟฟ้าและทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยแผนการอพยพดังกล่าวเป็นแผนการอพยพเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย ซึ่ง



เป็นเหตุที่มีระดับความรุนแรงมากและต้องการการอพยพอย่างเร่งด่วน เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอาจมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลต่อการบริหารจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการอพยพ ได้แก่ บันได บันไดเลื่อน ทางออกฉุกเฉิน เป็นต้น และระยะเวลาในการอพยพเป็นระยะเวลาที่ผู้โดยสารทราบถึงการอพยพและมีการเตรียมพร้อมเพื่ออพยพ โดยไม่รวมระยะเวลาในการแจ้งเหตุฉุกเฉิน และระยะเวลาในการควบคุมกลุ่มผู้โดยสารที่ขึ้นตระหนก

ด้วยเหตุดังกล่าว การดำเนินงานขั้นต่อไปควรมีการประเมินประสิทธิภาพแผนการอพยพที่มีระดับความรุนแรงน้อยไปจนถึงระดับความรุนแรงมาก เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแต่ละแผน และมีแผนการอพยพไว้รองรับเมื่อเหตุการณ์เกิดขึ้น รวมทั้งพฤติกรรมคนก่อนการรับรู้เหตุฉุกเฉินเพื่อเป็นแนวทางในการประเมินแผนในการควบคุมกลุ่มผู้โดยสาร

บรรณานุกรม

- การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2554). การรถไฟแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก <http://www.thairailtech.or.th/>
- การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2559). ประวัติความเป็นมาและการจัดตั้ง รฟม. 28 สิงหาคม 2559. <https://www.mrta.co.th/th/index.php>.
- กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555. (2556). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 130, ตอนที่ 2 ก, (9 มกราคม 2556).
- ดร.นุกูล สุขสุวรรณ.(ม.ป.ป.).วิศวกรรมจราจรเบื้องต้น. สืบค้นจาก <http://drr14.drr.go.th>
- ดร.นรรัตน์ วัฒนมงคล. (2556). ทฤษฎีแถวคอย(Queueing Theory). สืบค้นจาก <http://www.ee.buu.ac.th>.
- พฤติกรรมมนุษย์. August 24, 2018, จาก <https://www.novabizz.com/NovaAce/Behavior/>
- ใช้งานทางหนีไฟอย่างไรให้ปลอดภัยและถูกวิธี .August 24, 2018, จาก <https://www.novabizz.com/NovaAce/Behavior/>
- Chen, S., Di, Y., Liu, S., & Wang, B. (2017). Modelling and Analysis on Emergency Evacuation from Metro Stations. Mathematical Problems in Engineering. Accessed from <https://doi.org/10.1155/2017/2623684>
- China Association of Metros, 2016 Statistical Report for Urban Rail Transit in China, China Association of Metros, Beijing, China, 2017
- Code, L. S. (2009). NFPA 101®. National Fire Protection Association, 470.
- Gupta, A., & Pundir, N. (2015). Pedestrian Flow Characteristics Studies: A Review. Transport Reviews. Accessed from <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1017866>
- Helbing, D., & Molnár, P., 1995. Social force model for pedestrian dynamics. Physical Review E, 51(5), 4282-4286
- Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. Nature. Accessed from <https://doi.org/10.1038/35035023>
- Johansson A., 2009. “Data-Driven Modeling of Pedestrian Crowds”. Ph.D.Thesis of Technische University at Dresden
- Kalakou, S., & Moura, F. (2014). Bridging the Gap in Planning Indoor Pedestrian Facilities. Transport Reviews. Accessed from <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.915441>



- Kowloon-Canton Railway Corporation, Fed 2004. LegCo Panel on Transport Subcommittee on Matters Relating to Railways Preventive and Response Measures for Emergency Incidents
- National Fire Protection Association. (1995). NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit Systems. National Fire Protection Association, Massachusetts.
- National Fire Protection Association. (1999). NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems (2002). National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association. (2005). NFPA 220: Standard on Types of Building Construction. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association. (2005). NFPA 251: standard methods of tests of fire resistance of building construction and materials. The Association.
- National Fire Protection Association, “Standard for fixed guideway Transit and passenger rail systems”, Tech. Rep. 130, 2010.
- National Fire Protection Association. (2013). NFPA 14: Standard for The Installation of Standpipe and Hose System. Quincy: sn.
- Navid Bayat.(2018).Panic and Human Behavior in Fire & Emergency Situations. August 24, 2018, from <https://www.novabizz.com/NovaAce/Behavior/>
- Parisi, D., Gillman, M., & Moldovan, H., 2009. A Modification of the Social Force Model can reproduce experimental data of pedestrian flows in normal conditions. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 388(17), 3600- 3608.
- PTV Planung Transport Verkehr AG., 2012. VISSIM 5.40 User Manual. Karlsruhe, Germany.
- Roca, V., Torres, V., & Kretz, T., 2014. How to Apply Assignment Methods that were Developed for Vehicular Traffic to Pedestrian Microsimulation., 162, 15–23
- Smith, J. M., & Li, W.-J. (2001). Quadratic Assignment Problems and M/G/C/C/ State Dependent Network Flows. Journal of Combinatorial Optimization, 5(4), 421–443. Accessed from <https://doi.org/10.1023/A:1011624708694>
- Transportation Research Board. (2000). Highway capacity manual. Environmental Protection.Retrieved May 8, 2016



ภาคผนวก ก

บทความทางวิชาการ



การประเมินประสิทธิภาพแผนการอพยพผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้า: กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม

บทคัดย่อ

บทความนี้ประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพผู้โดยสารในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูนเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของคนเดิน เพื่อประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพผู้โดยสารออกสู่จุดปลอดภัย ตลอดจนการหาแนวทางในการปรับปรุงแผนการอพยพ แผนการอพยพผู้โดยสารอ้างอิงจากหน่วยงานการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย ประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ 1) การอพยพผู้โดยสารออกสู่พื้นถนน 2) การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟ และ 3) การอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟ แผนการอพยพในแต่ละรูปแบบมีเส้นทางการอพยพและการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้าที่แตกต่างกัน จากมาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Fire Protection Association, NFPA 130) ระบุว่า ระยะเวลาการอพยพจากจุดเกิดเหตุไปยังจุดปลอดภัยควรใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายไม่เกิน 6 นาที จากการประเมินผลระยะเวลาการอพยพของ 3 รูปแบบ พบว่า แผนการอพยพรูปแบบที่ 1 2 และ 3 ใช้ระยะเวลาการอพยพ 2.95 4.43 และ 1.88 นาที เมื่อรวมระยะเวลาการเตรียมตัวก่อนการอพยพ 1 นาที (China Association of Metro, 2016) แผนการอพยพทั้ง 3 แผนจะใช้ระยะเวลาการอพยพทั้งสิ้นไม่เกิน 6 นาที โดยแผนการอพยพที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดคือแผนการอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟ เนื่องจากผู้อพยพส่วนใหญ่อยู่ที่ชั้นชานชาลาที่มีระยะไม่ไกลจากจุดพื้นที่ปลอดภัย

คำสำคัญ: การอพยพเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัย (Fire Evacuation), แบบจำลองการจราจรคนเดิน (Pedestrian Simulation), สถานีรถไฟฟ้า (Metro Station)

1 บทนำ

ปัจจุบันระบบการขนส่งมวลชนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดให้กับประชาชนในสังคมเมือง รถไฟฟ้ามหานคร เป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญในการขนส่งผู้โดยสารบริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปัจจุบันมีการดำเนินงานระบบรถไฟฟ้ามหานครอยู่ 2 สาย ได้แก่ สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) โดยมีเส้นทางการให้บริการอยู่ 2 รูปแบบ คือ เส้นทางรถไฟฟ้าแบบใต้ดิน และเส้นทางรถไฟฟ้าแบบยกระดับ (ลอยฟ้า) ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการรถไฟฟ้ามหานครเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ได้จัดเตรียมแผนการอพยพผู้โดยสารจากภายในสถานีรถไฟฟ้าไปยังจุดปลอดภัยใน

กรณีเกิดเหตุอัคคีภัย ซึ่งประกอบด้วย 3 แผน คือ 1) การอพยพผู้โดยสารออกสู่พื้นถนน เป็นแผนการอพยพแรกที่จะเลือกใช้หากเกิดเหตุอัคคีภัย 2) การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟไฟฟ้า รูปแบบการอพยพนี้จะมีคำสั่งใช้กรณีที่มีบริเวณทางเข้า-ออกสถานีไม่สามารถเข้าถึงได้ หรือไม่มีความปลอดภัยต่อผู้อพยพ เช่น อาจเกิดเหตุน้ำท่วม หรือเหตุจลาจลภายนอกสถานี และ 3) การอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟไฟฟ้า เป็นแผนการอพยพที่จะมีคำสั่งใช้กรณีที่มีสภาพการณ์เช่นเดียวกันรูปแบบการอพยพที่ 2 และรถไฟไฟฟ้าไม่สามารถให้บริการได้

ดังนั้น เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผนการอพยพดังกล่าว บทความวิจัยนี้จึงประเมินระยะเวลาการอพยพในแต่ละแผน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคสำหรับคนเดินที่มีชื่อว่า PTV Viswalk ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีความสามารถไม่เฉพาะในการจำลองสภาพการจราจรยานพาหนะ แต่ยังสามารถจำลองสภาพการจราจรของคนเดินภายในสถานีรถไฟไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นประโยชน์ต่อนักวางแผนการขนส่งและจราจรในการออกแบบและประเมินผลสถานการณ์ต่าง ๆ ต่อไป

2 มาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยของอเมริกา (National Fire Protection Association :NFPA 130)

มาตรฐาน NFPA 130 (NFPA, 1995) คือมาตรฐานสำหรับระบบการขนส่งทางไกลแบบถาวร (Fixed Guideway Transit Systems) และระบบรถไฟโดยสาร เป็นมาตรฐานการออกแบบรถไฟของอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศที่ยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อกำหนดการออกแบบเป็นของตนเอง เช่น ประเทศอินเดีย ประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น

มาตรฐาน NFPA 130 เป็นหนึ่งในมาตรฐานที่เข้มงวดมากและไม่สามารถใช้กับรถไฟแบบเก่าที่สร้างขึ้นก่อน ปี ค.ศ. 1983 ถ้ามาตรฐานนี้ถูกบังคับใช้อย่างเข้มงวดทั้งหมดกับโครงสร้างอุโมงค์และโครงสร้างภายในสถานีมักทำให้โครงสร้างมีขนาดใหญ่และมีต้นทุนในการก่อสร้างที่สูง ดังนั้นมาตรฐาน NFPA 130 หลาย ๆ ประเทศจึงมักถูกนำบางส่วนของมาตรฐานมาประยุกต์ใช้ เช่น ประเทศแถบอเมริกาเหนือ โดยนำมาตรฐานบางส่วนที่เกี่ยวกับโครงสร้างใต้ดินมาประยุกต์ใช้เป็นกฎหมาย ข้อบังคับ หรือข้อแนะนำการดำเนินงานดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 การใช้มาตรฐาน NFPA 130 ในแถบอเมริกาเหนือ (USA, CANADA)

Country	City	Agency	Use of NFPA 130	
			Law	Guideline
USA	Chicago	Chicago Transit Authority (CTA)	○	
	Cleveland	Greater Cleveland RTA	○	
	Atlanta	Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority (MARTA)	○	
	Buffalo	Niagara Frontier Transportation Authority		○
	Pittsburgh	Port Authority of Allegheny County (PTA)	○	
	New York	Port Authority Trans-Hudson Corp.		○
	San Francisco	San Francisco Bay Area Rapid Transit District (BART)		○
	Pennsylvania	Southeastern Pennsylvania Transportation Authority (SEPTA)		○
	Los Angeles	Los Angeles County Metropolitan Transportation	○	
	Washington DC	Washington Metropolitan Area Transit Authority (WMATA)	○	
CANADA	Montreal	Societe de Transport de la Communaute Urbaine de Montreal	○	
	Tronto	Tronto Transit Commission		○

ที่มา : การประยุกต์ใช้คำแนะนำสำหรับ the Egress Element ของมาตรฐานการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัย สำหรับระบบการขนส่งทางไกลแบบถาวร (Fixed Guideway Transit Systems) 1998, Martin P. Schachenmayr

ความปลอดภัยของผู้โดยสารในสถานีจะประเมินจากระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ โดย NFPA 130 กำหนดไว้ดังนี้

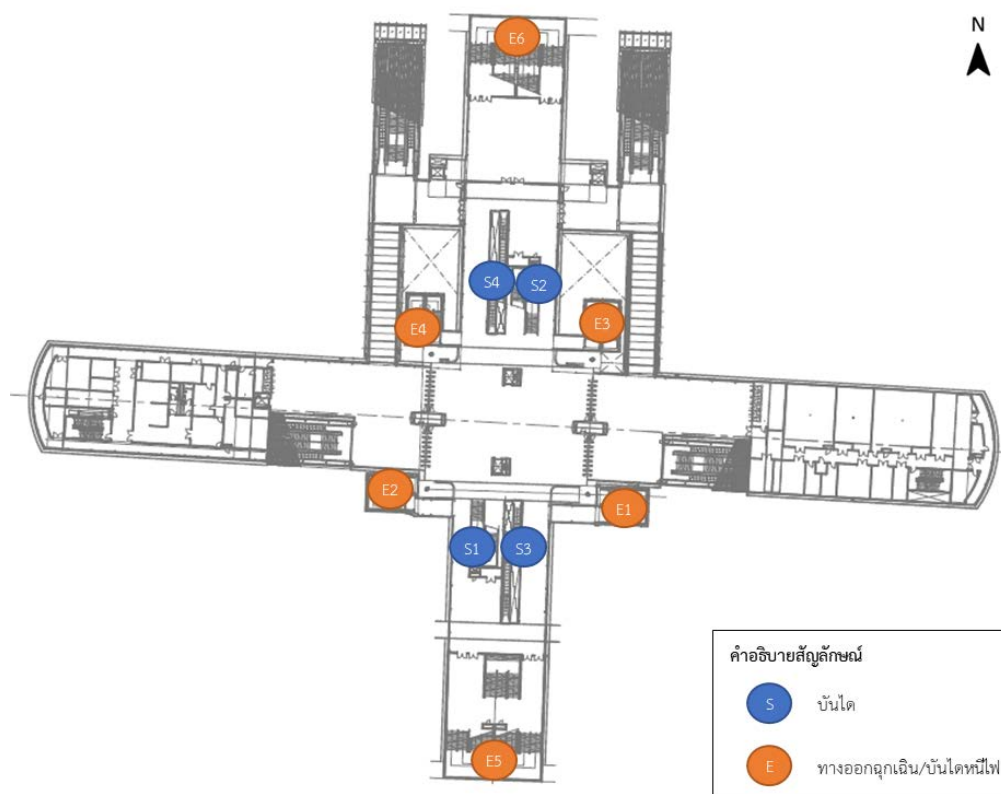
- เวลาที่ใช้ในการอพยพจากชานชาลา ควรมีทางออกที่เพียงพอในเคลื่อนย้ายคนออกจากสถานี โดยควรใช้เวลาในการอพยพไม่เกิน 4 นาที ทั้งนี้การอพยพจะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโดยการประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้น
- ระยะเวลากการอพยพจากจุดเกิดเหตุไปยังจุดปลอดภัย ควรคำนึงถึงสิ่งทีปลอดภัยและอพยพได้มากที่สุด ควรใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายไม่เกิน 6 นาที

3 แผนการอพยพผู้โดยสาร

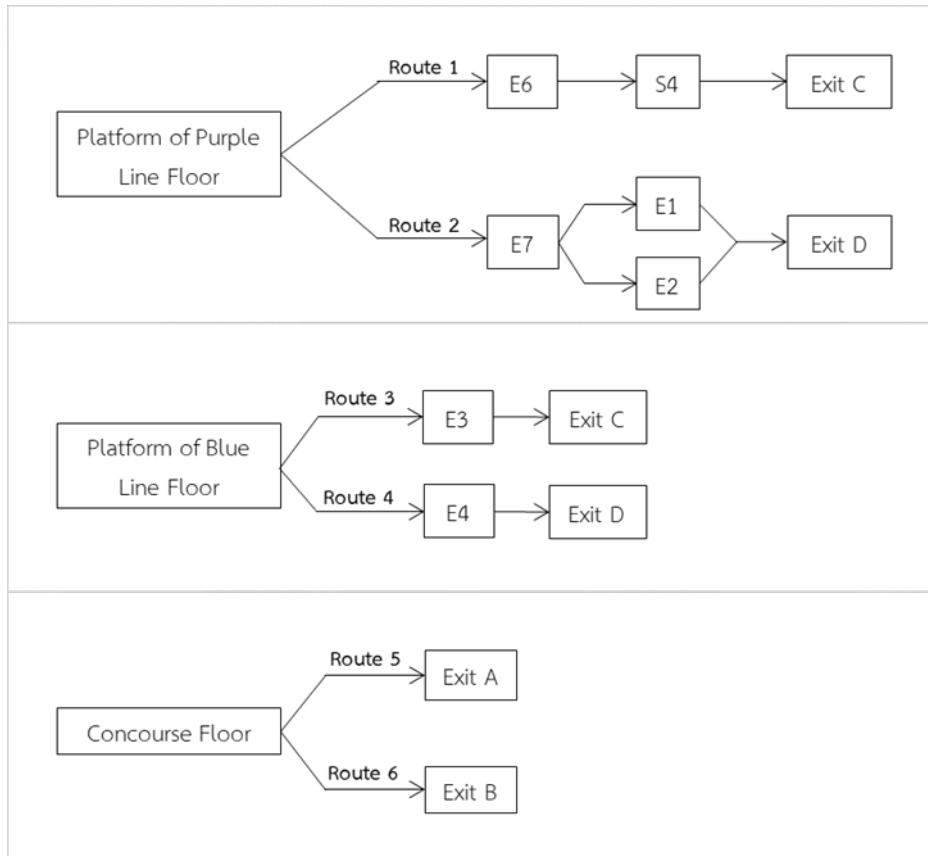
การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ทำแผนการอพยพสำหรับสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

2) การอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟไฟฟ้า และ 3) การอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟ แสดงดังรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4 ตามลำดับ

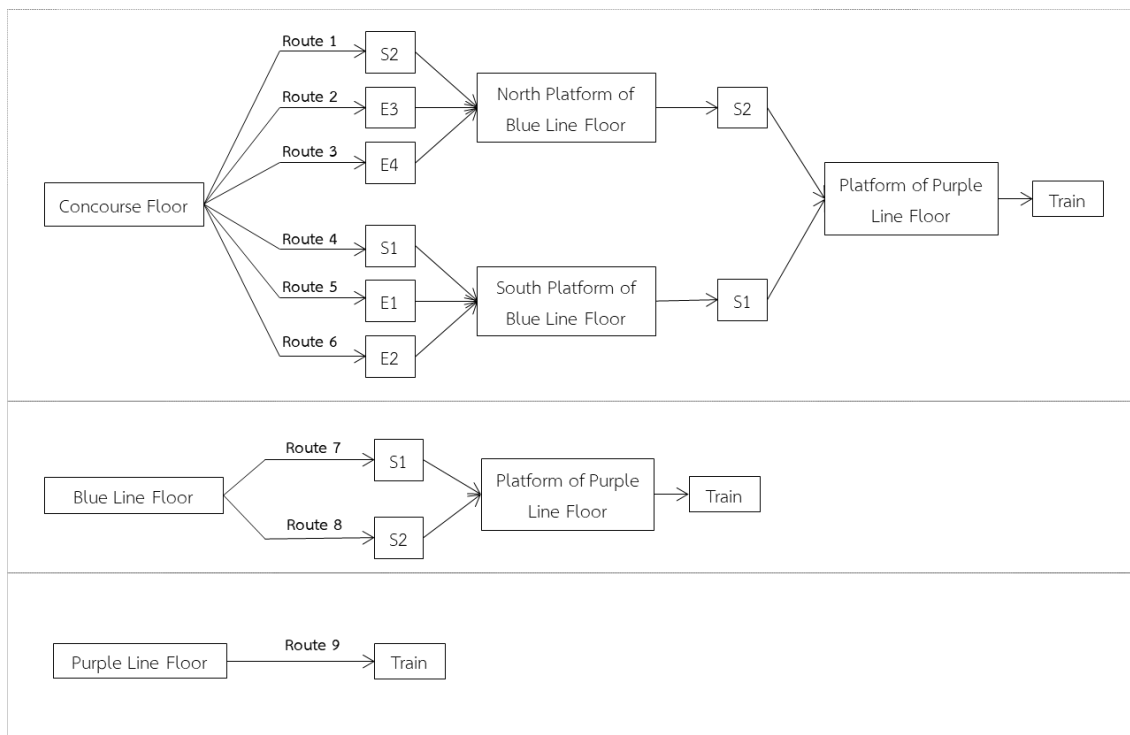
ตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการอพยพ ได้แก่ บันได บันไดหนีไฟ/ทางออกฉุกเฉิน ตั้งแต่ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Floor) ขึ้นชานชาลาสายสีน้ำเงิน และชั้นชานชาลาสายมีม่วง แสดงดังรูปที่ 1



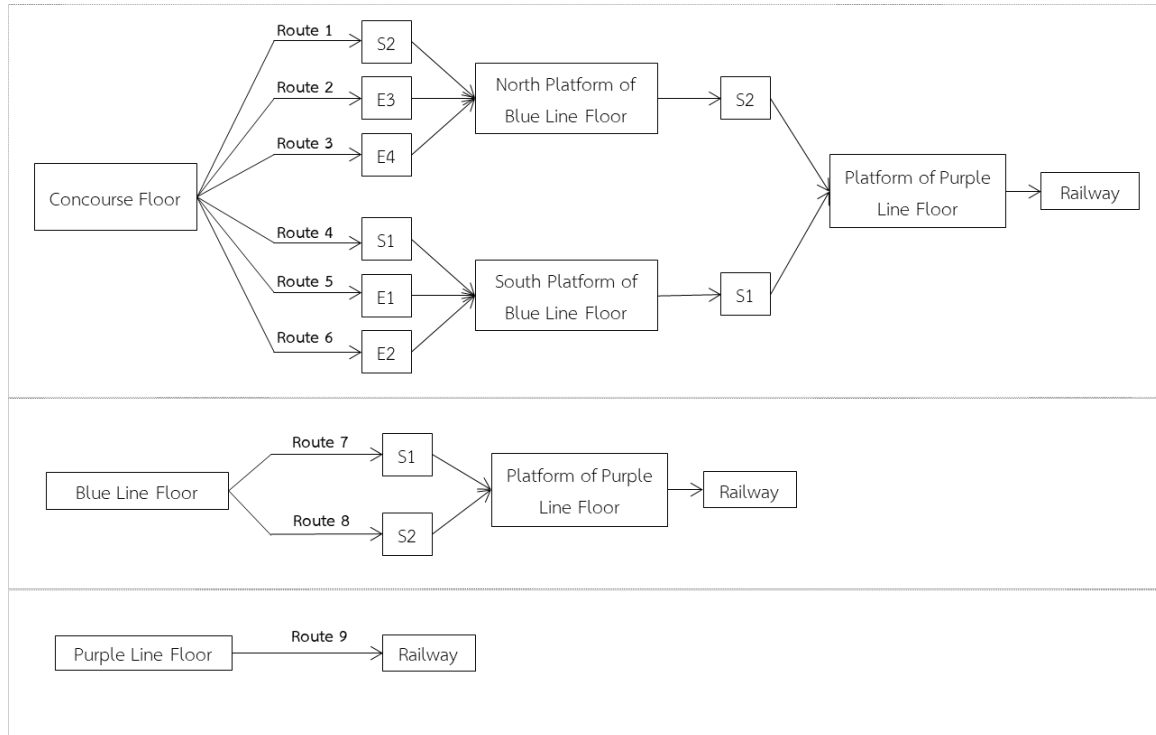
รูปที่ 1 ตำแหน่งบันได/ทางออกฉุกเฉินภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 2 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 1



รูปที่ 3 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 2



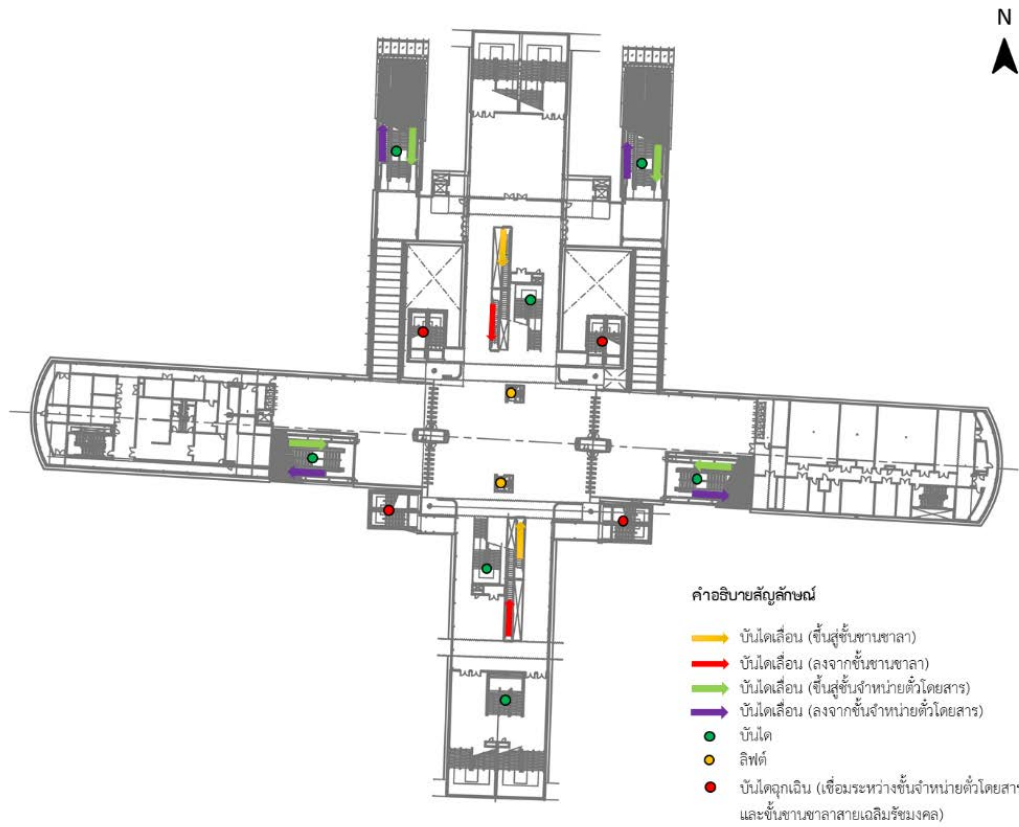
รูปที่ 4 แผนผังเส้นทางการอพยพ กรณีการอพยพรูปแบบที่ 3

4 สภาพทั่วไปของการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

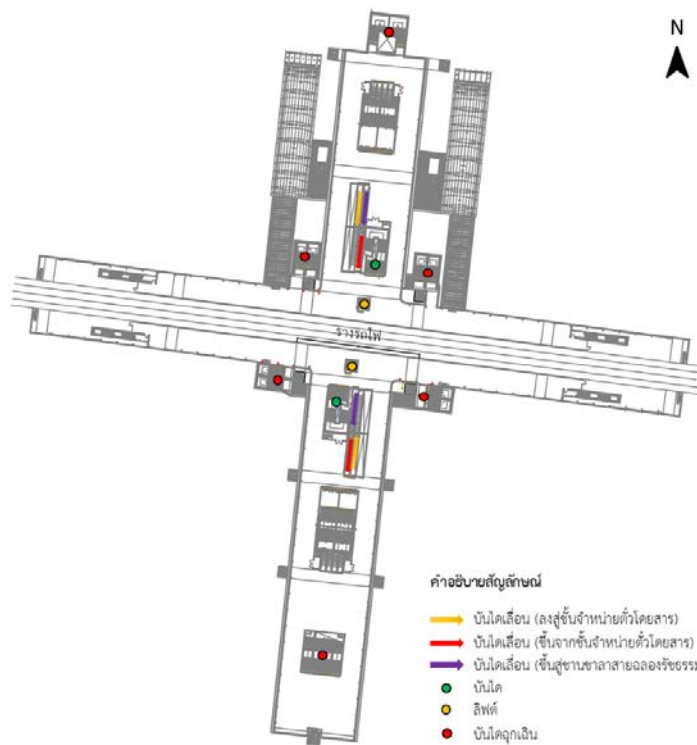
โดยในการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพแผนการอพยพผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้า: กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม แบ่งการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบจำลองออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

4.1 โครงสร้างตัวสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

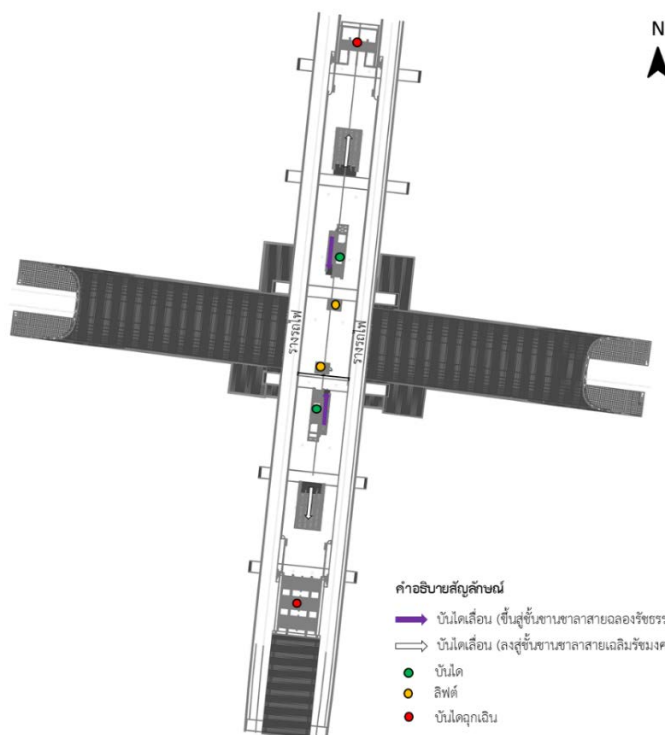
สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม เป็นสถานีเชื่อมต่อระหว่างสายฉลองรัชธรรมและสายเฉลิมรัชมงคล โครงสร้างของตัวสถานีเป็นโครงสร้างเหนือพื้นดิน (Superstructure) จำนวน 3 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นห้องโถงหรือชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Floor) ชั้นชานชาลารถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล และชั้นชานชาลารถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม โดยแบบแปลนทางเข้าออกสถานี และแบบแปลนของชั้นอื่น ๆ แสดงดังรูปที่ 5 ถึง รูปที่ 7



รูปที่ 5 แบบแผนชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



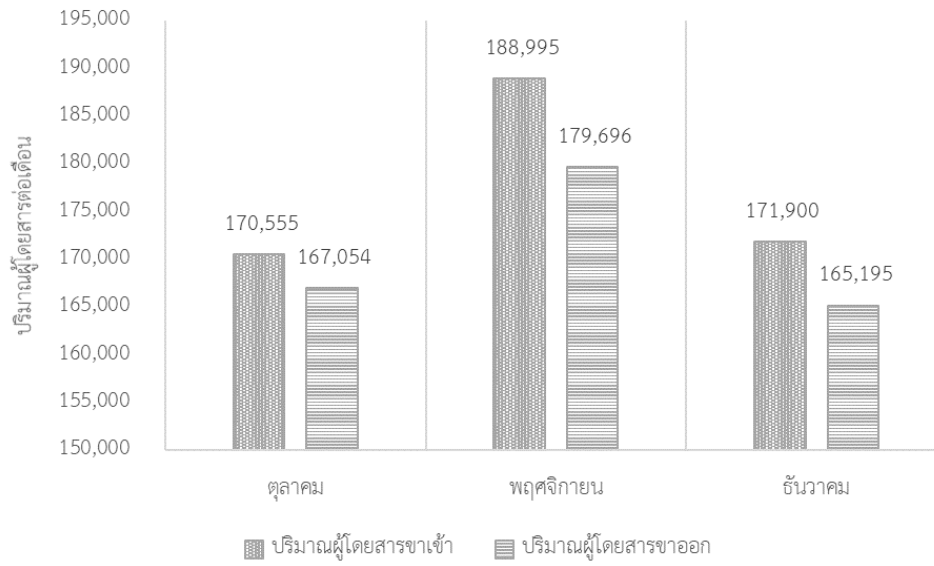
รูปที่ 6 แบบแผนชั้นชานชาลาสายเฉลิมรัชมงคล สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



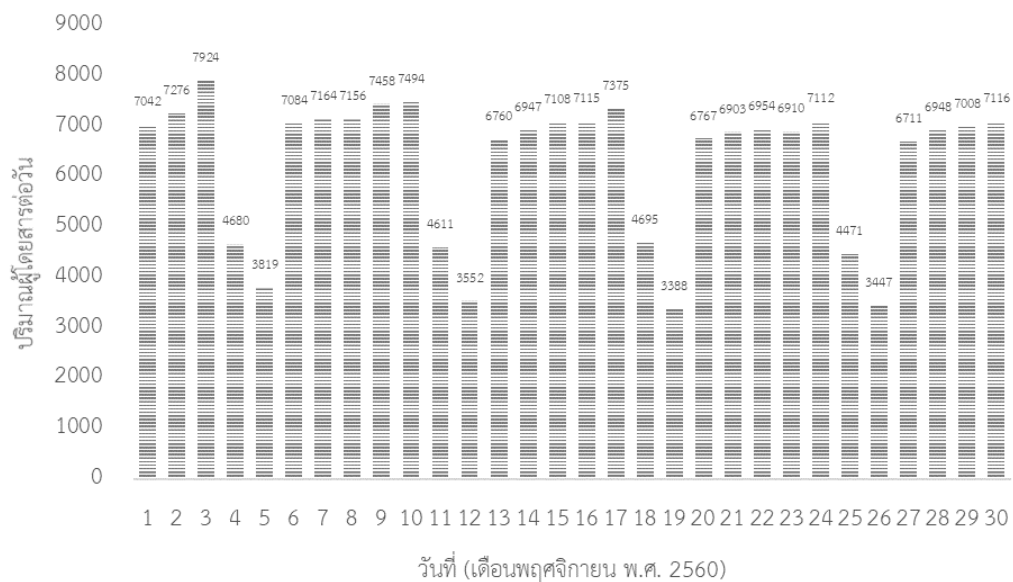
รูปที่ 7 แบบแปลนชั้นชานชาลาสายลงรัชธรรม สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

4.2 ปริมาณผู้โดยสาร

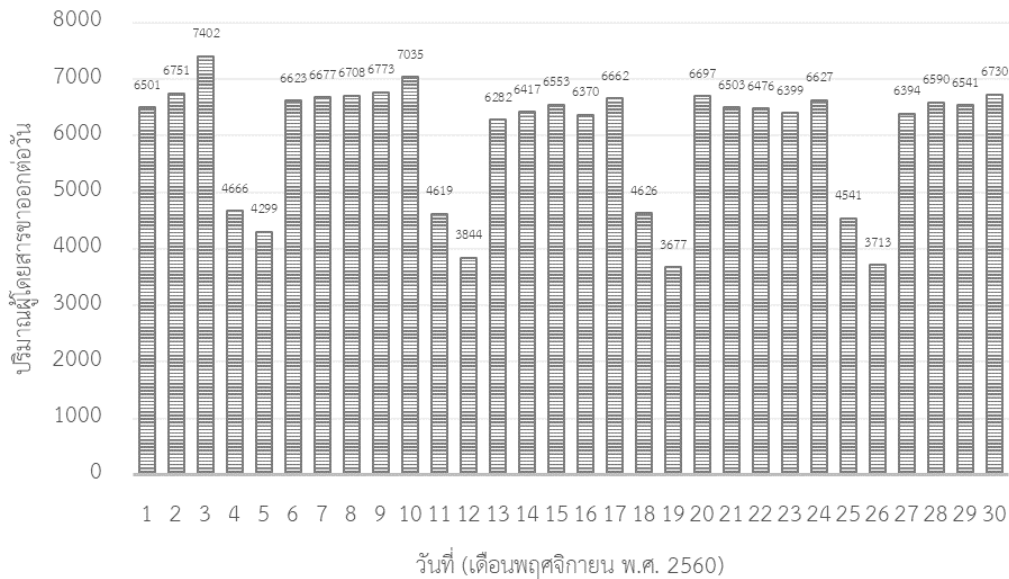
จำนวนผู้อพยพเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการประเมินระยะเวลาการอพยพ เนื่องจากหากมีจำนวนผู้อพยพมากเกินไปความจุของสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น บันได บันไดเลื่อน จะทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพเพิ่มตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้สามารถระบุถึงประสิทธิภาพของแผนการอพยพ บทความนี้จึงรวบรวมข้อมูลปริมาณผู้โดยสารเข้า-ออกสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน ตั้งแต่เดือนตุลาคมจนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 แสดงดังรูปที่ 8 และปริมาณผู้โดยสารเข้าและออกสถานีภายในเดือนพฤศจิกายนแสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 8 ปริมาณผู้โดยสารเข้า-ออกสถานี เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560



รูปที่ 9 ปริมาณผู้โดยสารเข้าสู่สถานี เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560



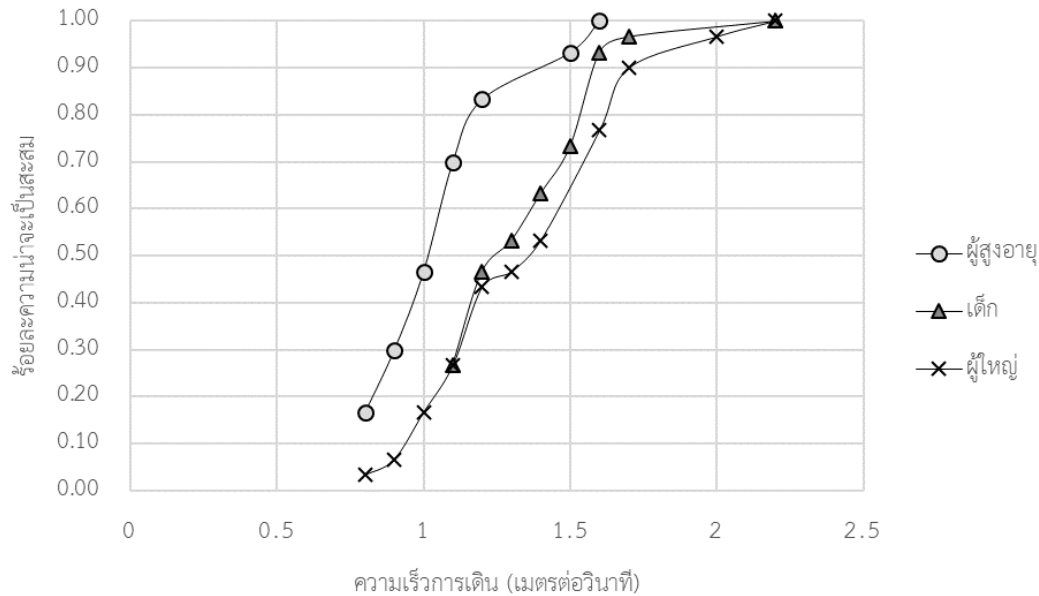
รูปที่ 10 ปริมาณผู้โดยสารที่ออกจากสถานี เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560

จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผู้โดยสารเข้า-ออกสถานีภายในเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณสูงสุด ดังนั้นเพื่อเป็นการประเมินในกรณีสถานการณ์เลวร้ายที่สุด (Worst-case Scenario) ปริมาณผู้โดยสารเข้า-ออกสถานีภายในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 จึงถูกนำไปวิเคราะห์ต่อในแบบจำลอง

สำหรับปริมาณผู้โดยสารที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลอง จะมีค่าเท่ากับจำนวนผู้โดยสารรายวันที่มีค่าสูงสุดภายในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นนำไปคูณปรับเทียบเป็นจำนวนผู้โดยสารรายชั่วโมง โดยใช้ตัวคูณปรับเป็นรายชั่วโมงสูงสุด (Peak-hour Volume Adjustment Factor) โดยตัวคูณดังกล่าวอ้างอิงจากรายงานสรุปผลการดำเนินการประจำปี พ.ศ. 2558 (โครงการระบบรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.17

4.3 ความเร็วการเดินทาง

นอกจากปริมาณผู้โดยสารในสถานีที่มีความสำคัญต่อแบบจำลอง ความเร็วการเดินทางยังเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองการอพยพ บทความนี้สำรวจข้อมูลความเร็วการเดินทางจากไฟล์วิดีโอกล้องวงจรปิด ความเร็วการเดินทางบนพื้นราบจากการสำรวจจำแนกตามช่วงอายุ อยู่ในรูปแบบของกราฟความถี่สะสม (Cumulative Distribution Function) ดังแสดงในรูปที่ 11 สำหรับความเร็วการเดินทางขึ้นลงบนสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น บันได บันไดเลื่อน แสดงดังตารางที่ 2



รูปที่ 11 กราฟความถี่สะสมของความเร็วการเดินจำแนกตามช่วงอายุ

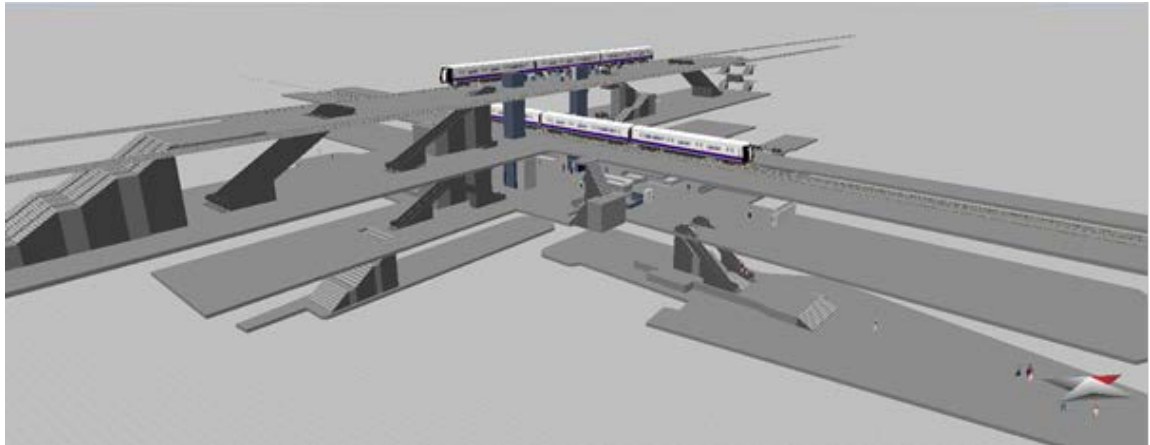
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความเร็วการเดินจากการสำรวจ

ช่วงอายุ	ความเร็วการเดิน (เมตรต่อวินาที)		
	เดินพื้นราบ	เดินขึ้นบันได	เดินลงบันได
เด็ก	1.36	0.61	0.75
ผู้ใหญ่	1.45	0.82	1.15
ผู้สูงอายุ	1.09	0.55	0.81

5 แบบจำลองการจราจรคนเดิน (Pedestrian Traffic Simulation)

บทความนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคสำหรับคนเดินที่มีชื่อว่า PTV Viswalk (PTV, 2012) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพผู้โดยสารที่สถานีรถไฟฟ้าเตาปูนที่กำหนดโดย รฟม. การสร้างแบบจำลองการจราจรสำหรับคนเดิน ประกอบด้วย การสร้างโครงสร้างพื้นฐานของตัว สถานีรถไฟฟ้า การกำหนดพฤติกรรมของคนเดินในการซื้อตั๋วโดยสาร ความเร็วในการเดินของคนเดิน สัดส่วนการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกบันได บันไดเลื่อน ลิฟต์ การจำลองขบวนรถไฟฟ้าที่เข้าสู่และออกจากสถานี ตัวอย่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 14

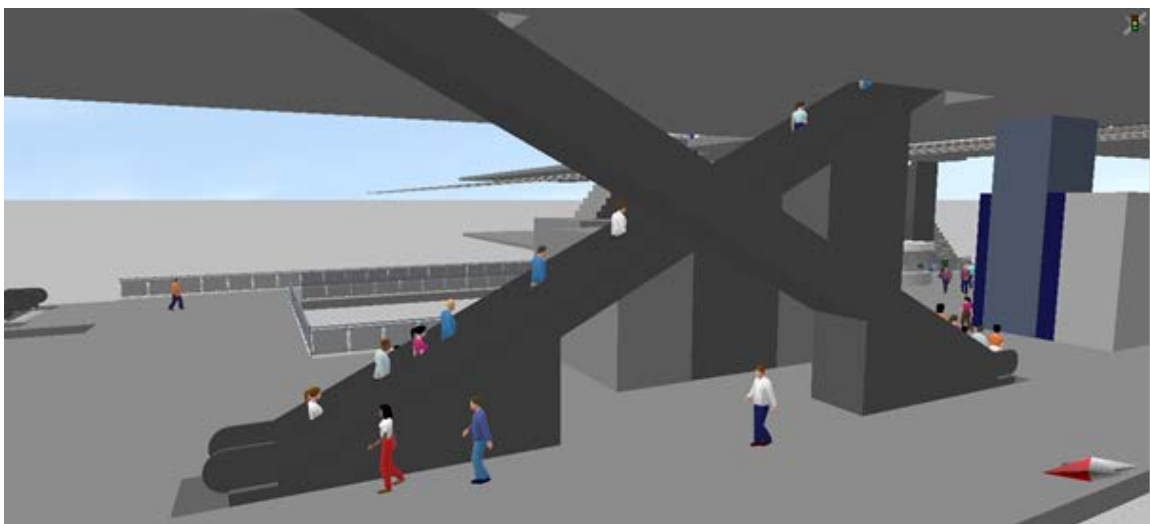
นอกจากนี้จำนวนผู้อพยพในแบบจำลองประกอบด้วย ผู้โดยสารภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร จำนวน 50 คน ผู้โดยสารในชั้นชานชาลาสายเฉลิมรัชมงคล จำนวน 483 คน และผู้โดยสารในชั้นชานชาลา สายฉลองรัชธรรม จำนวน 332 คน



รูปที่ 12 แบบจำลองการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน



รูปที่ 13 การจำลองพฤติกรรมของคนเดินภายในชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร



รูปที่ 14 การจำลองสิ่งอำนวยความสะดวกบันไดเลื่อน



6 การประเมินผลแบบจำลอง

บทความนี้ประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพ โดยตัวชี้วัดที่ประเมิน ได้แก่ ระยะเวลาการอพยพ อัตราการไหลของผู้อพยพ และความหนาแน่นจากการอพยพ ผลการประเมินในแต่ละแผนการอพยพมีดังนี้

6.1 รูปแบบที่ 1 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกสู่ระดับถนน

การอพยพรูปแบบที่ 1 เป็นการอพยพผู้โดยสารแต่ละชั้นสู่ทางออกจำนวน 4 ทางออก ได้แก่ ทางออก A B C และ D โดยในแต่ละเส้นทางการอพยพจะถูกเจ้าหน้าที่จัดสรรให้ไปสู่ทางออกที่กำหนดไว้เพื่อให้ใช้ระยะเวลาการอพยพที่สั้นที่สุด ผลการประเมินระยะเวลาการอพยพ และอัตราการไหลการอพยพแสดงดังตารางที่ 3 และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 15

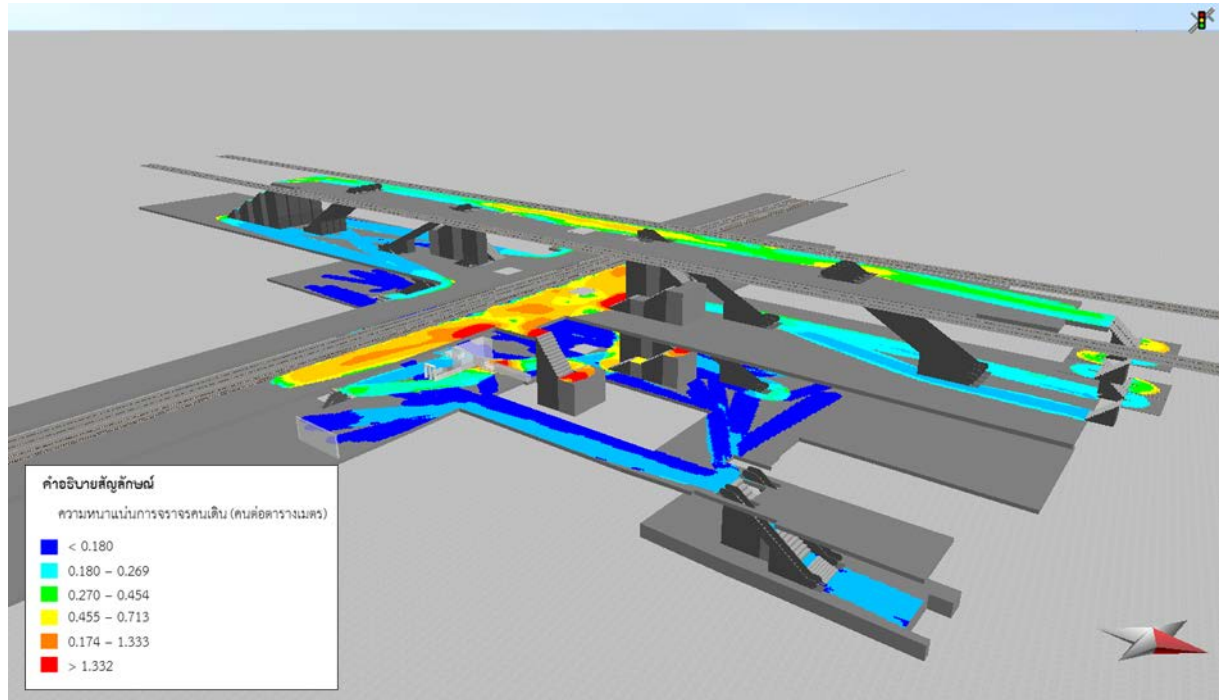
ตารางที่ 3 ระยะเวลาและอัตราการไหลของการอพยพ (การอพยพรูปแบบที่ 1)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหล (คนต่อนาที)
Route 1	2.85	57
Route 2	2.95	58
Route 3	1.83	82
Route 4	1.62	94
Route 5	0.87	11
Route 6	0.72	11

จากตารางที่ 3 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 1 โดยวิเคราะห์เส้นทางการอพยพตามจุดเริ่มต้นการอพยพจนถึงทางออก ดังนี้

- เส้นทางการอพยพจากชั้นชานชาลาสายฉลองรัชธรรม คือ Route 1 และ Route 2 ซึ่งทั้ง 2 เส้นทางเป็นเส้นทางที่ระยะเวลาการอพยพสูงสุด เนื่องจากผู้โดยสารต้องอพยพจากชั้นบนสุดของสถานีเพื่อมายังทางออกสถานี แต่อย่างไรก็ตามหากคิดรวมระยะเวลาการเตรียมการก่อนอพยพ (สมมติใช้เวลาเตรียมการอพยพ 1 นาที) ระยะเวลาการอพยพที่ใช้ทั้งหมดจะมีค่าไม่เกิน 4 นาที
- เส้นทางการอพยพจากชั้นชานชาลาสายฉลองรัชธรรม คือ Route 3 และ Route 4 ซึ่งเส้นทางทั้ง 2 เส้นทางใช้ระยะเวลาการอพยพที่ใกล้เคียงกัน และใช้ระยะเวลาไม่เกิน 2 นาทีในการอพยพ เนื่องจากการจัดสรรตำแหน่งของบันไดฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม ทำให้ผู้อพยพสามารถเข้าถึงบันไดฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็ว

- เส้นทางอพยพที่จากชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร คือ Route 5 และ Route 6 เป็นเส้นทางอพยพที่ใกล้ที่สุด และเป็นชั้นที่มีความหนาแน่นการจราจรคนเดินน้อยที่สุด จึงทำให้การอพยพดำเนินการเสร็จสิ้นได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 15 ความหนาแน่นการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (การอพยพรูปแบบที่ 1)

6.2 รูปแบบที่ 2 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟฟ้

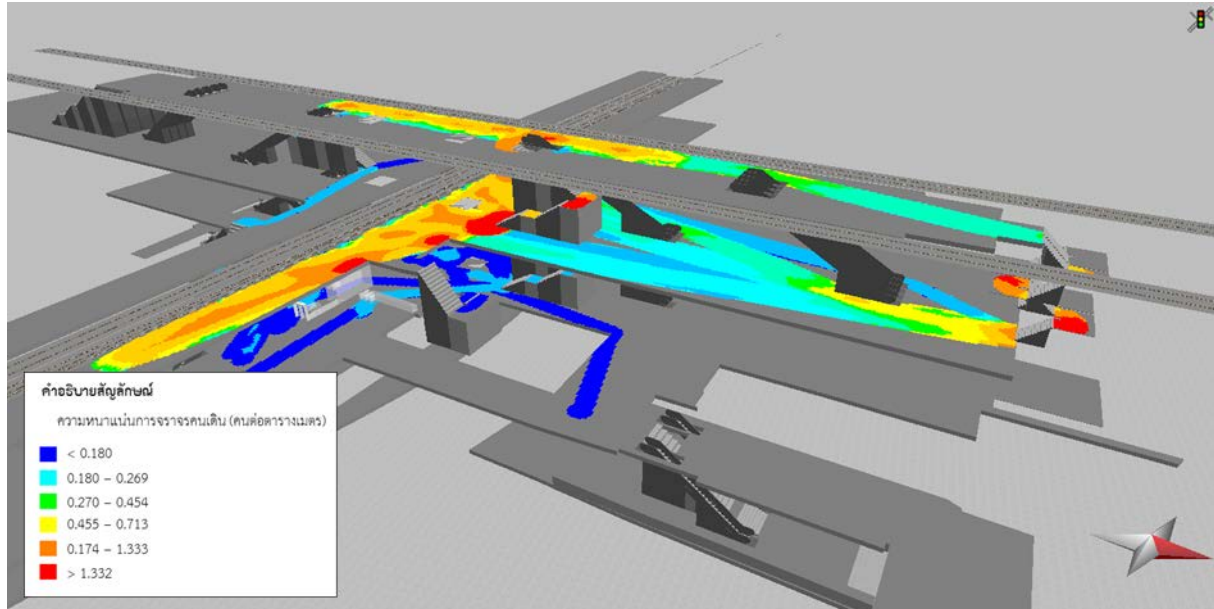
ผลการประเมินระยะเวลาและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4 และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 16

ตารางที่ 4 ระยะเวลาและอัตราการไหลของการอพยพ (การอพยพรูปแบบที่ 2)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหล (คนต่อนาที)
Route 1	3.6	1
Route 2	3.7	2
Route 3	4.5	1
Route 4	4.3	1
Route 5	4.3	0
Route 6	4.4	2
Route 8	3.9	87
Route 9	2.1	154

จากตารางที่ 4 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางอพยพรูปแบบที่ 2 เป็นการอพยพผู้โดยสารโดยรถไฟฟ้ ดังนั้นผู้โดยสารต้องรอขบวนรถไฟฟ้เพื่อทำการอพยพออกจากสถานี ทั้งนี้บทความนี้ใช้

สมมติฐานของความถี่ของขบวนรถไฟฟ้าเท่ากับ 5 นาที จึงทำให้มีผู้จำนวนผู้โดยสารแออัดอยู่บริเวณชั้นชานชาลา ส่งผลให้ระยะเวลาการอพยพเพิ่มสูงขึ้น และไม่สามารถอพยพผู้โดยสารที่รออยู่บริเวณชานชาลาภายในหนึ่งครั้งได้ จึงทำให้ผู้โดยสารต้องรอรถไฟฟ้าขบวนถัดไปในการอพยพออกจากสถานี



รูปที่ 16 ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (การอพยพรูปแบบที่ 2)

6.3 รูปแบบที่ 3 : แบบจำลองการอพยพผู้โดยสารออกโดยทางวิ่งรถไฟฟ้า

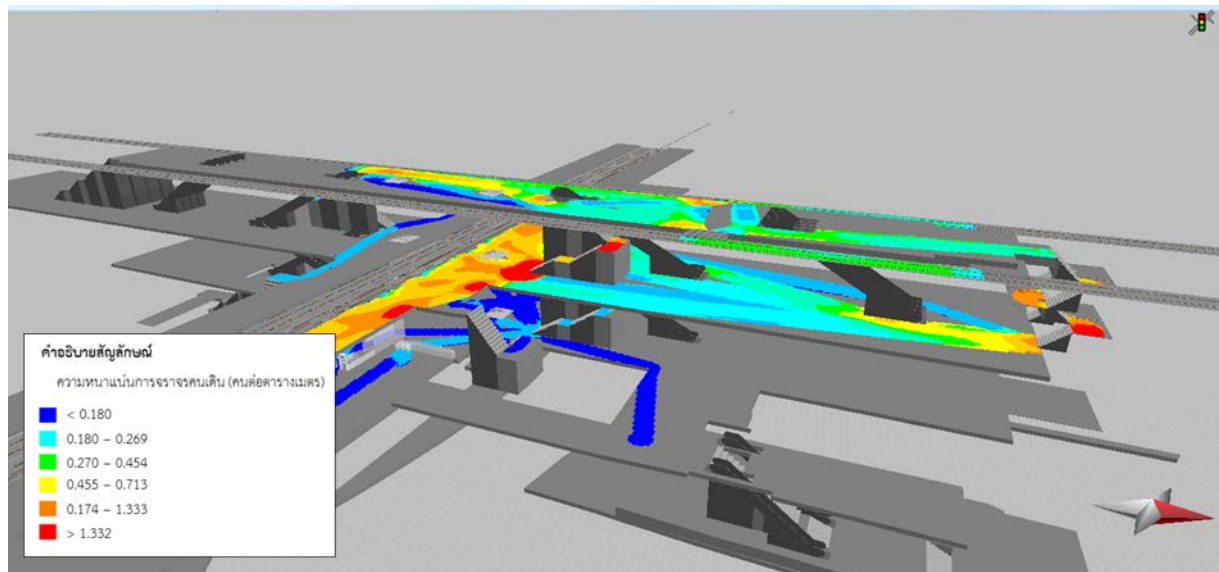
ผลการประเมินระยะเวลา จำนวนและอัตราการไหลการอพยพในรูปแบบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 5 และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพแสดงดังรูปที่ 17

ตารางที่ 5 ระยะเวลาและอัตราการไหลของการอพยพ (การอพยพรูปแบบที่ 3)

เส้นทางอพยพ	ระยะเวลาการอพยพ (นาที)	อัตราการไหล (คนต่อนาที)
Route 1	1.8	4
Route 2	1.8	5
Route 3	1.7	2
Route 4	1.8	2
Route 5	1.9	2
Route 6	1.8	4
Route 8	1.6	211
Route 9	1.0	337

จากตารางที่ 5 การประเมินผลแบบจำลองเส้นทางการอพยพรูปแบบที่ 3 ซึ่งเป็นรูปแบบการอพยพโดยการเดินไปตามรางรถไฟฟ้าไปสู่อีกสถานี โดยระยะเวลาการอพยพจะสั้นกว่าการอพยพรูปแบบที่ 2

เนื่องจากผู้โดยสารทำการอพยพโดยการเดินไปตามทางรถไฟได้โดยไม่ต้องขบวนรถไฟ เพื่อความปลอดภัยต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ในการนำทาง



รูปที่ 17 ความหนาแน่นการจราจรภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (การอพยพรูปแบบที่ 3)

7 สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพผู้โดยสารภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคสำหรับคนเดิน เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพภายในสถานี ในแบบจำลองสามารถกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนผู้อพยพ ตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการอพยพ (บันไดและบันไดฉุกเฉิน) ตลอดจนถึงความเร็วในการเดินในแต่ละชั้นของสถานี ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร ชั้นที่ 2 ชั้นชานชาลาสายเฉลิมรัชมงคล และชั้นที่ 3 ชั้นชานชาลาสายฉลองรัชธรรม โดยเส้นทางการอพยพ สัดส่วนการเลือกใช้บันไดและบันไดฉุกเฉิน อ้างอิงจากแผนการอพยพสถานี สายสีม่วง จำนวน 3 แผน ประกอบด้วย 1) การอพยพผู้โดยสารสู่ระดับพื้นถนน 2) การอพยพผู้โดยสารโดยใช้รถไฟฟ้า และ 3) การอพยพผู้โดยสารโดยทางวิ่งรถไฟฟ้า

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพโดยใช้ตัวชี้วัดระยะเวลาการอพยพ อัตราการไหลการอพยพ และความหนาแน่นการจราจรจากการอพยพ พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพจากจุดไกลที่สุดสู่จุดปลอดภัย ของแผนการอพยพรูปแบบที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.95 4.43 และ 1.88 นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแผนการอพยพรูปแบบที่ 3 ใช้ระยะเวลาการอพยพที่น้อยกว่าแผนการอพยพรูปแบบที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เกิดจากการอพยพโดยรูปแบบที่ 3 เป็นการอพยพโดยใช้ทางรถไฟไฟฟ้าบนชั้นชานชาลาที่ซึ่งมีผู้โดยสารจำนวนมาก ทำให้ผู้โดยสารบนชั้นชานชาลาซึ่งถือเป็นกลุ่มผู้อพยพส่วนใหญ่ สามารถไปยังจุดปลอดภัยได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามหากคำนึงถึงความปลอดภัย แผนการอพยพรูปแบบที่ 3 ยัง



ต้องการการควบคุมและดูแลจากเจ้าหน้าที่อย่างใกล้ชิด นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้รูปแบบที่ 2 ใช้ระยะเวลาการอพยพนานกว่ารูปแบบการอพยพอื่น คือ ความถี่การเข้ามาถึงสถานีของขบวนรถไฟฟ้าที่เข้ามาช่วยเหลือในการอพยพ ในบทความนี้ใช้สมมติฐานความถี่ขบวนรถไฟฟ้าอยู่ที่ 5 นาที ซึ่งถือเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด อย่างไรก็ตามระยะเวลาการอพยพที่ประเมินได้จากแบบจำลองยังไม่ได้มีการคิดรวมถึงระยะเวลาการเตรียมตัวก่อนการอพยพ แต่หากมีการคิดรวมระยะเวลาการเตรียมตัว สมมติใช้ระยะเวลาในการเตรียมตัวอยู่ที่ 1 นาที แผนการอพยพทั้ง 3 แผนจะยังคงใช้ระยะเวลาการอพยพผู้โดยสารไม่เกิน 6 นาที

ข้อเสนอแนะสำหรับบทความวิจัยนี้ในอนาคต คือ ควรมีการประเมินประสิทธิภาพของแผนการอพยพในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากแผนการอพยพที่ได้มีการกำหนดโดยการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทยไว้แล้ว เพื่อเป็นการเสนอแนะแนวทางออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการอพยพให้อีกต่อการอพยพผู้โดยสาร นอกจากนี้ควรคำนึงถึงระดับความรุนแรงของการเกิดเหตุอัคคีภัยที่ต่างกัน ซึ่งย่อมส่งผลกับการจัดสรรสิ่งอำนวยความสะดวก จัดเส้นทางอพยพ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ให้ความช่วยเหลือในการอพยพ

8 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย และบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นต่อการสร้างแบบจำลองการจราจรคนเดินภายในสถานีรถไฟฟ้าเตาปูน

9 เอกสารอ้างอิง

- China Association of Metros. (2016). Statistical Report for Urban Rail Transit in China, China Association of Metros, Beijing, China, 2017, 2017 (Chinese).
- National Fire Protection Association. (1995). NFPA 130 Standard for Fixed Guideway Transit Systems. National Fire Protection Association, Massachusetts.
- PTV Planung Transport Verkehr AG. (2012). VISSIM 5.40 User Manual. Karlsruhe, Germany.

