การจัดทำแบบจำลองการเดินรถไฟฟ้าสายสีม่วงด้วยโปรแกรม TrueLine
PURPLE LINE MASS TRANSIT MODELING BY TRUELINE PROGRAME

ณัฐกมล คุณรัตนาภรณ์[1] และ บุญชัย แสงเพชรงาม[2]

[1,23] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบัน รถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงสถานีคลองบางไผ่-เตาปูนมีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ ผู้วิจัยจึงต้องการสร้างแบบจำลองการเดินรถไฟฟ้าเพื่อทดสอบการลดเวลาการเดินรถไฟฟ้า โดยทำการจอดรถข้ามสถานีที่มีผู้ใช้บริการน้อยและปรับลดเวลาจอดรถไฟฟ้าที่แต่ละสถานี โดยงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลเชิงสถิติของจำนวนผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงสถานีคลองบางไผ่-เตาปูนในเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2565 จากการศึกษาพบว่าการข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่ โดยคงระยะเวลาจอดรถที่สถานีอื่นไว้เท่าเดิมที่ 20 วินาที จะสามารถลดเวลาการเดินรถลงได้ 6.55% ในขณะที่การข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่และสถานีบางรักใหญ่ โดยคงระยะเวลาจอดรถที่สถานีอื่นไว้เท่าเดิมที่ 20 วินาที จะสามารถลดเวลาการเดินรถลงได้ 9.63% สุดท้ายการปรับลดเวลาจอดที่แต่ละสถานีลงเหลือเพียงสถานีละ 15 วินาทีจะสามารถลดเวลาการเดินรถลงได้ 3.23% หรือ 110 วินาที ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้คำนึงถึงตำแหน่งของประแจรางเพื่อเบี่ยงขบวนรถที่มีการจอดข้ามสถานี ความพึงพอใจของผู้โดยสารหากมีการข้ามการจอดบางสถานีในบางช่วงเวลาและช่วงเวลาที่จะทำการปรับให้มีการเดินรถแบบข้ามสถานี

คำสำคัญ: รถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงสถานีคลองบางไผ่-เตาปูน; แบบจำลองการเดินรถไฟฟ้า; ลดเวลาการเดินรถไฟฟ้า

Abstract

Nowadays, the MRT Purple Line during Khlong Bang Phai - Tao Poon station has fewer users than expected. Therefore, the researcher wanted to create a model to test the reduction of train operating time by parking across less crowded stations and reducing the time of parking at each station. This research used statistical data on the number of users of the Purple Line during Khlong Bang Phai - Tao Poon station in January 2022. Studies have shown that crossing Sam Yaek Bang Yai Station by keeping the dwell time at other stations the same at 20 seconds can reduce the trip time by 6.55%, while crossing Sam Yaek Bang Yai and Bang Rak Yai stations by keeping the dwell time at other stations the same at 20 seconds can reduce the trip time by 9.63%. Lastly, reducing dwell time of each station to 15 second also decrease trip time by 3.23% which is 110 seconds. Passenger satisfaction if certain stops are skipped at certain times and designed times for cross-station are not considered

Key words: MRT Purple Line during Khlong Bang Phai - Tao Poon station; Train Modeling; Reduce Trip Time

1. คำนำ

ปัจจุบันมีการขยายระบบโครงข่ายรถไฟฟ้าในกรุงเทพและปริมณฑลมากขึ้นเพื่อให้บริการผู้โดยสารรอบตัวเมืองที่มีความต้องการเดินทางเข้ามายังตัวเมือง และเป็นการลดปัญหาการจราจรทางถนนของพื้นที่ตัวเมืองและบริเวณโดยรอบ ทั้งนี้การวางแผนการเดินรถนั้นจำเป็นต้องมีการคำนึงถึงปริมาณผู้โดยสารและเวลาที่ใช้ในการเดินรถ(Trip time) หากสถานีใดที่ไม่มีผู้โดยสารต้องการใช้งานแต่มีการจอดขบวนรถไฟฟ้าจะทำให้ส่งผลต่อเวลาในการเดินรถโดยรวมได้ รายงานฉบับนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาปัญหาในโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงสถานีคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ซึ่งในปัจจุบันใช้เวลาในการเดินรถนานในขณะที่มีจำนวนผู้โดยสารน้อยกว่าค่าที่ประมาณไว้ในขั้นตอนประเมินก่อนเริ่มก่อสร้างโครงการ

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารที่ใช้งานรถไฟฟ้าสายสีม่วงในช่วงเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช2566 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของรางและข้อมูลของขบวนรถไฟที่ใช้ในการเดินรถจริงประกอบไปด้วยความจุของขบวนรถ ข้อมูลมอเตอร์และข้อมูลเบรคของขบวนรถ โดยใช้กรณีศึกษาคือสถานีรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงคลองบางไผ่-แยกเตาปูน มีเส้นทางการเดินรถรวมระยะทาง 23 กิโลเมตร ทั้งหมด 16 สถานี เริ่มที่สถานีคลองบางไผ่ บริเวณคลองบางไผ่ซึ่งเป็นที่ตั้งของศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าถึงสถานีเตาปูน บริเวณแยกเตาปูน ซึ่งเชื่อมต่อกับสถานีบางซื่อของรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล(รถไฟฟ้าใต้ดิน MRT) และในอนาคตจะเชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงบางซื่อ-ท่าพระ และรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงเตาปูน-ราษฎร์บูรณะ

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองการเดินรถจะทำการนำข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวถึงข้างต้นมาทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเดินรถด้วย

โปรแกรมTrueLine ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการจัดตารางการเดินรถไฟจากบริษัท Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation ประเทศญี่ปุ่น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวทางการศึกษาของงานวิจัยในอดีต

รถไฟฟ้าสายสีม่วงมีการศึกษาที่เกี่ยวกับการปรับลักษณะการเดินรถมาแล้วพอสมควรเนื่องจากปัญหาจำนวนผู้โดยสารน้อยกว่าจำนวนที่ทำการประมาณการไว้ในตอนเริ่มโครงการ โดยที่ผ่านมามีการศึกษาการเดินรถแบบเพิ่มจำนวนHeadway, การเปิดใช้ชานชาลาของสถานีเตาปูนให้ครบทั้ง 2 ชานชาลา และการเดินรถแบบShort Loopที่สถานีคลองบางไผ่ ซึ่งจากผลการจำลองในงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าเวลาที่ใช้ในการเดินรถจากทั้ง 3 แบบจำลองนั้นลดลงได้จริง

2.2 สมมติฐานการวิจัย

เนื่องจากรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่-เตาปูนมีผู้โดยสารมาใช้บริการน้อยกว่าจำนวนที่ได้มีการประมาณไว้ ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าหากทำการสร้างแบบจำลองการเดินรถแบบข้ามบางสถานีในบางช่วงเวลาที่มีผู้โดยสารน้อย สลับกับการเดินรถแบบปกติจะสามารถลดเวลาการเดินรถ (Trip Time)ได้ เนื่องจากในการจอดที่แต่ละสถานีรถไฟฟ้าจะต้องทำการเบรกเพื่อเข้าจอดและทำการเร่งอีกครั้งเมื่อออกจากสถานี ผู้วิจัยคาดการณ์ว่ายิ่งทำการข้ามสถานีมากขึ้นจะยิ่งทำให้เวลาในการเดินรถรวมจากสถานีคลองบางไผ่จนถึงสถานีเตาปูนลดลงเรื่อยๆ และในกรณีที่ลดเวลาในการจอดที่แต่ละสถานีลงจะมีผลให้เวลาที่ใช้ในการเดินรถลดลงเท่ากับผลรวมการปรับลดเวลาจอดรถในแต่ละสถานี

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 รวบรวมข้อมูลผู้โดยสารที่มีการใช้งานรถไฟฟ้าสายสีม่วงแต่ละสถานี

รวบรวมข้อมูลการใช้บริการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่-เตาปูนของผู้โดยสารในช่วงเดือนมกราคม ปีพุทธศักราช2566 โดยพิจารณาจากจำนวนผู้โดยสารทั้งหมดที่ผ่านเข้าสถานีเป็นผู้โดยสารขาเข้าและผู้โดยสารทั้งหมดที่มีการผ่านประตูขาออกเป็นผู้โดยสารขาออก ซึ่งจำนวนผู้โดยสารดังกล่าวที่รวบรวมมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจะรวมจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางระหว่างรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินมายังรถไฟฟ้าสายสีม่วงและผู้โดยสารที่เดินทางระหว่างรถไฟฟ้าสายสีม่วงไปยังรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินไว้ด้วย

พิจารณาจำนวนข้อมูลผู้โดยสารรายวันทั้งขาเข้าและขาออกจากผลรวมจำนวนผู้โดยสารในทุกๆ 1 ชั่วโมงตั้งแต่ช่วงเวลา 2.00.00 จนถึงเวลา 1.59.59 ของวันถัดไป โดยจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่จะนำมาใช้ในการวางแผนข้ามสถานีจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยของผู้โดยสารทั้งขาเข้าและขาออกตลอดระยะเวลา 31 วัน ก่อนจะนำมารวมกันเพื่อหาปริมาณเฉลี่ยของผู้ใช้งานสถานีนั้นๆต่อวัน

ตารางที่ 1 ข้อมูลเฉลี่ยของจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางเข้า-ออกรถไฟฟ้าสายสีม่วงแต่ละสถานีในเดือนมกราคม 2566

สถานี	ค่าเฉลี่ยเดือนมกราคม 2566		
	คนเข้าสถานี	คนออกสถานี	รวมเข้า-ออก
1.สถานีคลองบางไผ่	3693	2759	6452
2.สถานีตลาดบางใหญ่	3609	5284	8893
3.สถานีสามแยกบางใหญ่	828	666	1494
4.สถานีบางพลู	1301	1353	2654
5.สถานีบางรักใหญ่	701	603	1304
6.สถานีบางรักน้อย-ท่าอิฐ	1501	1624	3125
7.สถานีไทรม้า	1285	1052	2337
8.สถานีสะพานพระนั่งเกล้า	1597	1628	3225
9.สถานีแยกนนทบุรี1	2172	2026	4198
10.สถานีบางกระสอ	1528	1546	3074
11.สถานีศูนย์ราชการนนทบุรี	2130	2419	4549
12.สถานีกระทรวงสาธารณสุข	2951	2804	5755
13.สถานีแยกติวานนท์	1792	1836	3628
14.สถานีวงศ์สว่าง	2154	2366	4520
15.สถานีบางซ่อน	3309	3227	6536
16.สถานีเตาปูน	3829	5144	8973

3.2 รวบรวมข้อมูลกายภาพของรางรถไฟและขบวนรถ

ตารางที่ 2 ข้อมูลการตำแหน่ง ทิศทาง และรัศมีความโค้งของรางรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงคลองบางไผ่-เตาปูน

ตำแหน่ง	ทิศทาง	รัศมีความโค้ง (m.)
Station 2 to Station 3	L	450
Station 11 to Station 12	R	300
Station 12 to Station 13	L	300
Station 14 to Station 15	R	400

ตารางที่ 3 ข้อมูลMotor performance ของรถ J-TREC Sustina (S24-EMU)

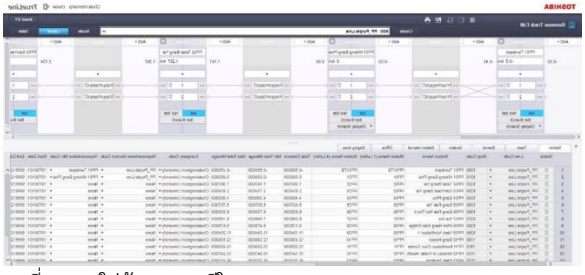
Speed (km/hr)	Tractive eff (kN)	Current (A)	Volt (V)
0	31.40	0	750
10	31.40	142	750
20	31.40	278	750
30	31.40	411	750
40	23.60	411	750
50	19.00	411	750
60	14.40	380	750
70	10.50	320	750
80	8.00	280	750

ตารางที่ 4 ข้อมูลBrake performance ของรถ J-TREC Sustina (S24-EMU)

Speed (km/hr)	Deceleration (km/h/s)	Current (A)	Volt (V)
0	4.32	0	825
10	4.32	65	825
20	4.32	130	825
30	4.32	195	825
40	0	260	825
50	0	330	825
60	0	390	825
70	0	403	825
80	0	403	825

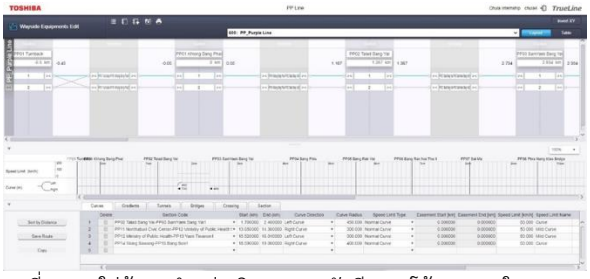
3.3 สร้างแบบจำลองการเดินรถด้วยโปรแกรมTrueLine

กำหนดจำนวนสถานีและระยะห่างระหว่างสถานี ของรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่-เตาปูน ด้วยฟังก์ชันMaster Maintenance ส่วน Revenue track Edit ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม TrueLine



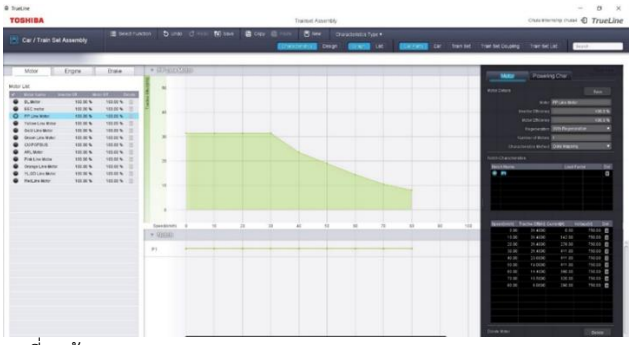
รูปที่ 1 การใส่ข้อมูลสถานีใน Revenue Track Edit

หลังจากสร้างสถานีและTrackสำหรับรถไฟฟ้าสายสีม่วงเรียบร้อยแล้ว เลือกฟังก์ชัน Run Curve Generator ส่วน Wayside Equipments Edit ทำการกำหนดตำแหน่ง ทิศทาง และรัศมีความโค้งของรางรถไฟฟ้าสายสีม่วง

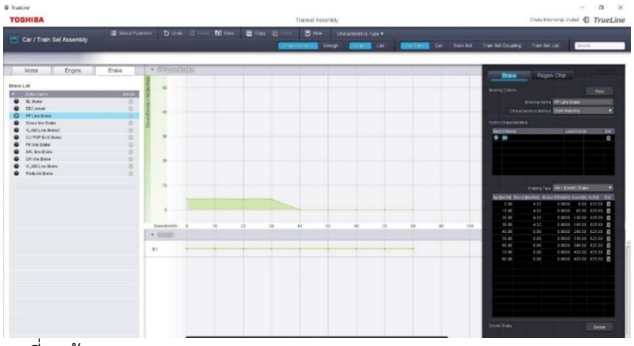


รูปที่ 2 การใส่ข้อมูลตำแน่ง ทิศทางและรัศมีความโค้งของรางใน Wayside Equipments

จากนั้นเลือกฟังก์ชัน Trainset Assembly เพื่อทำการใส่ข้อมูล Motor performance, Brake performance และข้อมูลของขบวนรถ



รูปที่ 3 ข้อมูล Motor performance



รูปที่ 4 ข้อมูล Brake performance

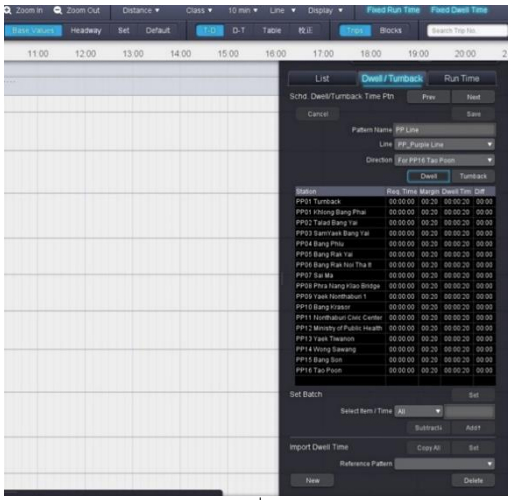
พิจารณาการจอดข้ามสถานีในสถานการณ์ต่างๆจากจำนวนผู้ใช้งานสถานีเฉลี่ยตลอดเดือนมกราคม 2566 ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 สถานการณ์ดังนี้

Scenario1 ข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่, Dwell timeสถานีละ 20 s

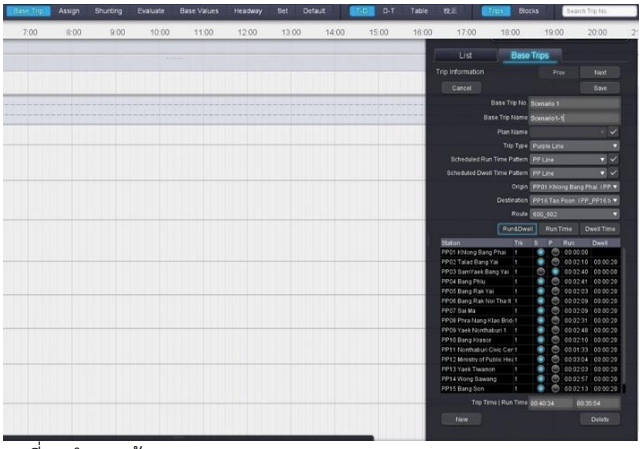
Scenario2 ข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่และสถานีบางรักใหญ่, Dwell timeสถานีละ 20 s

Scenario3 จอดรถทุกสถานี ปรับลด Dwell time แต่ละสถานีเหลือ 15 s

จากนั้นทำการสร้าง Base Trip ของแต่ละสถานการณ์จำลอง และสร้าง Run Curve ของแต่ละ Base Trip

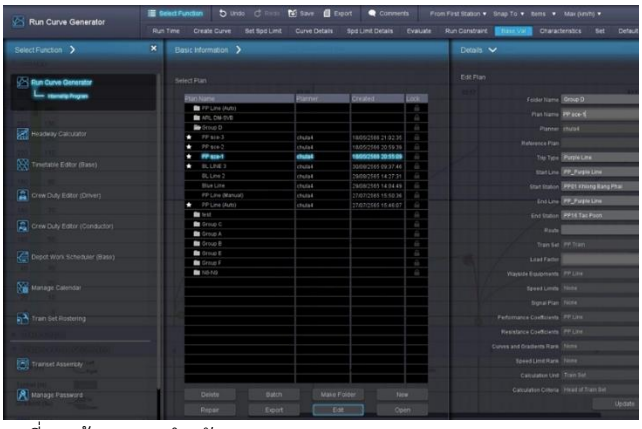


รูปที่ 5 กำหนดข้อมูล Base Value เพื่อสร้าง Base Trip



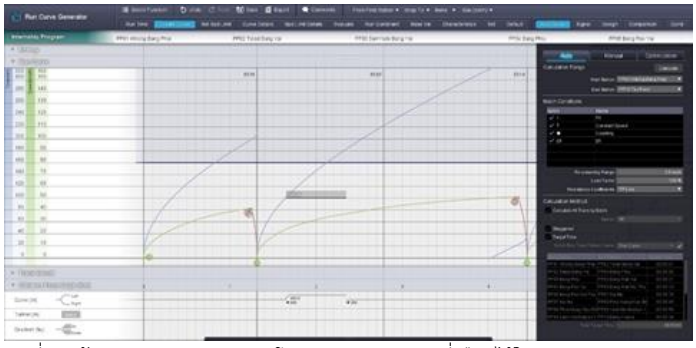
รูปที่ 6 กำหนดข้อมูล Base Trip

เลือกฟังก์ชัน Run Curve Generator จากนั้นสร้าง Plan ใหม่ ซึ่งสามารถกำหนดโฟลเดอร์ที่ต้องการเก็บ Planแยกตามสายรถไฟฟ้าได้ จากนั้นทำการเลือกสายรถไฟที่ Trip Type เป็นรถไฟฟ้าสายสีม่วง, เลือกสถานีเริ่มต้นและสถานีสิ้นสุดของเส้นทางที่ต้องการสร้าง Run Curve, เลือกชนิด Train Set ของรถไฟฟ้าสายสีม่วง, เลือก Wayside Equipments ของรถไฟฟ้าสายสีม่วง จากนั้นจึงเลือก Performance Coefficients และ Resistance Coefficients ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้อิงตามวิธีคำนวณจากทางบริษัท Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation โดยกำหนดให้เป็นการคำนวณแบบใช้ทั้งขบวนรถ(Trainset) และพิจารณาที่หัวขบวน (Head of Train Set)

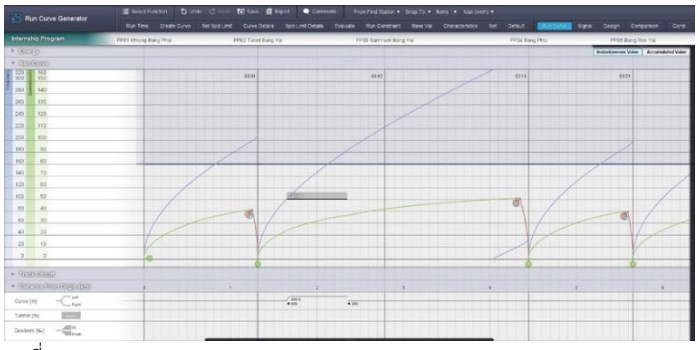


รูปที่ 7 สร้าง Plan สำหรับ Run Curve

จากนั้นเลือกฟังก์ชันย่อย Base Val เพื่อเลือกลักษณะการเดินรถตามที่ได้สร้างเอาไว้ จากนั้นเลือก Create Curve เพื่อสร้าง Run Curve แบบอัตโนมัติของ scenarioนั้นๆ ทำซ้ำจนครบทั้ง 3 scenario ที่ต้องการสร้างแบบจำลองการเดินรถ



รูปที่ 8 สร้างRun Curve แบบอัตโนมัติของScenarioที่เลือกไว้ใน Base Val



รูปที่ 9 Run Curve ของ Scenario1

4. ผลการวิจัย

จากแบบจำลองการเดินรถทั้ง 3 Scenarioและการเดินรถรูปแบบปกติ ได้เวลาที่ต้องใช้ในการเดินรถจากสถานีคลองบางไผ่ไปจนถึงสถานีเตาปูน ดังนี้

รูปที่ 10 Trip Time จาก Run Curve ของ Scenario1

รูปที่ 11 Trip Time จาก Run Curve ของ Scenario2

รูปที่ 12 Trip Time จาก Run Curve ของ Scenario3

รูปที่ 13 Trip Time จาก Run Curve ของการเดินรถรูปแบบปกติ

ตารางที่ 5 ข้อมูลเปรียบเทียบเวลาเดินรถในScenarioทั้ง 3 แบบและการเดินรถรูปแบบปกติ

	Trip Time (min)	เวลาที่ใช้เมื่อเทียบกับการเดินรถแบบปกติ (%)
การเดินรถปกติ	56.46	100.00
Scenario 1	53.03	93.45
Scenario 2	51.18	90.37
Scenario 3	54.56	96.77

5. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองการปรับเปลี่ยนการเดินรถโดยทำการข้ามบางสถานีที่มีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยและการปรับระยะเวลาการจอดรถที่แต่ละสถานี พบว่าการเดินรถแบบข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่และคงเวลาที่ใช้ในการจอดรถไฟฟ้าในแต่ละสถานีที่เหลือไว้ที่ 20 วินาที จะทำให้เวลาในการเดินรถโดยรวมลดลงจากเวลาที่ใช้ในการเดินรถรูปแบบปกติ 6.55% ในขณะที่การเดินรถแบบข้ามสถานีสามแยกบางใหญ่และสถานีบางรักใหญ่พร้อมคงเวลาที่ใช้ในการจอดรถไฟฟ้าในแต่ละสถานีที่เหลือไว้ที่ 20 วินาที จะทำให้เวลาในการเดินรถโดยรวมลดลงจากเวลาที่ใช้ในการเดินรถรูปแบบปกติถึง 9.63%

สำหรับการเดินรถแบบปรับลดเวลาจอดทุกสถานีลงเหลือเพียงสถานีละ 15 วินาที นั้นพบว่าเวลาในการเดินรถโดยรวมลดลงจากเวลาที่ใช้ในการเดินรถรูปแบบปกติ 110 วินาที ซึ่งมากกว่าที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ในตอนต้นว่าจะลดเวลาลงได้ในลักษณะเชิงเส้นเพียง 75 วินาทีเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมโยธาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย แสงเพชรงาม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทางวิศวกรรม และ นายจิรภัทร ภักดิ์แจ่มใส วิศวกรประจำบริษัท Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation ที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณการรถไฟแห่งประเทศไทยสำหรับความอนุเคราะห์ทางด้านข้อมูลสำหรับการทำโครงงานวิศวกรรมนี้ และขอขอบคุณบริษัท Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation สำหรับการสนับสนุนโปรแกรม TrueLine เพื่อใช้ในการวิจัยโครงงาน

เอกสารอ้างอิง

1. การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. รถไฟฟ้าสายสีม่วง เส้นทางรถไฟฟ้า. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://www.mrta.co.th/th/mrt-chalong-ratchadham?category_id=511
2. การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. รถไฟฟ้าสายสีม่วง สถานีรถไฟฟ้า. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://www.mrta.co.th/th/mrt-station

3. การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. รถไฟฟ้าสายสีม่วง ตารางเดินรถ. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://www.mrta.co.th/th/mrt-station
4. วิกิพีเดีย. รถไฟฟ้ามหานคร สายฉลองรัชธรรม (2023). ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://shorturl.at/ouAO7
5. ฟุ้งมงคลเสถียร, ข. and ลิ้มวิไลรัตนา, ณ. (2016) การศึกษาผลกระทบของระยะห่างระหว่างสถานีที่มีต่อการให้บริการรถไฟขนส่งมวลชน กรณีศึกษารถไฟฟ้าสายสีม่วง. (2016)
6. วีระวัฒน์, ว. and บุญไชย, ฐ. การใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์รูปแบบการให้บริการเดินรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในเมือง, Thai Journal of Science and Technology. (2018)
7. BEM บริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพจำกัด (มหาชน). สายสีม่วง. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://metro.bemplc.co.th/MRT-System-Line?pid=3&lang=en
8. Google Maps. Purple Line. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://www.google.com/maps/place/Purple+Line/@13.8817985,100.4166473,16z/data=!4m6!3m5!1s0x30e29ae9b3ac2299:0x196a518df6bee7a0!8m2!3d13.8696705!4d100.4712415!16s%2Fg%2F11sd_0h7vf?authuser=0
9. J-TREC. Reference projects, Purple Line Bangkok, Thailand. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://www.j-trec.co.jp/eng/sustina/040/index.html#01
10. Toshiba. Base Timetable Construction Service User's Manual. (2022)
11. Wikipedia. Purple Line (Bangkok). ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2565, จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Purple_Line_(Bangkok)#Stations