การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพการโดยสารด้านระดับการสั่นสะเทือนของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน ช่วงท่าพระถึงหลักสองและรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน

A Comparative Study of Ride Quality on Vibration Levels between MRT Blue Line (Ta Phra to Lak Song) and MRT Purple Line (Klong Bang Pai to Tao Poon)

ธรรม สุขสิงห์[1] และ วิชัย ศิวะโกศิษฐ[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, tham2532@gmail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, wichai.s@ku.ac.th

---

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพการโดยสารด้านระดับการสั่นสะเทือนของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสองและรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูนโดยการคำนวณค่าเวอร์ตุงซาล (Wertungzahl) (Wz) จากความเร่งที่เกิดขึ้นภายในของขบวนรถไฟฟ้าในแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวาง ที่เกิดจาการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้าที่เคลื่อนตัวผ่านสถานีของโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง และโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ทั้ง 38 สถานี และ 18 สถานี ตามลำดับ และนำมาเปรียบเทียบกับคุณภาพการโดยสารตามมาตรฐาน ISO 2631 ผลการคำนวณจากค่าความเร่งในแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวาง แสดงให้เห็นว่าโครงการรถไฟฟ้าทั้งสองโครงการมีการให้บริการขบวนรถไฟฟ้ามีคุณภาพการโดยสารอยู่ในเกณฑ์ปกติตามดัชนีชี้วัดคุณภาพการโดยสารเทียบกับค่า Wz โดยโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง มีคุณภาพการโดยสารที่ดีกว่าโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ในแนวยาว และแนวขวาง โดยเฉลี่ยที่ร้อยละ 19.40 23.72 และคุณภาพในแนวดิ่ง โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูนมีคุณภาพการโดยสารที่ดีกว่าโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง โดยเฉลี่ยที่ร้อยละ 1.62 ซึ่งผลจากศึกษาครั้งนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโครงการรถไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: คุณภาพการโดยสาร, โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน, โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง

ABSTRACT

This paper was a comparative study of ride quality on vibration levels between MRT Blue Line (Ta Phra to Lak Song) and the MRT Purple Line (Klong Bang Pai to Tao Poon) using Wertungzahl (Wz) values derived from accelerations in longitudinal, vertical, and lateral directions. The accelerations of the rail vehicles were measured while traveling through the MRT Blue line (Ta Phra to Lake Song, totaling 38 stations) and the MRT Purple line (Klong Bang Pai to Tao Poon, totaling 18 stations). The ride quality was calculated according to ISO. The results indicated that both lines achieved acceptable ride quality in all three directions based on the above measures, while there were notable differences, viz. the ride quality of the MRT Blue Line was 19.4% better in

longitudinal direction and 23.72% better in lateral direction than those of the MRT Purple Line, while the ride quality of the MRT Purple Line was 1.62% better in vertical direction than that of the MRT Blue Line. The major findings of this study might be beneficial for designing the MRT projects in the future.

Keywords: Ride Quality, MRT Blue Line, MRT Purple Line

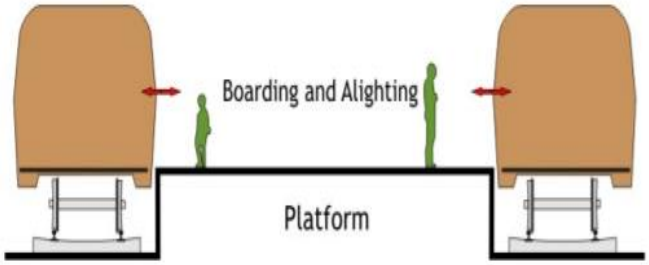
1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการจราจรที่แออัดในเมืองใหญ่เป็นปัญหาของหลายๆประเทศ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีปัญหาการจราจรที่แออัดสูง จึงได้มีการคิดนำระบบขนส่งมวลชนมาแก้ปัญหาการจราจร โดยเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง รถไฟฟ้าเป็นหนึ่งในระบบขนส่งมวลชนที่ถูกนำมาแก้ปัญหานี้ ปัจจุบันมีหลายโครงการที่เปิดให้บริการเดินรถสำหรับประชาชนแล้ว และโครงการที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย รัฐวิสาหกิจ ภายใต้สังกัดกระทรวงคมนาคม มี 2 โครงการด้วยกันคือ โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง และโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน โดยมี บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (BEM) เป็นผู้รับสัมปทานเดินรถทั้ง 2 โครงการ

โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง เป็นโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายแรกของประเทศไทยก่อสร้างตามวัตถุประสงค์ที่จะบรรเทาปัญหาการจราจรของกรุงเทพมหานคร โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน เปิดให้บริการช่วงแรกคือ ช่วงหัวลำโพงถึงเตาปูน และต่อมาได้เปิดส่วนต่อขยายช่วงหัวลำโพงถึงบางแค และช่วงเตาปูนถึงท่าพระ เพื่อให้การเดินทางต่อเนื่องเป็นโครงข่ายเดียวกัน โดยโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง มีระยะทางรวม 48 กิโลเมตร 38 สถานี ประกอบไปด้วย ช่วงหัวลำโพงถึงเตาปูน ระยะทาง 20 กิโลเมตร มีสถานีรถไฟฟ้าจำนวน 18 สถานี เป็นโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินทั้งหมด ช่วงหัวลำโพงถึงบางแค ระยะทางประมาณ 16 กิโลเมตร มีสถานีรถไฟฟ้าจำนวน 11 สถานี เป็นโครงสร้างทางแบบผสมโครงสร้างใต้ดินและโครงสร้างทางยกระดับ ช่วงเตาปูนถึงท่าพระ ระยะทางประมาณ 12 กิโลเมตร มีสถานีรถไฟฟ้าจำนวน 9 สถานี เป็นโครงสร้างทางยกระดับทั้งหมด

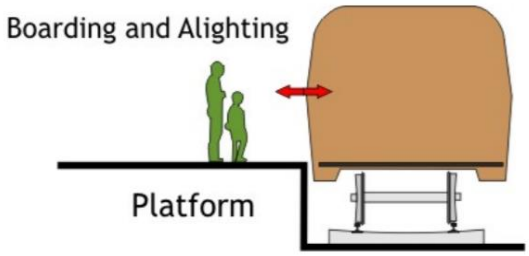
โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน เป็นโครงการที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี โดยตลอดทั้งโครงการเป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบยกระดับทั้งหมด มีความยาว 23 กิโลเมตร จำนวนสถานีรถไฟฟ้า 16 สถานี มีการเชื่อมต่อกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสองที่สถานีรถไฟฟ้าเตาปูน (บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน), 2564)

ทั้ง 2 โครงการนั้นแม้จะมีความใกล้เคียงกัน แต่รูปแบบของโครงสร้างชานชาลานั้นมีความแต่ต่างกัน โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสองนั้นจะมีโครงสร้างชานชาลาหลายรูปแบบผสมกัน คือ โครงสร้างชานชาลาแบบ Center Platform เป็นโครงสร้างแบบที่มีทางวิ่งอยู่ด้านข้างทั้งสองฝั่ง และมีจุดที่ใช้ขึ้นลงสำหรับผู้โดยสารอยู่ตรงกลาง มีจุดเด่น เมื่อใดที่ผู้โดยสารไม่มั่นใจว่ามีการขึ้นชานชาลาถูกฝั่งหรือไม่ สามารถเดินย้ายไปยังจุดรออีกด้านได้โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนชานชาลา เนื่องจากชานชาลาอยู่ตรงกลางและมีรางอยู่ซ้ายขวา ทำให้มีความกว้างของพื้นที่น้อยกว่าชานชาลาแบบ Side Platform



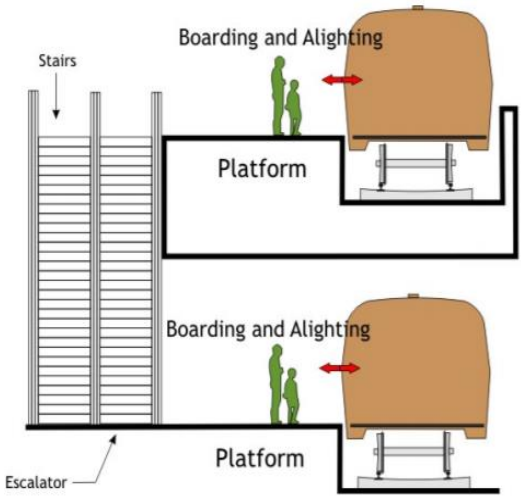
รูปที่ 1 โครงสร้างชานชาลาแบบ Center Platform

โครงสร้างชานชาลาแบบ Side Platform จะเป็นโครงสร้างแบบที่มีทางวิ่งอยู่ตรงกลางระหว่างจุดขึ้นลงสำหรับผู้โดยสารทั้งสองข้าง จุดเด่นในเรื่องการมีพื้นที่ที่กว้าง สามารถทำให้การอพยพหรือเคลื่อนย้ายผู้โดยสารสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองฝั่งแยกออกจากกัน ทำให้จัดการเส้นทางการเคลื่อนย้ายคนได้ง่าย ชานชาลาสามารถขยายพื้นที่ออกไปได้ง่าย



รูปที่ 2 โครงสร้างชานชาลาแบบ Side Platform

โครงสร้างชานชาลาแบบ Split Platform เป็นชานชาลาแบบลักษณะที่ชานชาลาซ้อนกันเนื่องจากการจำกัดของพื้นที่ (Ministry of Railways (Railway Board) Government of India, 2009)



รูปที่ 3 โครงสร้างชานชาลาแบบ Split Platform

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

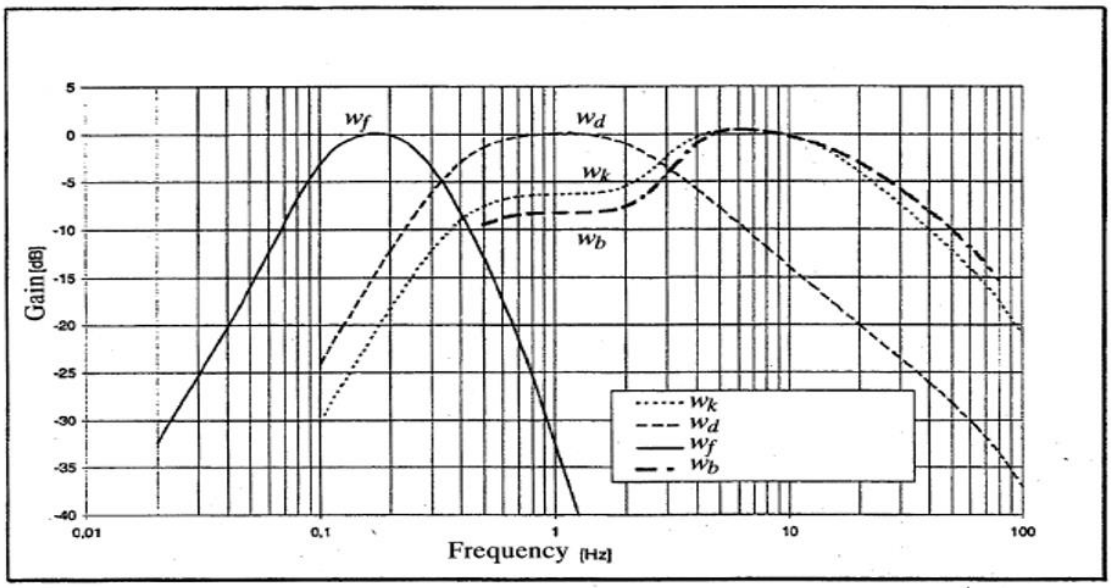
1. เพื่อศึกษาค่าดัชนีคุณภาพการโดยสาร (Ride Quality Index) ของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน และ รถไฟฟ้าสายสีม่วง ว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ ซึ่งในปัจจุบัน การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย จะยังไม่มีการใช้เกณฑ์คุณภาพการโดยสารด้านการสั่นสะเทือนในโครงการรถไฟฟ้าโดยตรง

2. เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีคุณภาพการโดยสารของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินและรถไฟฟ้าสายสีม่วงที่มีลักษณะทางวิ่งและสถานีที่แตกต่างกัน

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 มาตรฐานดัชนีชี้วัดค่าความสะดวกสบายในการโดยสาร

ความสะดวกสบายของผู้โดยสาร ในการเดินทาง อย่างแรกเลยควรให้ผู้โดยสารมีความสะดวกสบายในการขึ้นและลงยานพาหนะได้อย่างสะดวก และต้องมีความสะดวกในการขึ้นลงมากพอสำหรับผู้สูงอายุละผู้ทุพพลภาพ ความสะดวกสบายของผู้โดยสารไม่ได้มีเพียงความสะดวกสบายในการขึ้นและลงยานพาหนะเท่านั้น แต่ยังมีด้านอื่น คือ ความสบายของที่นั่งและพื้นที่ระหว่างบุคคล อุณหภูมิ การระบายอากาศและแอร์คอนดิชั่น แสง การเปลี่ยนของความดันภายในห้องโดยสาร เสียง และสุดท้ายคือการเคลื่อนที่และการสั่นสะเทือนของยานพาหนะที่ส่งผลแก่ผู้โดยสารมีความพยายามมากกว่า 50 ปี สำหรับการกำหนดและพัฒนามาตรฐานคุณภาพการขับขี่ของยานพานหะเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสาร ปัจจุบันมีมาตรฐานที่เป็นตัวกำหนดหลายมาตรฐานด้วยกัน ได้แก่ ISO CEN UIC เป็นต้น



รูปที่ 4 แสดงการถ่วงน้ำหนักความถี่ของค่าความเร่งตามมาตรฐาน ISO 2631

โดยทั่วไปการสำรวจหรือวัดผลค่าการสั่นสะเทือนในการเคลื่อนที่ จะวัดที่ค่าความถี่ 20 Hz แต่ในมาตรฐาน ISO และ CEN ได้มีแก่แนะนำให้วัดที่ค่าความถี่อย่างน้อย 80 Hz และพิจารณาค่าความถี่ที่ต่ำกว่า 0.5 Hz ลงมา เพราะเป็นความถี่ที่ส่งผลต่อความปวดป่วยอ่อนล้าของร่างกาย และมีผลต่ออาการเมารถ (Motion Sickness)

การสั่นสะเทือนนั้นจะส่งผลต่อความสะดวกสบายของผู้โดยสาร ซึ่งยานพาหนะที่ไม่มีการสั่นสะเทือนหรือมีการสั่นสะเทือนมีแรงกระทำต่อผู้โดยสารมากเกินไป สามารถแสดงค่าคุณภาพการการขับขี่ได้จากค่าเวอร์ตุงซาล (Wertungzahl) Wz คำนวนได้จากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMS) ของความเร่งในห้องโดยสารที่มีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency Weighted) awrms ตามสมการที่ 1

$$Wz = 4.42(a^{wrms})^{0.3} \quad (1)$$

$$a^{wrms} = \left[1/T \int_0^T [a^w(t)]^2 dt\right]^{0.5} \quad (2)$$

โดยที่ a^w(t) คือของความเร่งถ่วงน้ำหนักความถี่ตามฟังก์ชันของเวลา (t) มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที2 T คือ ระยะเวลาของการวัดค่ามีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งให้ค่าความเร่งตามแนวยาว (Longitudinal) และค่าความเร่งตามแนวขวาง (Lateral) เป็น wd และให้ค่าความเร่งตามแรวดิ่ง (Vertical) เป็น wk ตามรูปที่ 6 (Andersson, Berg, & Stichel, 2014)

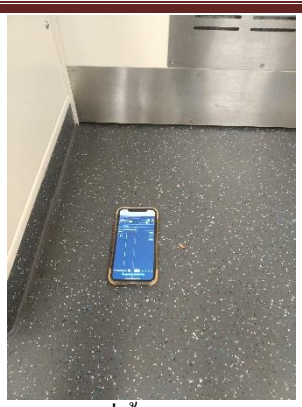
โดยที่ระดับคุณภาพการโดยสารที่เทียบได้กับค่า Wz เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพการโดยสารเทียบกับค่า Wz (Andersson , Berg , & Stichel , 2014)

Wz	Vibration Level	Ride Quality
1	Just Noticeable	Very Good
2	Clearly Noticeable	Good
2.5	Pronounced But not Unpleasant	-
3	Strong But Tolerable	Tolerable
3.5	Very Strong and Unpleasant	-
4	Extremely Strong and Unpleasant	Not Tolerable
5	-	Dangerous

3.2 การวัดค่าและเก็บข้อมูลประมวลผล

อุปกรณ์ที่วัดความเร่งในห้องโดยสารที่ใช้ในการศึกษานี้ โทรศัพท์สมาร์โฟนระบบปฏิบัติการ IOS IPhone XR ที่มีการติดตั้งโปรแกรมประยุกต์สำหรับการบันทึกข้อมูลจากตัววัดความเร่งเป็นไฟล์สเปรดชีต โปรแกรม Sensor Play โดยบริษัท Philip Broder การวัดค่าความเร่งนั้น จะทำการบันทึกค่าความเร่งในแนวดิ่ง (Vertical) ความเร่งตามแนวยาว (Longitudinal) และความเร่งตามแนวขวาง (Lateral) ของรถไฟที่ต้องการบันทึกค่า จะทำการบันทึกค่าที่เท่ากับความถี่ที่ 100 Hz จะทำการบันทึกค่าตลอดเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง และตลอดเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน



รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่พื้นรถไฟฟ้า บริเวณใกล้ห้องควบคุมรถไฟฟ้า

โดยการนำโทรศัพท์สมาร์ตโฟนที่มีการติดตั้งโปรแกรมประยุกต์สำหรับบันทึกข้อมูลจากตัววัดความเร่งไว้แล้ว มาติดตั้งบนพื้นรถไฟฟ้า บริเวณใกล้ห้องควบคุมรถไฟฟ้า หลังจากได้ผลการบันทึกค่าความเร่งแล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลค่าความสั่นสะเทือน Wz โดยใช้โปรแกรม Matlab™ เพื่อหาความแตกต่างการสั่นสะเทือนและคุณภาพการโดยสารระหว่างโครงการรถไฟฟ้าสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสองและโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ที่มีลักษณะการวิ่งและโครงสร้างสถานีที่แตกต่างกัน รวมไปถึงเปรียบเทียบคุณภาพการโดยสารว่าอยู่ในระดับทั้งสองโครงการหรือไม่

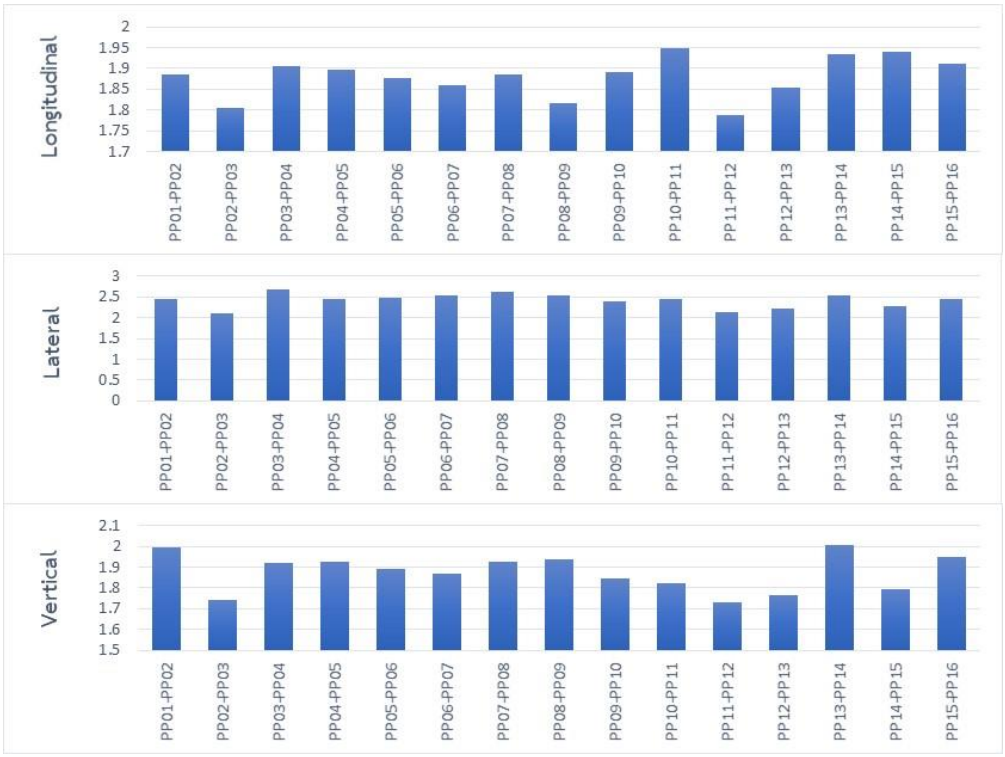
ปัจจุบัน เซนเซอร์ความเร่งของสมาร์ทโฟน มีการใช้งานต่างๆ อย่างแพร่หลาย โดยมีระดับความแม่นยำที่ยอมรับได้ เช่น Feng และคณะ ได้ทำการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ในสมาร์ทโฟนเพื่อวัดความเร่งจากการสั่นสะเทือนที่มีความถี่ในการสุ่มตัวอย่างถึง 1,000 Hz พบว่ามีความผิดพลาดในการวัดความถี่ไม่เกิน +/- 1 % และมีความผิดพลาดในการวัดแอมพลิจูดไม่เกิน +/- 4 % ที่ความถี่ในการเก็บข้อมูล 20 Hz (Feng , Fakada , Mizatu , & Ozer , 2015)

4. ผลการวิจัย

การจากการประมวลผลค่าความสั่นสะเทือน Wz โดยใช้โปรแกรม MatlabTM ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง และโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ค่า Wz ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าเฉลี่ยที่ 1.5741 1.9051 และ 1.9575 ตามลำดับ และค่า Wz ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.7728 2.109 และ 2.1875 ตามลำดับ ทำให้เห็นว่ามีคุณภาพในการขับขี่โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ดี (Good) ตามตารางที่ 1

ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูนมีค่า Wz ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าเฉลี่ยที่ 1.8795 1.8747 และ 2.4220 ตามลำดับ และค่าWz ของโครงการ และค่าWz ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.9484 2.0071 และ 2.6700 ตามลำดับ ทำให้เห็นว่ามีคุณภาพในการขับขี่โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ดี ตามตารางที่ 1 แต่เห็นได้ว่าค่าสูงสุดตามแนวขวางอยู่ในระดับที่ชัดเจนแต่ไม่แย่นัก (Pronounced but not unpleasant)

รูปที่ 6 แสดงค่า Wz ตามแนวยาว แนวขวาง และแนวดิ่ง ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง



รูปที่ 7 แสดงค่า Wz ตามแนวยาว แนวขวาง และแนวดิ่ง ของโครงการรถไฟฟ้าสายม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูน

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

แม้ว่าทั้งสองโครงการจะมีความคล้ายคลึงกันในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของรัฐวิสาหกิจเดียวกัน มีโครงสร้างในส่วนที่เป็นทางยกระดับเหมือนกัน มีผู้รับสัมปทานในการดำเนินกิจกรรมให้บริการเดินรถไฟฟ้าเป็นบริษัทเดียวกัน แต่ก็ยังมีรูปแบบของโครงสร้างสถานีในชั้นชานชาลาที่แตกต่างกัน ทำให้รูปแบบของทางวิ่งที่เข้าสู่สถานีและออกสถานีนั้นมีความแตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งส่งผลต่อตัวรถไฟฟ้าที่ให้บริการเกิดความเร่งตามแนวต่างๆ คือ ตามแนวยาว ตามแนวดิ่ง และตามแนวขวาง ที่แตกต่างกัน

ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วงช่วงคลองบางไผ่ถึงเตาปูนที่มีโครงสร้างชั้นชานชาลาเป็นรูปแบบ Center Platform และมีพื้นที่จำกัดในการสร้างโครงสร้างสถานี ทำให้ส่งผลทางวิ่งที่แยกออกจากกันเพื่อวิ่งเข้าสู่สถานีและทางวิ่งที่ออกจากสถานีแล้วต้องวิ่งมาบรรจบกันกับทางวิ่งอีกด้านมีระยะที่จำกัด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสองแล้ว จะเห็นได้ว่ามีค่าความเร่งอยู่ในระดับที่สูงกว่า ค่า Wz ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าเฉลี่ยที่ 1.8795 1.8747 และ 2.4220 ตามลำดับ และในโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินช่วงท่าพระถึงหลักสอง มีค่า Wz ตามแนวยาว แนวดิ่ง และแนวขวางมีค่าเฉลี่ยที่ 1.5741 1.9051 และ 1.9575 ตามลำดับ ในโครงการนี้มีโครงสร้างชั้นชานชาลาเป็นแบบ Side – Platform เป็นหลัก ทำให้ไม่มีการแยกออกของทางวิ่งเมื่อเข้าสถานี และโค้งบรรจบกันเมื่อรถไฟฟ้าวิ่งออกจากสถานี

ทำให้เกิดความเร่งตามแนวขวางมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากัน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพการโดยสารและความสะดวกสบายของผู้โดยสารภายในตัวรถ ที่รับรู้ได้ถึงการสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน แต่ทั้งสองโครงการยังมีค่าคุณภาพการโดยสารอยู่ในระดับที่ดี

ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตหากมีการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายต่างๆ ภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลหรือพื้นที่ต่างจังหวัดทั่วประเทศ การนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายต่างๆ ที่อาจจะมีส่วนที่เหมือนกันหรือแตกต่างกัน ตามข้อจำกัดทางกายรูปของแต่ละพื้นที่ตั้งของโครงการ เพื่อให้เกิดคุณภาพการโดยสารและความสะดวกสบายของผู้โดยสารที่ดี ผู้ที่สนใจควรวิเคราะห์ศึกษาในรายละเอียดปัจจัยอื่นของคุณภาพการขับขี่เพิ่มเติม อีกทั้งผลการวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นคุณภาพการโดยสารเพียงด้านการสั่นสะเทือนที่ส่งผลไปยังห้องโดยสารเท่านั้น ผู้ที่สนใจในประเด็นอื่นๆสามารถศึกษาค้นคว้าต่อไปในประเด็นปัญหาอื่นๆอย่างละเอียดได้

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (2564). *สายสีน้ำเงิน*. สืบค้นจาก https://metro.bemplc.co.th/MRT-System-Line?pid=3

บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (2564). *สายสีม่วง*. สืบค้นจาก https://metro.bemplc.co.th/MRT-System-Line?pid=2

Andersson, E., Berg, M., and Stichel, S. (2014). *Rail Vehicle Dynamics*. Sweden: KTH Railway Group.

Feng, M., Fakuda, Y., Mizuta, M., and Ozer, E. (2015). Citizen Sensors for SHM: Use of Accelerometer Data from Smartphones. *Sensors Journal, 15*(2), 2980-2998.

Ministry of Railways (Railway Board) Government of India. (2009). *Manual for standards and specifications for railway stations*. New Delhi: Bansal Electrostat.