

การศึกษาและการประเมินผลกระทบของการดำเนินการปรับเปลี่ยนระบบจำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติของรถไฟฟ้ามวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองของทฤษฎีแถวคอย

Study and Evaluation of Impact of Operation Modification for Bangkok Rapid Transit Train Ticket System Using Queuing Theory Model

สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล^{1,*} ปานวิทย์ ชูวะนุติ² และ ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ³

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

²คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

³ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: suvit@pit.ac.th

Suvit Poomrittigul^{1,*} Panwit Tuwanut² and Lunchakorn Wuttisittikulkij

¹Information Technology Department, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology

²Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

³Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Email: suvit@pit.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับข้อจำกัดของระบบขายบัตรโดยสารอัตโนมัติของรถไฟฟ้ามวลชนในกรุงเทพมหานครและนำเสนอแบบจำลองที่ใช้ทฤษฎีแถวคอยเพื่อทดสอบและประเมินผลกระทบของการดำเนินการปรับเปลี่ยนผู้จำหน่ายบัตรโดยสารของรถไฟฟ้าในปัจจุบัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของผู้โดยสารหรือการเพิ่มผู้โดยสาร เพื่อใช้เป็นแบบจำลองที่จะนำไปสู่การประเมินเวลาในการให้บริการของระบบการจำหน่ายตั๋วของผู้ให้บริการรถไฟฟ้า ซึ่งสามารถใช้เป็นทางเลือกในการประเมินนโยบายเพื่อปรับเปลี่ยนระบบโดยเทียบกับต้นทุนทรัพยากร โดยผลการทดลองของงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า แนวทางการใช้ทฤษฎีแถวคอยสามารถเป็นต้นแบบการวิเคราะห์ผลกระทบเชิงเวลาในแถวคอยของผู้รับบริการ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนจำนวนหรือชนิดของผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร โดยบทความวิจัยนี้เสนอวิธีการศึกษาของรถไฟฟ้าบีทีเอสและรถไฟฟ้าเอ็มอาร์ที ซึ่งจะเป็นแบบจำลองที่สามารถนำไปสร้างโปรแกรมประยุกต์ในการจำลองการปรับเปลี่ยนผู้จำหน่ายบัตรโดยสารของระบบจำหน่ายบัตรโดยสารของผู้ให้บริการรถไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ: ทฤษฎีแถวคอย, รถไฟฟ้า, บีทีเอส, เอ็มอาร์ที, ระบบจำหน่ายบัตรโดยสาร

Abstract

This research first studies the limitations of existing Bangkok rapid transit train ticket system. Then we propose an analysis model using queuing theory to evaluate the impact of upgrading the existing ticket machine with respect to both the number and types of ticket machines. The proposed analysis model can be used to evaluate the service time of railway companies, which enables for the operators to form a proper policy and decide on different ticket system operations based on cost requirements. This analysis model has confirmed that the queuing theory model in four case studies of BTS (Bangkok Mass Transit System) and MRT (Metropolitan Rapid Transit) ticket machines are able to analyze or evaluate the impact of ticket system modification. Since, the proposed queuing theory model presents the results to show the impact of time delay in queue of passengers when ticket machines are modified by number or feature upgrading. The proposed analysis model could potentially be used to any rapid transit train ticket system for impact evaluation on the existing ticket system.

Keywords: Queuing Theory, MRT, BTS, Ticket System, Impact Evaluation

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบขนส่งทางรางเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของผู้โดยสารในประเทศไทย โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร ระบบขนส่งมวลชนระบบราง เช่น รถไฟฟ้ามหานคร (BTS) รถไฟฟ้ากรุงเทพ (MRT) หรือรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงก์ (Airport Rail link) เป็นทางเลือกที่ผู้โดยสารใช้งานเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่หนาแน่นบนท้องถนน ซึ่งระบบขนส่งระบบรางนี้สามารถควบคุมเวลาเดินทางได้เที่ยงตรงกว่าระบบขนส่งอื่น ๆ ทั่วไป และโครงสร้างพื้นฐานการให้บริการระบบขนส่งระบบรางนั้น นอกจากการให้บริการการเดินทางที่ตรงเวลาแล้ว ผู้โดยสารยังคำนึงถึงองค์ประกอบของการให้บริการอื่น ๆ ที่มาพร้อมกับการให้บริการในภาพรวมของสถานีเดินทางอีกด้วย หนึ่งในองค์ประกอบหลักของระบบนั้นคือระบบบัตรโดยสาร โดยในปัจจุบันผู้โดยสารส่วนใหญ่เลือกใช้ระบบบัตรโดยสารอิเล็กทรอนิกส์ (RFID cash card) เพื่อความสะดวกสบายและหลีกเลี่ยงการต่อแถวซื้อบัตรโดยสารที่ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม ปัญหาการเข้าคิวซื้อบัตรโดยสารนั้นยังพบอยู่เสมอในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยเฉพาะผู้โดยสารที่ไม่ได้เดินทางประจำหรือนักท่องเที่ยวต่างชาติยังต้องเสียเวลาไปกับการซื้อบัตรโดยสารที่ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติเป็นเวลานาน [1-2] จนปรากฏเป็นความคิดเห็นทั่วไปในเชิงลบว่า ระบบจำหน่ายบัตรโดยสารของระบบขนส่งมวลชนระบบรางในกรุงเทพมหานครนั้นเป็นระบบที่มีการบริหารจัดการไม่ดีพอ และควรมีการปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้ผู้โดยสารได้รับการบริการที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ปัญหาหลักที่พบเห็นในระบบจำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติในชุมชนเมืองของกรุงเทพมหานครคือความล่าช้าในการซื้อบัตรโดยสารที่ต้องมีการแลกเหรียญ ทำให้เกิดเวลาสะสมในการใช้บริการผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร

อัตโนมัติ และการจำหน่ายบัตรโดยสารได้ทีละหนึ่งใบของผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดแถวคอย (คิว) สะสมยาว ทำให้ผู้โดยสารล้นสถานี ดังตัวอย่างรูปที่ 1(ก) และ 1(ข) ซึ่งเป็นผลสำรวจของสื่อมวลชน หรือกระแสทางสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ปัญหาของแถวคอยที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายด้วยทฤษฎีแถวคอย [3-4] เช่น ผู้โดยสารมีจำนวนมากเกินการให้บริการปกติที่จะรับได้ ระบบให้บริการจำหน่ายบัตรโดยสารและระบบแถวคอยไม่เหมาะสมซึ่งกันและกัน หรือระบบผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติไม่เหมาะสมกับการให้บริการ สาเหตุของปัญหาเหล่านี้สามารถยกตัวอย่างได้ เช่น ระบบแถวคอยช้าซ้อน ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติไม่สามารถรับธนบัตรได้ ทำให้ผู้โดยสารจะต้องเข้าแถวแลกเหรียญและยังต้องเข้าแถวซื้อบัตรโดยสารกับผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติอีก หรือแถวคอยล่าช้าเนื่องจากไม่มีการให้บริการจำหน่ายบัตรโดยสารแบบซื้อครั้งละหลายใบ ทำให้ผู้โดยสารโดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เดินทางพร้อมกันหลายคน จะต้องใช้กระบวนการการซื้อบัตรหลายครั้ง หรือแถวคอยล่าช้าเนื่องจากผู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติสามารถออกบัตรโดยสารได้เพียงครั้งละหนึ่งใบเท่านั้น ทำให้ผู้โดยสารโดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เดินทางพร้อมกัน ต้องต่อคิวซื้อบัตรโดยสารทีละคน



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 การสะสมของแถวคอยในการรอซื้อบัตรโดยสารในสถานีรถไฟฟ้า [1-2]

จากสภาพปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยเห็นว่า ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยใช้ทฤษฎีแถวคอยมาช่วยวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการของระบบขนส่งระบบราง โดยนำทฤษฎีแถวคอยมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาปัญหาและประเมินผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบระบบจำหน่ายบัตรโดยสาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและตัดสินใจเชิงนโยบายในการเพิ่มประสิทธิภาพ หรือปรับเปลี่ยนระบบจำหน่ายบัตรโดยสารในแต่ละสถานี

จากผลการวิจัยการทดสอบทฤษฎีแถวคอยกับผลกระทบจากผู้จำหน่ายบัตรโดยสารในเบื้องต้น [5] พบว่ามีผลกระทบของปัจจัยความล่าช้าที่เกิดจากระบบการจำหน่ายบัตรโดยสารจากผู้จำหน่ายบัตรโดยสารรุ่นเก่า ซึ่งเกิดผลกระทบเชิงเวลาในแถวคอยจริง โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาและประเมินผลกระทบของการดำเนินการ

ปรับเปลี่ยนระบบจำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติของรถไฟฟ้ามวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองของ ทฤษฎีแถวคอยในมิติของปัญหาจากผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร โดยผลผลิตของงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในการ พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ช่วยประเมินนโยบายการลงทุนการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนระบบผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร อัตโนมัติให้สามารถรองรับการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าบีทีเอส และเอ็มอาร์ที ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้น

2. การทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และสมมติฐาน

การศึกษาถึงระบบคิวใด ๆ มีองค์ประกอบหลักที่ต้องพิจารณาคือ พฤติกรรมการเข้าใช้งานของผู้ใช้บริการ จำนวนและขีดความสามารถของการให้บริการ จากการศึกษาปัญหาระบบผู้จำหน่ายบัตรโดยสารของรถไฟฟ้า มหานคร (รถไฟฟ้าบีทีเอส) หรือรถไฟฟ้ากรุงเทพ(รถไฟฟ้าเอ็มอาร์ที) [5] เบื้องต้นพบว่า ปัญหาที่เกิดจากระบบ จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติในสถานีชุมชนในเมือง พบตามดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาของความล่าช้า (Delay) ของแถวคอย ที่เกิดจากการความล่าช้าของการใช้งานผู้จำหน่ายบัตรโดยสารที่มีขีดความสามารถจำกัดในการออก บัตรโดยสาร โดยตัวอย่างปัญหาของผู้จำหน่ายบัตรของรถไฟฟ้าบีทีเอส คือ ผู้จำหน่ายไม่สามารถรับธนบัตรได้ ทำ ให้ผู้โดยสารที่ต้องการซื้อบัตรโดยสารด้วยธนบัตรจะต้องเข้าแถวแลกเหรียญที่มีพนักงานให้บริการ และกลับมา เข้าแถวซื้อบัตรโดยสารจากเครื่องจำหน่ายอีกครั้ง จึงเกิดความซ้ำซ้อนของแถวคอยขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติทั้งบีทีเอสและเอ็มอาร์ที สามารถออกบัตรโดยสารได้เพียงหนึ่งใบต่อการซื้อในแต่ ละครั้ง ทำให้กลุ่มนักท่องเที่ยวหรือกลุ่มผู้โดยสารที่ต้องการเดินทางไปพร้อมกัน จะต้องวนกระบวนการซื้อบัตร โดยสารตามจำนวนของผู้โดยสาร ส่งผลให้เกิดความล่าช้าของแถวคอย และจำนวนผู้รอใช้บริการสะสมมากยิ่งขึ้น ดังนั้นสมมติฐานของทฤษฎีแถวคอยสามารถกำจัดกระบวนการความซ้ำซ้อนของแถวคอยจากสองโหนด เป็นหนึ่ง โหนด หรือการลดกระบวนการให้บริการเหลือเพียงหนึ่งครั้งซึ่งสามารถลดความล่าช้าของการเข้าแถวซื้อบัตร โดยสารได้

ตารางที่ 1 ชนิดของผู้จำหน่ายบัตรโดยสารทั่วไปในบริเวณเมือง [5-6]

ความสามารถของผู้จำหน่ายบัตรโดยสารทั่วไป	BTS	MRT
ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารสามารถรับธนบัตรได้	ไม่ได้*	ได้
ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารสามารถซื้อบัตรโดยสารหลายใบได้ในครั้งเดียว	ไม่ได้*	ไม่ได้

*หมายเหตุ: มีเพียงสถานีหลักเช่น สถานีสยาม ที่มีเพียง 1-2 เครื่องที่เป็นผู้จำหน่ายบัตรโดยสารแบบใหม่

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิเคราะห์และ การใช้แบบจำลองเพื่อทดลองระบบการให้บริการของการขนส่งระบบรางนั้นมีการวิจัยในต่างประเทศ [7-9] พบว่าผู้ให้บริการขนส่งระบบรางของแต่ละประเทศมีปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีแนวทางในการวิเคราะห์และการออกแบบแบบจำลองที่แตกต่างกัน ซึ่งจากงานวิจัยที่คณะวิจัยได้ศึกษาวิจัยนั้น [5] ใช้การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบของความล่าช้าที่เกิดขึ้น โดยมีแบบจำลองในการวิเคราะห์โดยแยกเป็นปัญหาเบื้องต้นของรถไฟฟ้ามหานคร 1 กรณี โดยจำลองสมมติฐานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการล่าช้าของแถวคอยที่จำเป็นต้องแลกเหรียญก่อนซื้อบัตรโดยสาร โดยจำลองสถานการณ์โดยการปรับเปลี่ยนเป็นผู้จำหน่ายบัตรโดยสารแบบที่สามารถซื้อด้วยธนบัตรได้ เพื่อดูผลกระทบเชิงเวลาเทียบกับการปรับเปลี่ยนเชิงปริมาณ และปัญหาเบื้องต้นของรถไฟฟ้ามหานครที่ 1 กรณี ผู้จำหน่ายไม่สามารถออกบัตรโดยสารได้ครั้งละหลายใบในการซื้อหนึ่งครั้ง นั่นคือถ้ามีการปรับเปลี่ยนเชิงปริมาณจะมีผลกระทบเชิงเวลาอย่างไร โดยนำเสนอว่าการปรับเปลี่ยนชนิดตู้ หรือการปรับแก้ไขซอฟต์แวร์ของตู้ก็สามารถลดเวลาในการรอคอยในแถวคอยลงได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเพิ่มตู้ หรือเปลี่ยนตู้ใหม่ทั้งหมด ที่มีค่าใช้จ่ายที่สูง

2.2 การศึกษาทฤษฎีแถวคอยในการศึกษาแถวคอยของผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร

การวิเคราะห์ปัญหาจากทฤษฎีแถวคอย ทางคณะผู้วิจัยและที่ปรึกษาใช้ทฤษฎีแถวคอยโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเริ่มใช้ทฤษฎีเริ่มต้นด้วยแบบจำลองการกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution) M/M/1 โดยให้อัตราการเข้ารับบริการ (Arrival rate) μ คนต่อนาที และ อัตราการให้บริการ (Service rate) λ คนต่อนาที และสามารถกำหนดได้โดยสมการ ที่ (1) และ (2)

$$\bar{W} = \frac{\rho / \mu}{1 - \rho} \quad (1)$$

$$\text{โดยที่} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

โดยสมมติฐานในกรณีพื้นฐานแยกเป็น 4 กรณี ดังนี้

2.2.1 แบบจำลองการปรับเปลี่ยนกรณีศึกษาเมื่อเพิ่มตู้ให้บริการ

แบบจำลองแบบ ตั้งต้นที่เป็น M/M/1 จะเปลี่ยนเป็น Model M/M/c และเวลาในการรอคอย ของ M/M/1 ที่มีค่าดังสมการที่ (3) และ (4)

$$\bar{W} = p_d \left(\frac{1}{c\mu - \lambda} \right) \quad (3)$$

$$\text{โดยที่} \quad p_d = P(W > 0) = \frac{p_0}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu - \lambda} \right) \quad (4)$$

2.2.2 แบบจำลองการปรับเปลี่ยนกรณีศึกษาผู้จำหน่ายบัตรโดยสารที่ไม่สามารถรับธนบัตรให้สามารถรับธนบัตรได้

หลักการในการแทนที่ของผู้จำหน่ายแบบที่สามารถซื้อด้วยธนบัตรได้ จะเป็นการปรับเปลี่ยนเปลี่ยนจากโครงข่ายแถวคอย 2 โหนด มาเป็น 1 โหนด

โดยสมการของแบบจำลองเป็นแบบ M/M/1 มีอัตราการเข้ารับบริการมีการกระจายแบบปัวส์ซงด้วยอัตรา λ คน/นาที และอัตราการให้บริการมีการกระจายแบบปัวส์ซงด้วยอัตรา μ_1 คน/นาที และโหนดสอง คือ การเข้าคิวซื้อบัตรโดยสาร เป็น model แบบ M/M/1 มีอัตราการเข้ารับบริการมีการกระจายแบบปัวส์ซงด้วยอัตรา λ คน/นาที และอัตราการให้บริการมีการกระจายแบบปัวส์ซงด้วยอัตรา μ_2 คน/นาที ดังนั้น จะได้

$$\overline{W} = \overline{W}_1 + \overline{W}_2 = \frac{\rho_1 / \mu_1}{1 - \rho_1} + \frac{\rho_2 / \mu_2}{1 - \rho_2} \quad (5)$$

โดยกำหนด

$$\mu_1 = \mu_2 \quad (6)$$

อัตราการให้บริการใหม่จะเพิ่มขึ้นเป็น

$$\mu_{new} = \left(1 + \frac{p}{100}\right) \mu_{old} \quad (7)$$

และเวลาในการรอคอยจะลดลง

$$\overline{W} = \frac{\rho_{new} / \mu_{new}}{1 - \rho_{new}} \quad (8)$$

2.2.3 แบบจำลองการปรับเปลี่ยนกรณีศึกษาผู้จำหน่ายบัตรโดยสารที่ไม่สามารถซื้อบัตรโดยสารหลายใบให้สามารถซื้อพร้อมกันได้หลายใบในครั้งเดียว

หลักการปรับปรุงให้ผู้จำหน่ายบัตรโดยสารสามารถซื้อบัตรโดยสารได้พร้อมกันในครั้งเดียว ดังนั้น อัตราการเข้ารับบริการ ก็จะลดลง โดย ถ้ากำหนดให้ ซื้อ 1 คน ต่อ 1 ใบ จำนวน p% ซื้อ 1 คน ต่อ 2 ใบ จำนวน q% ... ซื้อ 1 คน ต่อ 3 ใบ จำนวน r% จะได้ว่า

$$\lambda_{new} = \left[\left(\frac{1}{1} \right) \left(\frac{p}{100} \right) + \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{q}{100} \right) + \left(\frac{1}{3} \right) \left(\frac{r}{100} \right) + \dots \right] \lambda_{old} \quad (9)$$

โดยที่

$$\mu_{new} = \mu_{old} \quad (10)$$

ดังนั้น เวลาในการรอคอยจะลดลงเป็น

$$\overline{W} = \frac{\rho_{new} / \mu_{new}}{1 - \rho_{new}} \quad (11)$$

2.2.4 แบบจำลองในการปรับเปลี่ยนจากเดิมที่ไม่สามารถรับธนบัตรและไม่สามารถซื้อบัตรโดยสารพร้อมกันได้ครั้งเดียว ให้เป็นตู้แบบรับธนบัตรได้และซื้อพร้อมกันได้หลายใบ

ในกรณีนี้เป็นการนำกรณีศึกษาที่ 2.2.2 และ 2.2.3 มาพิจารณาร่วมกัน โดยพิจารณาสมการที่ (9) เพื่อดูร้อยละของคนที่ซื้อตั๋วหลายใบพร้อมกันพิจารณา สมการที่ (7) เพื่อแทนค่าทั้งอัตราเข้าใช้บริการ μ คน/นาที และอัตราการให้บริการมีการกระจายแบบปึงซองด้วยอัตรา λ คน/นาทีใหม่

3. ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1.1 เพื่อศึกษาผลกระทบเชิงเวลาในการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสารรถไฟอัตโนมัติ ในปัญหาที่พบเจอบนรถไฟฟ้ามวลชนของกรุงเทพมหานคร

3.1.2 เพื่อให้ผู้บริการรถไฟหรือส่วนที่เกี่ยวข้องที่ต้องการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายสามารถประเมินนโยบายในการลงทุนกับการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนระบบตู้จำหน่ายบัตรโดยสารแบบอัตโนมัติ

3.1.3 สามารถนำไปแบบจำลองไปพัฒนาต่อยอดเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถจำลองการปรับเปลี่ยนได้ต่อไป

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

3.2.1 งานวิจัยนี้มุ่งเน้นปัญหาในลักษณะตู้จำหน่ายบัตรอัตโนมัติสำหรับคนที่ไม่ได้ใช้บัตรเงินสด หรือผลกระทบในเชิงของผู้โดยสารชาวต่างชาติที่มีผลกระทบหลักในการรอคอยการซื้อบัตรโดยสาร

3.2.2 งานวิจัยยังจำกัดในลักษณะการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยผ่านการจำลองผ่านการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทางผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเท่านั้น

3.2.3 งานวิจัยยังไม่มีเก็บผลเชิงเวลาหรือเชิงปริมาณจริงจากสถานีเป็นการสมมติค่าทางคณิตศาสตร์ให้เห็นเป็นการลดลงเชิงเวลาของเวลาในการรอคอยเป็นร้อยละเชิงปริมาณเท่านั้น

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการใช้แบบจำลองโดยทฤษฎีแถวคอยจากการวิจัยของผู้วิจัยสรุปแบบเป็นการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายเชิงปริมาณได้ดังตารางที่ 2 โดยขั้นตอนแรกจะลองสมมติการปรับเปลี่ยนโดยกำหนดให้อัตราการเข้าใช้บริการ เป็นค่าใดๆ และพิจารณาผลกระทบเชิงเวลาในแถวคอยที่ลดลงในเชิงร้อยละ ซึ่งอ้างอิงแบบจำลองจากกรณี 2.2.2

ตารางที่ 2 ผลกระทบเวลาในการรอคอยลดลงเทียบกับการปรับเปลี่ยนตู้เชิงปริมาณ กรณี 2.2.2

เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสาร	เวลาในการรอคอยลดลงเป็นร้อยละ
การปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้ 30% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	72.5
การปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้ 50% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	83.3
การปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้ 100% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	92.7

จากตารางที่ 2 สามารถพิสูจน์ในเชิงทฤษฎีแถวคอยได้ แบบจำลองทางทฤษฎีสามารถคำนวณผลกระทบเชิงตัวเลขของเวลารอคอยในการเข้ารับบริการในมุมมองของผู้โดยสารที่เข้ารับบริการจากระบบจำหน่ายบัตรโดยสารเดิมเทียบกับการปรับเปลี่ยนตู้ใหม่เชิงปริมาณ

กรณี 2.2.3 การทดสอบจะมีการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสารทั้งหมดให้เป็นแบบที่สามารถซื้อได้หลายใบในกรณี ยกตัวอย่างตู้จำหน่ายบัตรโดยสารของเอ็มอาร์ทีที่เป็นระบบดิจิทัล สามารถดำเนินการด้วยการปรับเปลี่ยนซอฟต์แวร์ และลงสู่ตัวอย่างถ้ามีผู้โดยสารกลุ่มที่จะเดินทางพร้อมกัน โดยคิดว่าเป็น ร้อยละของจำนวนผู้โดยสารในแถวคอยทั้งหมด จะส่งผลทำให้เวลารอคอยลดลงเป็นร้อยละเท่าไร ถ้าเทียบกับตู้แบบเดิม

จากตารางที่ 3 สามารถพิสูจน์ในเชิงทฤษฎีแถวคอยได้ แบบจำลองทางทฤษฎีสามารถคำนวณผลกระทบเชิงตัวเลขของเวลารอคอยลดลงมากกว่าร้อยละ 50 แม้นเพียงผู้โดยสารกลุ่มมีแค่เพียง ร้อยละ 30 ของจำนวนผู้โดยสารทั้งหมดในแถวคอย

ในส่วน of กรณี 2.2.4 นั้นในการปรับเปลี่ยนโดยการพิจารณาในแบบจำลองในการปรับเปลี่ยนจากเดิมที่ไม่สามารถรับธนบัตรและไม่สามารถซื้อบัตรโดยสารพร้อมกันได้ในครั้งนี้ ให้เป็นตู้แบบรับธนบัตรได้และซื้อพร้อมกันได้หลายใบนั้น สามารถประเมินผลกระทบเชิงเวลาในการรอคอยได้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลกระทบเวลาในการรอคอยลดลงเทียบกับการปรับเปลี่ยนตู้เป็นแบบจำหน่ายบัตรโดยสารได้พร้อมกันหลายใบต่อสัดส่วนจำนวนผู้โดยสารกลุ่มเมื่อเทียบกับตู้แบบเดิม

เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสาร	เวลาในการรอคอยลดลงเป็นร้อยละ
ถ้ามีผู้โดยสารกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 30 ของ 1 แถวคอย กับตู้ที่ซื้อบัตรโดยสารพร้อมกันได้	56
ถ้ามีผู้โดยสารกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 50 ของ 1 แถวคอย กับตู้ที่ซื้อบัตรโดยสารพร้อมกันได้	71.2
ถ้ามีผู้โดยสารกลุ่มคิดเป็น ร้อยละ 70 ของ 1 แถวคอย กับตู้ที่ซื้อบัตรโดยสารพร้อมกันได้	89.4

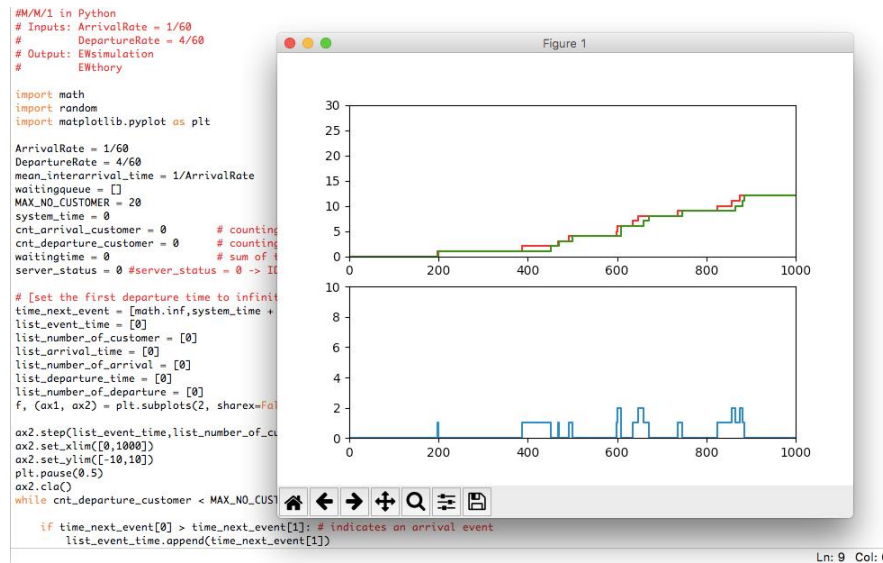
ตารางที่ 4 ผลกระทบเวลาในการรอคอยลดลงเทียบกับการปรับเปลี่ยนตู้เชิงปริมาณในกรณีเปลี่ยนแปลงตู้ให้เป็นตู้แบบรับธนบัตรได้และซื้อพร้อมกันได้หลายใบ

เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสาร	เวลาในการรอคอยลดลงเป็นร้อยละ
ปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้และสามารถซื้อบัตรโดยสารได้พร้อมกันในครั้งเดียว 30% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	76.6
ปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้และสามารถซื้อบัตรโดยสารได้พร้อมกันในครั้งเดียว 50% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	85.4
ปรับเปลี่ยนตู้ที่รับซื้อด้วยธนบัตรได้และสามารถซื้อบัตรโดยสารได้พร้อมกันในครั้งเดียว 100% ของจำนวนตู้เดิมที่มี	93.6

จากตารางที่ 4 ถ้ามีการปรับเปลี่ยนตู้จำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติเดิมโดยดำเนินการเปลี่ยนบางส่วนเป็นร้อยละ 30 ร้อยละ 50 และเปลี่ยนทั้งหมดตามลำดับ โดยถ้ามีผู้โดยสารที่ต้องการซื้อบัตรโดยสารหลายใบในแถวคอยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 ของจำนวนผู้โดยสารในแถวคอย จะมีเวลาในการรอคอยในแถวคอยลดลงมาก โดยเฉพาะถ้ามีการปรับเปลี่ยนแค่ ร้อยละ 30 ของตู้เดิมทั้งหมด เวลาในแถวคอยลดลงมาถึงร้อยละ 76.6

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นผลกระทบเชิงเวลาอย่างชัดเจนในกรณีที่เรานำมาใช้ในการปรับเปลี่ยนปริมาณตู้เทียบเพียงบางส่วนหรือปรับเปลี่ยนแค่ซอฟต์แวร์ของตู้จำหน่ายให้มีความสามารถมากขึ้น จะเห็นผลกระทบเชิงเวลาในแถวคอย ที่ใช้ประเมินนโยบายในการลงทุนกับการเพิ่มหรือปรับเปลี่ยนระบบตู้จำหน่ายบัตรโดยสารแบบอัตโนมัติได้ โดยที่ยังไม่ต้องพิจารณาแค่การเพิ่มตู้จำหน่ายบัตรโดยสารให้มากขึ้นเพียงเท่านั้น หรือจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนตู้ทั้งหมด

สุดท้ายการพิจารณาการเพิ่มจำนวนตู้จำหน่ายบัตรโดยสารควรจะเป็นกรณีสุดท้ายในการพิจารณาเพราะจำเป็นต้องใช้งบประมาณและทรัพยากรสูงที่สุด ทรัพยากรดังกล่าวอาทิเช่น ปริมาณคนดูแล เวลา หรือค่าใช้จ่าย เพราะในการเพิ่มตู้การให้บริการจะทำให้เวลาในแถวคอยนั้นลดลงตามลำดับอยู่แล้ว ในงานวิจัยนี้จึงสรุปผลการทดลองในรูปของผลการเพิ่มตู้การให้บริการในกรณีศึกษาที่ 2.2.1 โดยใช้การจำลองและสร้างกราฟ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ประยุกต์กับทฤษฎีแถวคอยเพื่อดูผลกระทบเชิงเวลาในการคอย

ผลการทดลองสุดท้ายคือการนำจำนวนผู้จำหน่ายบัตรโดยสารและจำนวนผลการเพิ่มปริมาณผู้มาพิจารณาและดูเวลาในแถวคอยโดยเทียบกับจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาในแต่ละเวลาได้ ผลการทดลองของการศึกษาและประเมินในงานวิจัยนี้ทำให้เห็นได้ว่าแบบจำลองทางทฤษฎีแถวคอยที่ศึกษาและนำเสนอนี้สามารถนำมาพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ให้เป็นเครื่องมือแนวทางในการจำลองระบบจำหน่ายบัตรโดยสารรถไฟฟ้าต่อไป ซึ่งจะมีข้อดีที่ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการจำลองตามผู้ให้บริการรถไฟฟ้าได้ตามที่ผู้ให้บริการแต่ละสถานี่ต้องการ

5. สรุป

ผลการทดลองและการประเมินผลกระทบของการปรับเปลี่ยนผู้จำหน่ายบัตรโดยสารรถไฟฟ้าจากแบบจำลองทางทฤษฎีแถวคอยในบทความนี้ สรุปได้ว่าทฤษฎีแถวคอยสามารถนำมาเป็นต้นแบบในการนำไปสู่การสร้างแบบจำลองผลกระทบการปรับเปลี่ยนผู้จำหน่ายบัตรโดยสาร ทั้งสี่กรณีที่ศึกษากับข้อจำกัดที่เกิดขึ้นของรถไฟฟ้ามวลชนของกรุงเทพมหานคร เพื่อประเมินผลกระทบเชิงเวลาโดยเฉพาะเวลาในแถวคอยได้ ผลการศึกษาและการประเมินผลสรุปได้ว่า การปรับเปลี่ยนชนิดของผู้โดยสารหรือการปรับปรุงผู้จำหน่ายบัตรโดยสารให้ดีขึ้นส่งผลให้เวลาในแถวคอยลดลงมากกว่าร้อยละ 50 โดยประโยชน์หลักของงานวิจัยนี้ จะนำแบบจำลองทฤษฎีแถวคอยใช้สร้างโปรแกรมประยุกต์ในการประเมินนโยบายการปรับเปลี่ยนระบบจำหน่ายบัตรโดยสารรถไฟฟ้าเทียบกับต้นทุนของทรัพยากรของผู้ให้บริการรถไฟฟ้าต่อไป โดยจะต้องทำการเก็บข้อมูลเชิงเวลา และปริมาณจากสถานีจริง และหาข้อมูลเชิงลบในแง่มุมอื่น ๆ เพิ่มเติม [11-12] เพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่จะช่วยนำไปสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์ต่อไป ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mono29New, “ต่างชาติง? ระบบซื้อตั๋วรถไฟฟ้าไทย ทำไมต้องต่อคิวแลกเหรียญที่หนึ่ง ซื้อบัตรอีกที่หนึ่ง!,” facebook.com [online], 2560, Available: <https://www.facebook.com/Mono29News/photos/a.252491181819709.1073741828.188107458258082/336059426796217/> [1 มีนาคม 2561].
- [2] Medhawint_CPSK, “BEM (MRT) ไม่คิดจะแก้ปัญหาผู้โดยสารขึ้นสถานีบ้างหรือครับ,” Pantip.com [online], 2559, Available: <https://pantip.com/topic/35309528> [1 มีนาคม 2561].
- [3] ปานวิทย์ ชูระนุติ, ทฤษฎีแถวคอย, ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย, กรุงเทพฯ, 2559, หน้า 83-100.
- [4] ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ, หลักการวิศวกรรมโทรคมนาคม, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ 2558, หน้า 435-482.
- [5] S. Poomrittigul, P. Tuwanut and L.Wuttisittikulkij, “Queuing Theory Analysis for Bangkok Rapid Transit Train Ticket System,” The 32nd International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2017), Korea, 2017, pp. 621-623.
- [6] BkkTrains, facebook.com [online], 2560, Available: <https://www.facebook.com/bkktrains/photos/a.486600744796379.1073741829.485999144856539/1078680428921738/> [1 มีนาคม 2561].
- [7] Y. Jiang and X. Lin, “Simulation and Optimization of the Ticket Vending Machine Configuration in Metro Stations Based on Anylogic Software,” Fourth International Conference on Transportation Engineering (ICTE 2013), China, 2013, pp. 754-760.
- [8] A. Khattak, Y. Jiang, H. Lu and J. Zhu, “Modeling and Simulation of Metro Transit Station Walkway as a State-dependent Queuing System based on the Phase-Type Distribution,” International Journal of Traffic and Transportation Engineering, Vol. 5, No. 5, 2016, pp. 103-111.
- [10] C. Yin, “Simulation of the queue system in ticket business based on Monte Carlo method,” 2010 The 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011), China, 2010, pp. 141-144.
- [11] วันนีขอเสนอ, “ทำไมระบบรถไฟฟ้าที่คนใช้เยอะที่สุดอย่าง BTS ถึงมีระบบจำหน่ายบัตรโดยสารแยกว่า MRT และ Airport Link,” Pantip.com [online], 2560, Available: <https://pantip.com/topic/36105045> [1 มีนาคม 2561].
- [12] สมาชิกหมายเลข 1124255, “MRT ระบบห่วยแตก,” Pantip.com [online], 2558. <https://pantip.com/topic/34350047> [1 มีนาคม 2561].