การจำลองสถานการณ์การให้บริการของรถสองแถวที่เหมาะสมในชั่วโมงเร่งด่วน เพื่อรองรับระบบขนส่งมวลชนจังหวัดนครราชสีมา

A Suitable Minibus Services Simulation in Rush Hour to Support the Public Transport System in Nakhon Ratchasima Province

ศุภกฤต พริ้วไธสง* สงวน วงษ์ชวลิตกุล มารุต โคตรพันธ์
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
84 หมู่ 4 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
Supagrid Prewthaisong* Sanguan Vongchavalitkul Marut Khodphan
Department of Engineering Management, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University
84 Moo 4, Baankoh, Mueang District, Nakhon Ratchasima 30000
*Corresponding author Email: chon_ok@hotmail.com
(Received: October 1, 2022; Revised: November 1, 2022 ; Accepted: November 21, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของรถสองแถวโดยการบริหารจัดการเดินรถให้มีจำนวนรถสอดคล้องกับช่วงเวลาการให้บริการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปัจจุบันการให้บริการยังขาดระบบที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้มารับบริการ ส่งผลให้เกิดปัญหาในเรื่องความแออัด เบียดเสียดกันบนรถโดยสาร และความไม่ปลอดภัยในการเดินทาง ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลในพื้นที่เมืองนครราชสีมาที่สำคัญ 2 จุดคือ บริเวณจุดจอดรถหน้าวัดพายัพและหน้าห้างสรรพสินค้าคลังพลาซ่าใหม่ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาช่วงเวลาการให้บริการและผู้รับบริการรถสองแถว และใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์หาจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่บริเวณจุดจอดรถในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ 1 ถึงระบบที่ 4 พร้อมทั้งหาช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิจัยพบว่า หน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า โดยการพิจารณาเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 1, 4, 5, 6, 8, 15 และ 4287 อีกสายละ 1 หน่วย ส่วนสาย 7 มีผู้มารับบริการมากที่สุดจึงพิจารณาเพิ่มเป็น 2 หน่วย และหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น โดยพิจารณาเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 2, 4, 5, 8, 10, 11 และ 14 อีกสายละ 1 หน่วย ในส่วนสาย 6 และ 7 มีผู้มารับบริการมากที่สุดจึงพิจารณาเพิ่มเป็น 2 หน่วย

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์ ระบบขนส่งสาธารณะ รถสองแถว การบริหารจัดการเดินรถ

ABSTRACT

This research is a study of the approach to improve service quality of minibuses by managing the number of buses in accordance with the appropriate service intervals and efficiency. Because at present, the service providers still lack a system that meet the needs of service users that may result in the problem of congestion and overcrowding on minibuses and unsafe trips. The researcher studied and collected data in 2 important areas at the bus stop in front of Payup Temple and New Klang Plaza

Department Store. Then, the data was analyzed for service intervals and service users of minibuses and used simulation techniques to find the average number of people waiting in the parking area during rush hour to compare the efficiency of System 1 to System 4 at the same time, find a 95 percent confidence interval. The results showed that the most suitable service unit during the morning rush hour by considering to increase the number of minibus trips of Line 1, 4, 5, 6, 8, 15 and 4287 by one server unit each as for the Line 7 has the most service users, so consider adding by two server units. The most suitable service unit during the evening rush hour by considering to increase the number of minibus trips of Line 2, 4, 5, 8, 10, 11 and 14 by one server unit each as for the Line 6 and 7 has the most service users, so consider adding by two server units.

Keywords: Simulation, Public transport system, Minibus, Bus schedule management.

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพการจราจรในเขตเมืองของจังหวัดนครราชสีมาประสบปัญหาความแออัดคับคั่ง การเดินทางมีความล่าช้าในชั่วโมงเร่งด่วนและมีแนวโน้มทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ก่อเกิดความเสียหายด้านเศรษฐกิจโดยรวมอีกทั้งยังส่งผลต่อภาพลักษณ์ของเมืองต้นแบบอัจฉริยะของชาวโคราชอีกด้วย การจัดให้มีระบบขนส่งมวลชนที่มีประสิทธิภาพของรัฐบาลได้ให้ความสำคัญและส่งเสริมรูปแบบการขนส่งระบบรางมากขึ้น เนื่องจากมีต้นทุนการเดินทางที่ต่ำและปลอดภัยกว่า โดยเฉพาะแนวคิดการพัฒนาระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit-LRT) ซึ่งน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการตอบโจทย์ ความต้องการในด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเดินทางของผู้โดยสารได้มากอีกทางเลือกหนึ่ง อย่างไรก็ตามการขนส่งด้วยรถโดยสารสาธารณะของรถสองแถวยังคงมีความจำเป็นต่อการขนส่งผู้โดยสารในเมืองนครราชสีมาอยู่และได้รับความนิยมมาเป็นเวลานาน ปัจจุบันยังไม่สามารถที่จะหาระบบขนส่งสาธารณะประเภทอื่นๆ ที่ดีกว่ามารองรับความต้องการในการเดินทางของประชาชนในเมืองได้ จากการสำรวจรถสองแถวที่ให้บริการเดินรถเฉพาะในเขตเทศบาล โดย สนข. โครงการศึกษาแผนแม่บทจราจรฯ [1] แบ่งออกเป็น 19 สาย มีจำนวนประมาณ 300 คัน และเดินรถนอกเขตเทศบาลเข้ามาในตัวเมืองอีก 11 สายจำนวน 100 คัน ระยะเวลาที่เริ่มให้บริการตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 20.00 น. ปัจจุบันได้พบปัญหาด้านการให้บริการขนส่งผู้โดยสารของรถสองแถวในบางพื้นที่ไม่สามารถให้บริการได้ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในเขตเมืองชั้นในรอบอนุสาวรีย์ย่าโมซึ่งมีจำนวนผู้มาใช้บริการเยอะมากในเวลาชั่วโมงเร่งด่วนที่ความต้องการการเดินทางมากกว่าความสามารถของระบบขนส่งที่มีอยู่จะรองรับได้ จากการศึกษาเรื่องความ สามารถให้บริการรถสองแถวต่อความต้องการของประชาชนในพื้นที่บริเวณสถานีรถไฟรางคู่ในอนาคต ของศุภกฤต พริ้วไธสง [2] พบว่าตรงบริเวณหน้าสถานีรถไฟจังหวัดนครราชสีมา การให้บริการของรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนทั้งเที่ยวขาเข้าเมืองและออกนอกเมือง มีปริมาณผู้ใช้บริการรถสองแถวเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาเรื่องประสิทธิภาพในการให้บริการและความปลอดภัยในการเดินทางเพราะมีจำนวนผู้โดยสารบางส่วนจำเป็นต้องยืนหรือห้อยโหนตรงบันใดทางขึ้นรถซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรณ์พิทักษ์ อาสน์สุวรรณ [3] ได้ศึกษาถึงสภาพการให้บริการของรถสองแถวในเมืองพัทยา พบปัญหาในลักษณะคล้ายๆ กันคือ มีรถมากเกินไปในเวลากลางวัน(ช่วงเวลาปกติ) แต่ไม่เพียง พอในเวลาเร่งด่วนอีกทั้งยังพบข้อร้องเรียนในด้านการให้บริการที่แจ้งไปที่สำนักงานขนส่งจังหวัดชลบุรีเป็น

ประจำ และงานวิจัยของ ปิติ จันทรุไทย [4] ได้การศึกษาพฤติกรรมผู้โดยสารในการเลือกใช้ระบบขนส่งสาธารณะในเขตเมือง: กรณีศึกษาเทศบาลนครนครศรีธรรมราช ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางเดินรถไม่ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการ ปัญหาตารางเวลาในการเดินรถที่ไม่แน่นอน การให้บริการที่ไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงระบบการให้บริการที่ดำเนินการโดยเอกชนซึ่งมุ่งเน้นผลกำไรมากกว่าการให้บริการเชิงสังคม และผลการสัมภาษณ์ผู้ขับรถสองแถวยอมรับว่ามีการจอดรถซ้อนคันและให้มีการโหนท้ายรถโดยสาร ด้วยเหตุนี้คนจึงไม่ค่อยให้ความเชื่อมั่นในการให้บริการรถสองแถวจึงได้หันมาใช้รถส่วนตัวกันมากขึ้น และในอนาคตเมื่อมีระบบขนส่งมวลชนนครราชสีมาเข้ามาให้บริการ ก็อาจส่งผลกระทบต่อจำนวนผู้โดยสารของรถสองแถวได้ เนื่องจากแนวเส้นทางการเดินรถของระบบขนส่งมวลชนกับรถสองแถวหลายสายมีความทับซ้อนเส้นทางเกิดขึ้น

ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิธีการจัดการเดินรถสองแถวให้มีประสิทธิภาพ สร้างความพึงพอใจให้กับผู้มารับบริการ ด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) หาจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่บริเวณจุดจอดรถในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นภายใต้ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) เพื่อมาวิเคราะห์หาจำนวนรถให้บริการที่เหมาะสมและเพียงพอกับอัตราการเข้ามารับบริการของลูกค้า อีกทั้งการศึกษานี้จะมีส่วนร่วมในการสร้างแนวทางการจัดการเดินรถสองแถวที่สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเดินรถสองแถวในเขตเทศบาลเมืองนครราชสีมาได้ในอนาคต

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 รูปแบบการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติช่วงเวลาการมาถึงของผู้ให้บริการและผู้รับบริการครั้งนี้ ได้ใช้รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจง 2 แบบคือ ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function: PDF) และฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ [5]

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \qquad (1)$$

$$F(x)=\phi[(x-\mu)/\sigma] \qquad (2)$$

เมื่อ $\phi(.)$, μ และ σ คือ ค่าฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามลำดับ

สำหรับการแจกแจงที่ใช้เพื่อพิจารณาการเข้ารูปสนิทของข้อมูลโดยการเปลี่ยนรูปฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (CDF) หรือ F(x) ให้อยู่ในรูปแบบสมการเชิงเส้นดังสมการที่ (3) และการแจกแจงแบบปกติสามารถแปลงให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นดังสมการที่ (4)

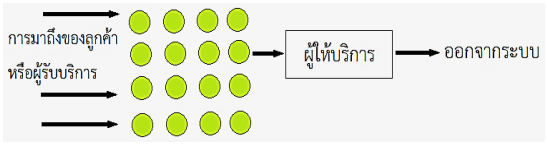
$$y=ax+b \qquad (3)$$

$$\phi^{-1}(F(x))=\frac{1}{\sigma}x-\frac{\mu}{\sigma} \qquad (4)$$

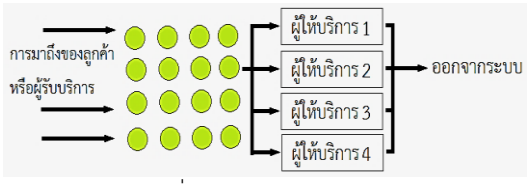
2.2 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

Shannon, Robert E. [6] ได้กล่าวว่า การจำลองสถานการณ์ คือ กระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริงภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป สำหรับการจำลองแบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) จากทฤษฎีแถวคอย เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาจำนวนหน่วยให้บริการที่เหมาะสมที่สุด ตามโครงสร้างแถวคอยเป็นแบบ M/M/1 คือระบบหนึ่งช่องให้บริการและมีหลายแถวคอย และแบบ M/M/S คือระบบหลายช่องให้บริการและมีหลาย

แถวคอย ลักษณะการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ซึ่งเป็นระบบการให้บริการของรถโดยสารสาธารณะแบบมีผู้ให้บริการหนึ่งช่องทาง-ขั้นตอนเดียวและแบบมีผู้ให้บริการหลายช่องทาง-ขั้นตอนเดียว ที่สามารถเพิ่มหน่วยให้บริการตามอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการได้



รูปที่ 1 โครงสร้างแบบ M/M/1



รูปที่ 2 โครงสร้างแบบ M/M/S

โดยปกติแล้วการมาของผู้มารับบริการเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนมีอัตราการเข้ามารับบริการเป็นแบบสุ่มและเป็นการยากที่จะบอกว่าผู้มารับบริการจะมาถึงเวลาใด และมีจำนวนเท่าใด การเข้ามาไม่ได้จำกัดจำนวนแถวหรือความยาวแถวคอย ดังนั้นการกล่าวถึงการมาของผู้มารับบริการจะเป็นแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนผู้รับบริการที่เข้ามาในช่วงเวลาหนึ่ง ในส่วนระยะเวลาในการให้บริการกับลูกค้าก็เป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนมีอัตราการเข้ามาให้บริการเป็นแบบสุ่มอีกเช่นกันเพราะโดยทั่วไปนั้นผู้ให้บริการรถสองแถวแต่ละสายมีช่วงระยะเวลาการมาถึงที่บริเวณจุดจอดรถไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ในรูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงระยะเวลาในการให้บริการในช่วงเวลาหนึ่ง

สำหรับจำนวนครั้ง (n) ในการจำลองแสดงในสมการด้านล่างคือ

$$n = \left(\frac{\sigma Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 \qquad (5)$$

เมื่อ $Z_{\alpha/2}$ คือขอบเขตบนที่ระดับนัยสำคัญ α

E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

2.3 การสร้างเลขสุ่ม (Random Number)

ในการจำลองสถาณการณ์นั้นต้องสร้างตัวแปรสุ่ม (Random Variables) แทนการเข้ามาของผู้รับบริการและการให้บริการของหน่วยผู้ให้บริการ ตัวเลขแบบสุ่มที่ได้อาจได้มาจากตารางเลขสุ่ม (Random number table) หรือซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ [7] ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ (Uniform)

2.4 ขอบเขตของการวิจัย

1) การเก็บข้อมูลตรงบริเวณจุดจอดรถสองแถว 2 จุด คือที่ถนนด้านหน้าวัดพายัพ มีจำนวนรถสองแถว 11 สาย ประกอบด้วยสาย 5, 7, 8, 11, 15, 20, 1307, 4140, 4234, 4287, 4416 และหน้าห้างสรรพสินค้าคลังพลาซ่าใหม่ (P2) มีจำนวนรถสองแถว 19 สายประกอบด้วยสาย 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 1307, 4140, 4234, 4287, 4416 ซึ่งทั้งสองจุดนี้มีจำนวนรถสองแถวแต่ละสายมารวมกันเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นจุดศูนย์กลางเมืองและการเดินรถจะมีลักษณะเป็นแบบเดินรถทางเดียว (One way) รอบอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี [8] ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 จุดสำรวจข้อมูล

2) ศึกษาเฉพาะในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น ซึ่งมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมากในแต่ละวันคือเวลา 7.00 น. ถึง 8.30 น. และเวลา 16.00 น. ถึง 18.00 น. ระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ตั้งแต่วันที่ 12-18 พฤศจิกายน 2563 เก็บข้อมูลในวันทำงานปกติและวันหยุดเสาร์

อาทิตย์ เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมถึงความต้องการในการเดินทางด้วยรถสองแถวสาธารณะของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับนำข้อมูลมาวิเคราะห์เบื้องต้นของการให้บริการและผู้มารับบริการ สอดคล้องกับงานวิจัยของกฤษฎา นามฉิมพลี [9] ที่เก็บข้อมูลในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าโดยใช้ระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ และในช่วงที่ศึกษานี้มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 จังหวัดนครราชสีมายังไม่มีมาตรการล็อกดาวน์ แต่ให้ประชาชนสวมหน้ากากตลอดเวลาทำให้ผู้มาใช้บริการแตกต่างไปจากก่อนหน้านี้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามในชั่วโมงเร่งด่วนผู้คนยังมีความจำเป็นต้องเดินทางไปทำธุระด้วยรถโดยสารสาธารณะเช่นเดิม

3) การให้บริการเป็นแบบ FIFO (First In First Out) รถคันไหนมาก่อนได้รับการบริการก่อนคันไหนมาทีหลังได้รับการบริการทีหลัง รถจะวิ่งเข้ามาในระบบทีละหนึ่งคันของแต่ละสาย และจะต้องรับบริการในระบบจนเสร็จไม่สามารถออกจากระบบก่อนที่จะสิ้นสุดการบริการได้

4) ระบบกำหนดให้จำนวนผู้โดยสารบนรถสามารถนั่งได้ 10 คนพอดีกับความจุของรถรถสองแถวในแต่ละเที่ยวของการเดินรถ

5) ระบบจะสิ้นสุดเมื่อผู้มาใช้บริการได้ขึ้นไปบนรถหรือมีคนลงจากรถเรียบร้อยแล้ว

6) ระบบแถวคอยที่ศึกษาเป็นแบบมีผู้ให้บริการหนึ่งช่องทาง-ขั้นตอนเดียว (Single channel, Single phase system) และแบบมีผู้ให้บริการหลายช่องทาง-ขั้นตอนเดียว (Multiple channels, Single phase system)

2.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

1) บันทึกจำนวนผู้มารับบริการ ช่วงเวลาผู้ให้บริการ จำนวนคนบนรถ และจำนวนคนลงรถ เพื่อหาอัตราและรูปแบบการแจกแจงของทั้งสี่ตัวแปร สำหรับการแจกแจงที่ใช้เพื่อพิจารณาเข้ารูปสนิท (Goodness of fit test) ของข้อมูลมีทั้งหมด 6 รูปแบบได้แก่ การแจกแจง Exponential, Weibull, Normal, Log Normal, Maximum Extreme Value และ Minimum Extreme Value โดยปรับให้อยู่ในรูปแบบสมการที่ (3) ตัวอย่างผลการทดสอบการแจกแจงของจำนวนคนบนรถสองแถวสาย 5 ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าหน้าวัดพายัพ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบจำนวนคนบนรถทั้ง 6 รูปแบบ

การแจกแจง	A	b	ค่าสหสัมพันธ์ R^2
Expo.	0.399	-2.484	0.861
Wei.	4.603	-10.338	0.961
Nor.	0.446	-3.949	0.966
Log Nor.	0.933	0.142	0.959
Max. Ex.	-0.551	4.202	0.946
Min. Ex.	0.539	-5.213	0.908

เมื่อพิจารณาค่า R^2 ของสมการเชิงเส้นจากการแจกแจงทั้ง 6 รูปแบบจากตารางที่ 1 พบว่าการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดคือ 0.966 จึงใช้รูปแบบนี้ในการวิเคราะห์หาโอกาสของเวลาในการหาจำนวนคนบนรถในแต่ละวันได้ และผลการทดสอบการแจกแจงอื่นๆ เช่น จำนวนผู้มารับบริการ ช่วงเวลาผู้ให้บริการและจำนวนคนลงรถ ก็อธิบายได้ในลักษณะเดียวกันซึ่งพบว่าการแจกแจงแบบปกติมีความเหมาะสมมากที่สุด

2) จำลองการทำงานของระบบด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทำการสร้างข้อมูลตัวเลขแบบสุ่มโดยใช้คำสั่ง rand() จากไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลและค่าตัวแปรสุ่ม x ที่ได้จากการนำค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากสมการ (4) มาทำการอินเวอร์สเพื่อหาค่า x [10] ดังสมการที่ (6) การจำลองระบบกำหนดให้มีจำนวนหน่วยผู้ให้บริการตั้งแต่ 1 หน่วยไปจนถึงหน่วยให้บริการสูงสุดที่ศึกษาคือ 4 หน่วย

$$x = \sigma\phi^{-1}(F(x)) + \mu \qquad (6)$$

2.1) การให้บริการหรือการปฏิบัติงานในหน่วยผู้ให้บริการถือว่าไม่มีข้อผิดพลาด ไม่มีการย้อนกลับไปทำงานใหม่ ผู้ที่เข้ามาในระบบต้องได้รับการบริการทุกคน

2.2) เวลาเริ่มต้นของระบบที่ 7.00 น. ทำการปล่อยรถสองแถวคันแรกเข้าสู่ระบบและกำหนดให้ยังไม่มี

ผู้รับบริการอยู่ในระบบ ซึ่งจะใช้ตัวเลขสุ่มแทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ เพื่อหาคำตอบของเวลาที่รถมาถึง จำนวนคนบนรถ จำนวนคนที่ขึ้นรถ และจำนวนคนลงรถในแต่ละช่วงเวลา

2.3) ผู้มารับบริการสามารถขึ้นไปบนรถได้ ถ้าบนรถสองแถวมีที่นั่งว่างแต่ต้องขึ้นได้ไม่เกินความจุของรถ (ความจุมาตรฐานของรถนั่งได้ 10 คนไม่มีการยืนบนรถ) และถ้ามีผู้โดยสารมากับรถเต็มพอดีหรือมากกว่าความจุรถ ผู้มารับบริการไม่สามารถขึ้นไปบนรถ แต่ถ้ามีจำนวนคนลงที่ป้ายนี้แล้วทำให้มีที่นั่งว่าง ผู้มารับบริการสามารถขึ้นไปบนรถได้

2.4) ผู้มารับบริการต้องคอยรถคันถัดไปเมื่อมีจำนวนผู้โดยสารมากับรถเต็มพอดีหรือมากกว่าความจุรถ ถึงแม้จะมีคนลงป้ายนี้แต่ยังมีผู้โดยสารบนรถมากกว่าหรือเท่ากับความจุของรถอยู่จึงไม่สามารถขึ้นไปบนรถได้ ซึ่งการทำงานของระบบแสดงตามรูปที่ 4 และรูปที่ 5

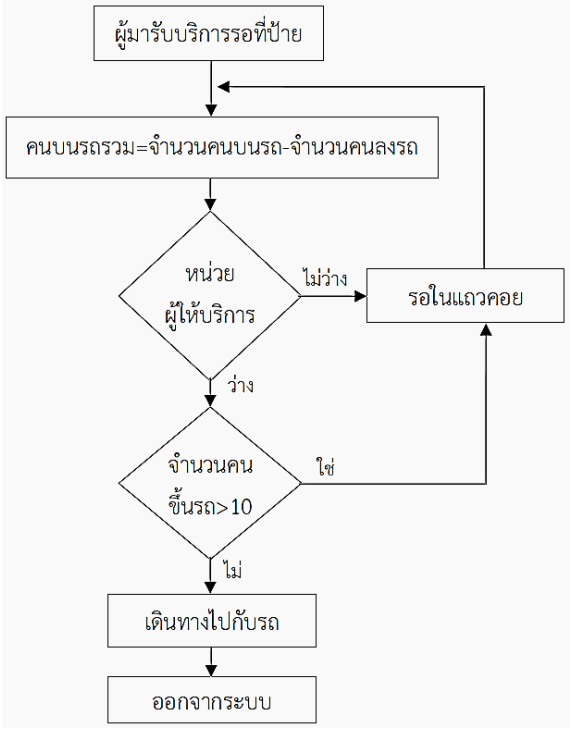
3) จำลองแบบที่สร้างขึ้นอย่างเป็นอิสระกัน กำหนดจำนวนรอบของการประมวลผล (number of replication) ด้วยสมการที่ (5) สำหรับการแจกแจงแบบปกติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.05 หรือประมาณ 0.443 ดังนั้นจะได้จำนวนครั้งของการจำลองสถานการณ์ (n) เท่ากับ 98.53 หรือประมาณ 100 ครั้ง ในแต่ละครั้งคำนวณค่าสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบที่ได้คือ จำนวนผู้มารับบริการของรถสองแถวเฉลี่ยในแถวคอยที่ป้าย ที่รอรับบริการอยู่ในหน่วยบริการที่ 1, 2, 3 และ 4 ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นโดยแสดงแบบจำลองดังรูปที่ 6 ถ้าให้ค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพของระบบแทนด้วย μ ดังนั้นหากจำลองระบบอย่างเป็นอิสระกัน 100 ครั้ง โดยใช้ขนาดตัวอย่าง 100 รายการ จะได้ X_i เป็นข้อมูลหรือผลจากการจำลองระบบ สามารถหาช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) (1-α)100% ของค่า μ [11] ได้จากสมการ (7)

$$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \qquad (7)$$

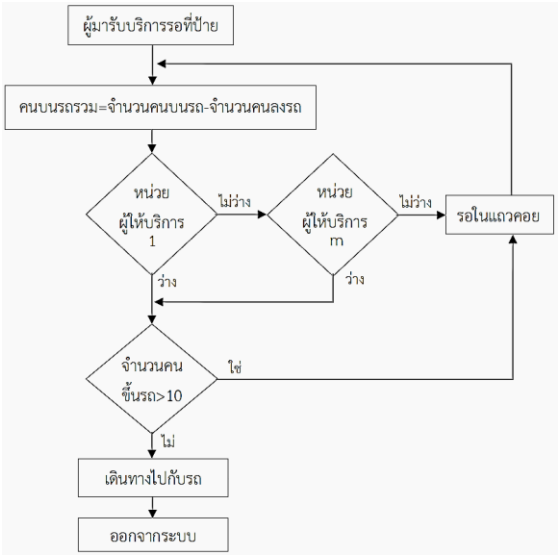
เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

S เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ประมาณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

$Z_{\alpha/2}$ เป็นค่าของตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐานที่มีพื้นที่หางด้านขวาเป็น $\alpha/2$



รูปที่ 4 แผนผังการจำลองระบบการทำงานที่มีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย



รูปที่ 5 แผนผังการจำลองระบบการทำงานที่มีหน่วยให้บริการมากกว่า 1 หน่วย

4) ประเมินประสิทธิภาพของระบบจากค่าสถิติและการประมาณค่าแบบช่วงที่ได้ พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจากการทดสอบด้วย ANOVA

	เวลาที่รถมาถึง	เวลาเฉลี่ย	เวลาจริง hh:mm:ss	จำนวนคนบนรถ	จำนวนคนขึ้นรถ	จำนวนที่ลงจากรถ	รวมคนบนรถ	ที่นั่งว่าง	คน>ความจุรถ? (ไม่เกิน10คน) คนคอยรถสายนี้	จำนวนคนคอยสะสม
	07:00:00	10.69	00:10:41							
1	07:10:41	9.49	00:09:29	7.32	2.90	1.25	8.97	1.03	0.00	0.00
2	07:20:11	11.03	00:11:02	9.76	2.07	0.00	10.00	0.00	1.83	1.83
3	07:31:13	12.17	00:12:10	13.95	2.90	0.62	13.33	0.00	2.90	4.73
4	07:43:23	10.39	00:10:23	7.36	0.56	2.02	5.90	4.10	0.00	0.63
5	07:53:46	16.43	00:16:26	9.88	0.00	2.20	7.68	2.32	0.00	0.00
6	08:10:12	12.14	00:12:08	9.25	1.16	1.00	9.41	0.59	0.00	0.00
7	08:22:20	11.57	00:11:34	8.19	2.21	2.93	7.47	2.53	0.00	0.00
8	08:33:55	10.17	00:10:10	10.00	0.54	0.28	10.00	0.00	0.26	0.26
9	08:44:05	8.67	00:08:40	8.66	2.04	1.75	8.95	1.05	0.00	0.00
10	08:52:45	8.83	00:08:50	7.38	2.20	2.73	6.85	3.15	0.00	0.00

รูปที่ 6 แบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์การให้บริการของรถสองแถว

2.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification) โดยทำการทดสอบการทำงานการให้บริการและผู้เข้ามารับบริการ ว่ามีลักษณะการทำงานเหมือนระบบการทำงานจริงหรือไม่ เช่น รถสองแถวเข้ามาให้บริการได้ทีละคันและรับคนได้ไม่เกินความจุของรถ ผู้มารับบริการต้องรอคอยคันถัดไปเมื่อไม่มีที่นั่งว่างบนรถ ซึ่งเป็นไปตามระบบงานจริง ดังในรูปที่ 4 และ 5 แสดงว่าแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองการให้บริการรถสองแถวมีความถูกต้อง

2.5.2 การตรวจสอบความเสมือนจริงของแบบจำลอง

ทำการตรวจสอบความเสมือนจริงของแบบจำลอง (Validation) เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถเป็นตัวแทนของระบบการทำงานจริงได้หรือไม่ ถ้าผลที่ได้จากการรันแบบจำลองกับผลที่ได้จากระบบงานจริงมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติจึงถือว่าการจำลองมีความถูกต้อง สามารถใช้วิเคราะห์ระบบงานจริงได้ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการทดสอบการรันแบบจำลองของช่วงเวลารถให้บริการ จำนวนคนบนรถ จำนวนคนขึ้นรถ และจำนวนคนลงรถ ของรถสองแถวสาย 5 ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าหน้าวัดพายัพ จำนวน 100 รอบและใช้การทดสอบแบบที โดยการตั้งสมมติฐาน H_0: $\mu_1 = \mu_2$ และ H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเสมือนจริงแบบจำลอง

ค่าที่ต้องการทดสอบ	t	df	Sig. (2-tailed)
ช่วงเวลารถให้บริการ Test Value = 10.40	.135	99	.893
คนบนรถ Test Value = 7.69	.430	99	.668
คนขึ้นรถ Test Value = 1.72	1.09	99	.277
คนลงรถ Test Value = 1.23	1.	99	.272

ผลการทดสอบปรากฏว่า Sig. มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ของทุกช่วงเวลา แสดงว่าผลที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับผลที่ได้จากระบบงานจริงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถทดแทนระบบงานจริงได้

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเดินรถสองแถว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการและผู้มารับบริการของรถสองแถว โดยพิจารณาจากสี่ตัวแปรคือ ช่วงเวลาที่รถมาเฉลี่ย (Arrival Time: AT) คนบนรถเฉลี่ย (On Minibus: OM) คนขึ้นรถเฉลี่ย (Get On: GO) และคนลงรถเฉลี่ย (Get OFf: GOF) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของแต่ละตัวแปร มีดังนี้

1) บริเวณจุดจอดรถหน้าวัดพายัพ

จากตารางที่ 3 ภาพรวมเวลาการให้บริการของรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าพบว่า มีช่วงเวลาการให้บริการของรถไม่เท่ากัน โดยที่รถสาย 7 มีความถี่การให้บริการเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ =7.95, S.D=1.41) ลำดับรองลงมาคือรถสาย 8 ($\overline{X}$ =9.14, S.D=2.56) ส่วนรถที่วิ่งให้บริการมีความถี่น้อยสุดคือรถสาย 4416 ($\overline{X}$ =

14.02, S.D=2.06) เนื่องจากเป็นการเดินรถจากต่างอำเภอในเขตรอบนอกและมีจำนวนรถไม่มาก ภาพรวมของคนบนรถที่มากับรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนบนรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =8.95, S.D=2.21) รองลงมาคือรถสาย 8 ($\overline{X}$ =8.69, S.D=2.79) ส่วนรถที่มีจำนวนคนบนรถน้อยสุดคือรถสาย 20 ($\overline{X}$ =6.09, S.D=2.01) ภาพรวมของคนขึ้นรถสองแถวพบว่า มีจำนวนคนที่แตกต่างกัน โดยที่รถสาย 1307 มีจำนวนคนขึ้นรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.77, S.D=1.56) รองลงมาคือรถสาย 8 ($\overline{X}$ =1.74, S.D=1.82) ส่วนรถสองแถวที่มีจำนวนคนขึ้นน้อยสุดคือ รถสาย 20 ($\overline{X}$ =1.15, S.D=1.35) และภาพรวมของคนลงรถสองแถว พบว่ามีจำนวนคนที่แตกต่างกันโดยที่รถสาย 7 มีจำนวนคนลงรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.40, S.D=1.30) รองลง มาคือรถสาย 11 ($\overline{X}$ = 1.26, S.D=1.16) ส่วนรถสองแถวที่มีจำนวนคนลงรถน้อยสุดคือ รถสาย 4234 ($\overline{X}$ =0.84, S.D=0.96)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการและผู้มารับบริการหน้าวัดพายัพ

รถสาย	ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า								ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น							
	AT	SD_AT	OM	SD_OM	GO	SD_GO	GOF	SD_GOF	AT	SD_AT	OM	SD_OM	GO	SD_GO	GOF	SD_GOF
5	10.40	2.85	7.69	1.97	1.72	1.56	1.23	1.21	11.25	3.31	8.37	2.06	1.40	1.04	1.14	1.05
7	7.95	1.41	8.95	2.21	1.52	1.59	1.40	1.30	9.52	2.26	9.59	2.11	1.51	1.58	1.24	1.28
8	9.14	2.56	7.77	2.79	1.74	1.82	1.03	1.08	10.55	3.06	8.72	2.45	1.64	1.82	1.78	1.43
11	9.76	3.12	6.84	1.92	1.47	1.48	1.26	1.16	10.79	2.91	7.85	1.82	1.41	1.36	1.53	1.35
15	11.92	2.52	6.90	2.02	1.50	1.47	1.12	1.02	12.53	2.38	7.34	2.18	1.45	1.50	1.25	1.25
20	11.72	2.37	6.09	2.01	1.15	1.35	0.94	0.84	12.94	2.42	7.15	1.96	1.13	1.21	1.16	1.09
1307	13.04	2.01	6.53	2.05	1.77	1.56	1.19	1.19	13.62	2.24	6.48	2.47	1.18	1.25	1.08	1.36
4140	12.40	2.46	6.29	2.01	1.46	1.57	0.96	0.94	12.78	2.21	7.46	1.95	2.06	1.78	1.40	1.31
4234	12.18	2.18	6.62	1.83	1.36	1.43	0.84	0.96	12.94	2.15	6.66	2.28	1.16	1.40	0.74	1.05
4287	12.45	2.52	7.12	1.80	1.53	1.43	1.00	1.02	13.03	2.43	7.16	2.11	1.74	1.68	1.10	1.26
4416	14.02	2.06	5.86	1.82	1.56	1.47	1.05	1.19	14.98	1.90	6.70	1.73	1.56	1.66	0.83	0.88

จากตารางที่ 3 ภาพรวมเวลาการให้บริการของรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็นพบว่า รถสาย 7 มีความถี่ในการให้บริการโดยเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ =9.52, S.D=2.26) ลำดับรองลงมาคือ รถสาย 8 ($\overline{X}$ =10.55, S.D=3.06) และรถที่มีความถี่น้อยสุดคือ รถสาย 4416 ($\overline{X}$ =14.98, S.D=1.90) ภาพรวมของคนบนรถที่มากับรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนบนรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =9.59, S.D=2.11) ลำดับรองลงมาคือรถสาย 8 ($\overline{X}$ =8.82, S.D=2.45) ส่วนรถสองแถวที่มีจำนวนคนบนรถน้อยสุดคือสาย 1307 ($\overline{X}$ =6.48, S.D=2.47) ภาพรวมของคนขึ้นรถสองแถวพบว่า รถสาย 4140 มีจำนวนคนขึ้นรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =2.06, S.D=1.78) รองลงมาคือรถสาย 4287 ($\overline{X}$ =1.74, S.D=1.68) ส่วนรถที่มีจำนวนคนขึ้นน้อยสุดคือรถสาย 20 ($\overline{X}$ =1.13, S.D=1.21) และภาพรวมของคนลงรถสองแถวพบว่า รถสาย 8 มีจำนวนคนลงรถเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.78, S.D=1.43) รองลงมาคือรถสาย 11 ($\overline{X}$ =1.53, S.D=1.35) ส่วนรถที่มีจำนวนคนลงรถน้อยสุดคือรถสาย 4234 ($\overline{X}$ =0.74, S.D=1.05)

2) บริเวณจุดจอดรถหน้าห้างคลังพลาซ่าใหม่

จากตารางที่ 4 ภาพรวมเวลาการให้บริการของรถสองแถวในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าพบว่า รถสาย 1 มีความถี่

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการและผู้มารับบริการหน้าห้างคลังพลาซ่าใหม่

รถสาย	ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า								ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น							
	AT	SD_AT	OM	SD_OM	GO	SD_GO	GOF	SD_GOF	AT	SD_AT	OM	SD_OM	GO	SD_GO	GOF	SD_GOF
1	8.79	1.84	8.64	2.10	1.39	0.89	0.86	0.84	9.70	2.13	7.44	2.11	1.55	1.28	1.02	1.01
2	9.89	2.48	8.53	1.79	1.63	1.63	0.95	0.91	10.18	3.20	8.35	2.01	1.61	1.65	1.11	1.33
4	10.24	2.57	9.17	1.68	1.43	1.60	1.21	1.36	10.60	2.98	9.00	1.90	1.39	1.51	1.11	1.17
5	10.54	3.83	7.41	2.06	1.43	1.36	0.98	1.15	11.91	3.81	8.27	1.75	1.63	1.55	1.00	0.95
6	11.28	4.11	8.13	1.51	1.65	1.56	1.02	1.11	12.44	4.28	8.14	1.62	1.73	1.88	1.11	1.45
7	9.00	2.53	8.93	1.73	1.51	1.73	1.24	1.30	9.13	2.88	9.12	1.98	1.70	1.71	1.36	1.37
10	10.05	2.20	8.30	2.13	1.32	1.42	1.23	1.20	10.72	2.81	8.71	2.13	1.27	1.44	1.15	1.16
11	9.74	2.67	8.52	1.61	1.26	1.39	1.05	1.15	9.98	2.74	8.76	1.97	1.28	1.46	1.23	1.15
12	10.30	2.76	8.30	1.68	1.33	1.31	0.95	1.25	11.58	3.23	8.11	1.82	1.30	1.48	1.04	1.18
13	11.32	2.99	7.11	2.09	1.40	1.50	0.96	0.98	11.56	3.15	8.09	2.03	1.50	1.69	1.24	1.29
14	12.10	2.59	8.17	1.69	1.38	1.52	0.88	0.87	13.26	3.26	8.34	1.82	1.48	1.71	1.08	1.28
15	11.63	3.35	8.49	2.32	1.59	1.58	1.10	1.07	12.61	3.53	8.64	2.68	1.33	1.46	1.22	1.23
18	11.86	2.94	8.84	2.34	1.48	1.40	1.12	1.08	12.41	3.06	7.86	2.48	1.31	1.37	1.03	1.07
20	10.52	2.41	8.68	1.99	1.55	1.32	1.07	1.09	12.00	2.66	8.39	2.58	1.47	1.42	1.14	1.20
1307	11.57	2.33	8.51	2.20	1.16	1.12	1.00	1.02	12.32	2.89	8.42	2.49	1.25	1.35	1.08	1.29
4140	12.93	3.01	8.39	1.86	1.37	1.48	1.17	1.18	12.85	2.52	7.82	2.36	1.27	1.53	1.13	1.64
4234	12.67	2.39	7.81	2.07	1.48	1.74	1.13	1.44	13.21	2.97	8.41	2.51	1.16	1.32	1.07	1.36
4287	12.12	2.27	7.78	2.28	1.34	1.64	1.14	1.34	12.86	2.55	8.41	2.11	1.44	1.37	1.11	1.23
4416	11.17	2.60	7.98	2.66	1.43	1.68	1.21	1.67	11.80	3.01	8.23	2.64	1.38	1.49	1.32	1.32

การให้บริการเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ =8.79, S.D=1.84) ลำดับรองลงมาคือรถสาย 7 ($\overline{X}$ =9.00, S.D=2.53) และรถที่มีความถี่น้อยสุดคือ รถสาย 4140 ($\overline{X}$ =12.93, S.D=3.01) ภาพรวมของคนบนรถที่มากับรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนบนรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =9.33, S.D=1.73) รองลงมาคือรถสาย 4 ($\overline{X}$ =9.27, S.D=1.68) ส่วนรถสองแถวที่มีจำนวนคนบนรถน้อยสุดคือสาย 4234 ($\overline{X}$ =7.81, S.D=2.07) ภาพรวมของคนขึ้นรถสองแถวพบว่า สาย 6 มีจำนวนคนขึ้นรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.65, S.D=1.56) รองลงมาคือรถสาย 2 ($\overline{X}$ =1.63, S.D=1.60) ส่วนรถสองแถวที่มีจำนวนคนขึ้นน้อยสุดคือรถสาย 1307 ($\overline{X}$ =1.16, S.D=1.12) และภาพรวมของคนลงรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนลงรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.24, S.D=1.30) ลำดับรองลงมาคือรถสาย 10 ($\overline{X}$ =1.23, S.D=1.20) ส่วนรถที่มีจำนวนคนลงรถน้อยสุดคือ สาย 1 ($\overline{X}$ =0.86, S.D=0.84)

จากตารางที่ 4 ภาพรวมเวลาการให้บริการของรถสองแถวในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นพบว่า รถสาย 7 มีความถี่การให้บริการเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$ =9.13, S.D=2.88) รองลงมาคือรถสาย 1 ($\overline{X}$ =9.70, S.D=2.13) และรถที่มีความถี่น้อยสุดคือ รถสาย 14 ($\overline{X}$ =13.26, S.D=3.26) ภาพรวมของคนบนรถที่มากับรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนบนรถเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =9.42, S.D=1.98) รองลงมาคือรถสาย 4 ($\overline{X}$ =9.00, S.D=1.90) และรถที่มีจำนวนคนบนรถน้อยสุดคือ สาย 1 ($\overline{X}$ =7.44, S.D=2.11) ภาพรวมของคนขึ้นรถสองแถวพบว่า รถสาย 6 มีจำนวนคนขึ้นรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.73, S.D=1.88) รองลงมาคือรถสาย 7 ($\overline{X}$ =1.70, S.D=1.71) ส่วนรถที่มีจำนวนคนขึ้น

น้อยสุดคือสาย 4234 ($\overline{X}$ =1.16, S.D=1.32) และภาพรวมของคนลงรถสองแถวพบว่า รถสาย 7 มีจำนวนคนลงรถโดยเฉลี่ยมากสุด ($\overline{X}$ =1.36, S.D=1.37) รองลงมาคือรถสาย 4416 ($\overline{X}$ =1.32, S.D=1.32) และรถที่มีจำนวนคนลงน้อยสุดคือ สาย 5 ($\overline{X}$ =1.00, S.D=0.95)

3.2 ผลการจำลองสถานการณ์

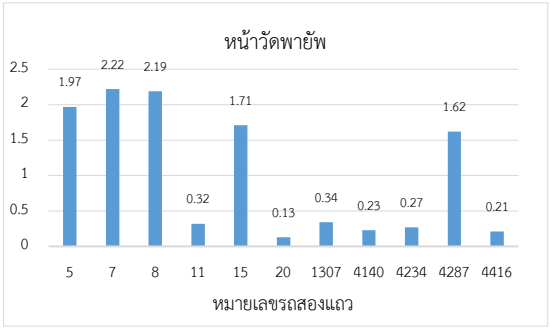
3.2.1 วิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์

วิเคราะห์ผลจากการจำลองสถานการณ์การให้บริการและผู้มารับบริการรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนจากทฤษฎีแถวคอยเพื่อหาจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่บริเวณจุดจอดรถหรือป้าย ซึ่งมีผลของการดำเนินดังนี้

1) หน้าวัดพายัพ

1.1) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

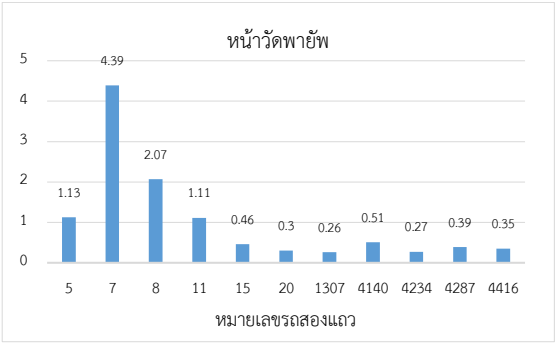
จากผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ณ บริเวณจุดจอดรถโดยสารสาธารณะของรถสองแถวหน้าวัดพายัพ โดยแสดงข้อมูลจุดวิกฤตจำนวนผู้มาใช้บริการรถสองแถวเฉลี่ยที่คอยอยู่บริเวณจุดจอดรถในแต่ละสาย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 7 พบว่า มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่ที่บริเวณจุดจอดรถไม่เท่ากัน โดยที่รถสาย 7 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.22 คน รองลงมาคือรถสาย 8 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ย 2.19 คน และจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยน้อยสุดคือ รถสาย 20 เท่ากับ 0.13 คน



รูปที่ 7 จุดวิกฤตจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในแต่ละสาย

1.2) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

จากผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ดังแสดงในกราฟรูปที่ 8 พบว่ารถสาย 7 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.39 คน รองลงมาคือรถสาย 8 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ย 2.07 คน และจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยน้อยสุดคือ รถสาย 1307 เท่ากับ 0.26 คน

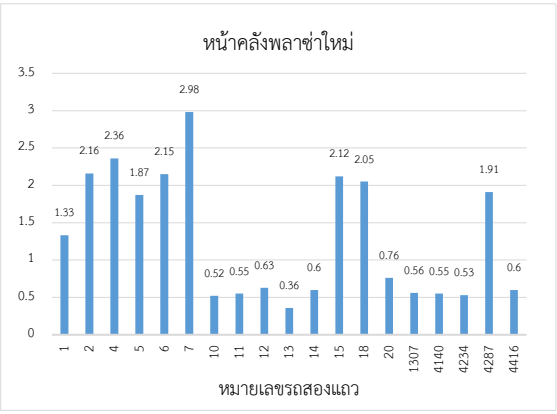


รูปที่ 8 จุดวิกฤตจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในแต่ละสาย

2) หน้าคลังพลาซ่าใหม่

2.1) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

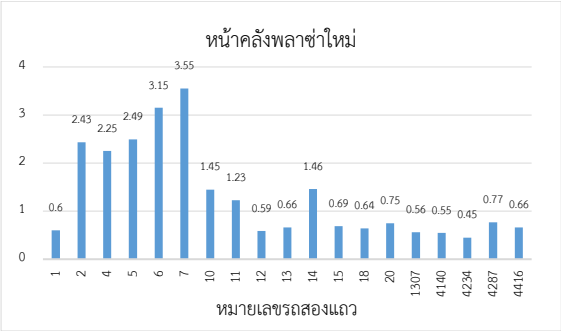
จากผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ณ บริเวณจุดจอดรถหน้าคลังพลาซ่าใหม่ โดยแสดงข้อมูลจุดวิกฤตจำนวนผู้มาใช้บริการรถสองแถวเฉลี่ยที่คอยอยู่บริเวณจุดจอดรถในแต่ละสาย ดังแสดงในกราฟดังรูปที่ 9 พบว่า มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่ที่บริเวณจุดจอดรถไม่เท่ากัน โดยที่รถสาย 7 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.98 คน รองลงมาคือรถสาย 4 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ย 2.36 คน และจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยน้อยสุดคือ รถสาย 13 เท่ากับ 0.36 คน



รูปที่ 9 จุดวิกฤตจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในแต่ละสาย

2.2) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

จากผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น โดยแสดงข้อมูลจุดวิกฤตจำนวนผู้มาใช้บริการรถสองแถวเฉลี่ยที่คอยอยู่บริเวณจุดจอดรถของแต่ละสาย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 10 พบว่ารถสาย 7 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.55 คน รองลงมาคือรถสาย 6 มีจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ย 3.15 คน และจำนวนคนมาคอยสะสมเฉลี่ยน้อยสุดคือ สาย 4234 เท่ากับ 0.45 คน



รูปที่ 10 จุดวิกฤตจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในแต่ละสาย

3.2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบและผลการจำลองแบบ

การจำลองระบบเริ่มจากระบบที่ 1 ให้มีหน่วยผู้ให้บริการเป็น 1 หน่วยจากระบบเดิมที่มีอยู่และระบบต่อมาจะเพิ่มหน่วยให้บริการขึ้นอีกทีละหน่วย จนกระทั่งครบตามจำนวนหน่วยที่ให้บริการทั้งหมด ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานรอง (H_1) ดังนี้

H_0: $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$ (จำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย)

H_1: มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

ซึ่งผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หน้าวัดพายัพ

1.1) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

เมื่อวัดประสิทธิภาพของทุกระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ดังตารางที่ 5 พร้อมทั้งหาช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากสมการที่ (7) พบว่า รถสาย 11, 20, 1307, 4140, 4234 และ 4416 ค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแต่ละคู่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรถสาย 5, 7, 8, 15 และ 4287 ค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมุติฐานหลักและยอมรับสมมุติฐานรองแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า แต่ละคู่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1.2) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

เมื่อวัดประสิทธิภาพของทุกระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ดังตารางที่ 5 พร้อมทั้งหาช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า รถสาย 15, 20, 1307, 4140, 4234, 4287 และ 4416 ค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แต่ละคู่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรถสาย 5, 7, 8 และ 11 ค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมุติฐานหลักและยอมรับสมมุติฐานรองแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แต่ละคู่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2) หน้าคลังพลาซ่าใหม่

2.1) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

เมื่อวัดประสิทธิภาพของทุกระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ดังตารางที่ 6 พร้อมทั้งหาช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า รถสาย 10, 11, 12, 13, 14, 20, 1307, 4140, 4234 และ 4416 ค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแต่ละคู่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรถสาย 1, 2, 4, 5, 6, 7, 15, 18 และ 4287 ค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมุติฐานหลักและยอมรับสมมุติฐานรองแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแต่ละคู่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2.2) ในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

เมื่อวัดประสิทธิภาพของทุกระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย โดยการเปรียบเทียบทีละคู่ดังตารางที่ 6

พร้อมทั้งหาช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า รถสาย 1, 12, 13, 15, 18, 20, 1307, 4140, 4234, 4287 และ 4416 ค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมุติฐานหลักแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แต่ละคู่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรถสาย 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11 และ 14 ค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมุติฐานหลักและยอมรับสมมุติฐานรองแสดงว่าจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แต่ละคู่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยหน้าวัดพายัพ

หน่วยผู้ให้บริการ	ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า					ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น				
	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)				ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
		1	2	3	4		1	2	3	4
5	1.450-2.490		0.040*	0.030*	0.010*	0.745-1.519		0.043*	0.019*	0.005*
7	1.671-2.771		0.081	0.011*	0.004*	3.529-5.258		0.069	0.029*	0.010*
8	1.532-2.843		0.039*	0.035*	0.023*	1.536-2.611		0.040*	0.006*	0.003*
11	0.143-0.495		0.327	0.171	0.106	0.711-1.502		0.017*	0.011*	0.001*
15	1.212-2.218		0.043*	0.015*	0.008*	0.238-0.686		0.571	0.237	0.176
20	0.046-0.221		0.717	0.483	0.334	0.124-0.478		0.611	0.467	0.189
1307	0.152-0.533		0.162	0.103	0.062	0.109-0.404		0.898	0.400	0.127
4140	0.055-0.396		0.854	0.746	0.491	0.274-0.738		0.842	0.641	0.513
4234	0.130-0.410		0.856	0.506	0.403	0.131-0.416		0.505	0.336	0.222
4287	1.150-2.099		0.028*	0.013*	0.004*	0.150-0.622		0.839	0.726	0.445
4416	0.068-0.344		0.730	0.719	0.542	0.148-0.555		0.714	0.394	0.215

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. บทสรุป

จากผลการวิเคราะห์ของแบบจำลองที่ได้นั้นนำมาใช้เป็นแนวทางการบริหารจัดการจำนวนรถสองแถวสายต่างๆ ที่เหมาะสม และสามารถช่วยลดระยะเวลาในการรอคอยรถในชั่วโมงเร่งด่วน โดยคำนึงถึงต้นทุนแปรผันในการเดินแต่ละครั้ง ซึ่งมีผลการดำเนินการดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการ

จากผลการเปรียบเทียบจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่บริเวณจุดจอดรถหน้าวัดพายัพของระบบการทำงานจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าพบว่าผลจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยโดยรวมของแบบจำลองลดลงจากระบบการทำงานจริงถึงร้อยละ 18.38 และใช้จำนวนรถเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 2.19 และในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นพบว่า ผลจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยโดยรวมของแบบจำลองลดลงจากระบบทำงานจริงถึงร้อยละ 29.89 และใช้จำนวนรถเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 2.75

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยหน้าคลังพลาซ่าใหม่

หน่วยผู้ให้บริการ	ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า					ช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น				
	ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)				ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค่า P-value)			
		1	2	3	4		1	2	3	4
1	0.965-1.702		0.047*	0.018*	0.001*	1.840-3.147		0.734	0.549	0.187
2	1.611-2.702		0.026*	0.012*	0.009*	2.406-3.898		0.030*	0.023*	0.021*
4	1.688-3.033		0.017*	0.005*	0.003*	2.594-4.514		0.046*	0.019*	0.004*
5	1.361-2.380		0.036*	0.027*	0.014*	0.994-1.913		0.025*	0.019*	0.004*
6	1.569-2.739		0.038*	0.029*	0.015*	0.872-1.587		0.235	0.041*	0.007*
7	2.339-3.628		0.065	0.033*	0.012*	0.352-0.821		0.096	0.005*	0.003*
10	0.299-0.737		0.522	0.488	0.289	0.378-0.939		0.031*	0.014*	0.012*
11	0.319-0.774		0.588	0.211	0.095	0.967-1.960		0.013*	0.008*	0.004*
12	0.391-0.862		0.812	0.650	0.396	0.454-0.922		0.587	0.191	0.144
13	0.188-0.525		0.444	0.314	0.173	0.378-0.899		0.802	0.464	0.180
14	0.385-0.809		0.798	0.704	0.499	0.483-1.024		0.044*	0.030*	0.026*
15	1.498-2.750		0.045*	0.041*	0.020*	0.366-0.754		0.779	0.563	0.151
18	1.487-2.612		0.041*	0.014*	0.002*	0.266-0.835		0.673	0.264	0.165
20	0.524-0.996		0.569	0.324	0.300	0.222-0.675		0.774	0.69	0.362
1307	0.292-0.833		0.884	0.694	0.442	0.509-1.027		0.559	0.443	0.306
4140	0.334-0.761		0.572	0.427	0.283	0.443-0.885		0.559	0.396	0.250
4234	0.263-0.803		0.750	0.556	0.460	1.840-3.147		0.859	0.357	0.535
4287	1.340-2.472		0.046*	0.034*	0.017*	2.406-3.898		0.658	0.461	0.363
4416	0.366-0.830		0.626	0.402	0.221	2.594-4.514		0.273	0.167	0.090

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากผลการเปรียบเทียบจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยที่รออยู่บริเวณจุดจอดรถหน้าคลังพลาซ่าใหม่ ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าพบว่า ผลจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยโดยรวมของแบบจำลองลดลงจากระบบทำงานจริงถึงร้อยละ 31.07 และใช้จำนวนรถเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 5.88 และในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นพบว่า ผลจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยโดยรวมของแบบจำลองลดลงจากระบบทำงานจริงถึงร้อยละ 28.32 และใช้จำนวนรถเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 4.08 ดังนั้นผลที่ได้จากแบบจำลองของจุดจอดรถทั้งสองจุดจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบการทำงานจริง

4.2 แนวทางการจัดการเดินรถสองแถว หน้าวัดพายัพและหน้าคลังพลาซ่าใหม่

เส้นทางการเดินรถจากจุดจอดหน้าวัดพายัพไปยังจุดจอดหน้าห้างสรรพสินค้าคลังพลาซ่า ระยะทางประมาณ 1.5 กิโลเมตรมีลักษณะเป็นการเดินรถแบบทางเดียว ในการพิจารณาเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของแต่ละสายนั้นจะพิจารณาทั้งสองจุดไปพร้อมกัน โดยดูจากผลการวิเคราะห์

จำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ย ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ซึ่งได้ผลการทดสอบแต่ละคู่มีค่าแตกต่างกัน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณีดังนี้

4.2.1 กรณีการเดินรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

1) เมื่อพิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 5 ที่รถวิ่งผ่านทั้งสองจุด พบว่าจุดวิกฤตที่มีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยมากอยู่ที่บริเวณจุดจอดหน้าวัดพายัพมีผู้มารับบริการมากกว่า ซึ่งหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุดกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีก 1 หน่วย

2) พิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 7 ที่รถผ่านทั้งสองจุด พบว่าจุดวิกฤตที่มีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยอยู่ที่บริเวณจุดจอดหน้าคลังพลาซ่าใหม่มีผู้มารับบริการมากที่สุด ซึ่งหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีก 2 หน่วย

3) พิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 15, 4287 ที่รถวิ่งผ่านทั้งสองจุด พบว่าจุดวิกฤตที่มีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยอยู่ที่บริเวณจุดจอดหน้าคลังพลาซ่าใหม่มีผู้มารับบริการมากกว่า ซึ่งหน่วยให้บริการที่เหมาะสมที่สุดกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีกสายละ 1 หน่วย

4) ในส่วนรถสาย 1, 2, 4, 6, 8 และ 18 ที่ไม่ได้วิ่งผ่านทั้งสองจุดนั้น แต่มีผลกระทบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยมากเช่นกัน ดังนั้นจึงกำหนดให้เพิ่มหน่วยผู้ให้บริการจากจุดจอดเหล่านี้ขึ้นอีกสายละ 1 หน่วย

4.2.2 กรณีการเดินรถสองแถวในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

1) เมื่อพิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 5, 11 ที่รถวิ่งผ่านทั้งสองจุด พบว่าจุดวิกฤตที่มีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยมากอยู่ที่บริเวณจุดจอดหน้าคลังพลาซ่าใหม่มีผู้มารับบริการมากกว่า ซึ่งหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุดกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีกสายละ 1 หน่วย

2) พิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 7 ที่รถผ่านทั้งสองจุด พบว่าจุดวิกฤตที่มีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยอยู่ที่บริเวณจุดจอดหน้าวัดพายัพมีผู้มารับบริการมากที่สุด ซึ่งหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีก 2 หน่วย

3) พิจารณาการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของสาย 6 ที่รถวิ่งผ่านเฉพาะหน้าห้างสรรพสินค้าคลังพลาซ่า พบว่ามีจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยมากที่สุด และหน่วยผู้ให้บริการที่เหมาะสมกำหนดให้เพิ่มขึ้นอีก 2 หน่วย

4) ในส่วนรถสาย 2, 4, 8, 10 และ 14 ที่ไม่ได้วิ่งผ่านทั้งสองจุดนั้น แต่มีผลกระทบจากจำนวนคนคอยสะสมเฉลี่ยมากเช่นกัน ดังนั้นจึงกำหนดให้เพิ่มหน่วยผู้ให้บริการจากจุดจอดนี้ขึ้นอีกสายละ 1 หน่วย

แต่ถึงอย่างไรก็ตามในการเพิ่มจำนวนเที่ยวรถของรถสองแถวสายต่างๆ ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงความจำเป็นและความคุ้มค่าในการเดินรถแต่ละครั้ง ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายผันแปรเช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสื่อม ค่าสึกหรอและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบกับจำนวนเที่ยวรถที่เพิ่มขึ้น แต่สิ่งสำคัญก็เพื่อให้ผู้มารับบริการเกิดความสะดวกสบายและปลอดภัยในการเดินทาง

4.3 อนาคตเมืองนครราชสีมากับรถสองแถว

เพื่อรองรับโครงข่ายคมนาคมที่กำลังจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะระบบขนส่งมวลชนจังหวัดนครราชสีมา สายสีเขียว ได้วางแผนที่จะสร้างสถานีจอดรถไฟฟ้าใกล้กับจุดจอดรถสาธารณะทั้งสองจุดนี้ ดังรูปที่ 3 โดยออกแบบให้รถสองแถวสามารถเข้าไปรับส่งผู้โดยสารในสถานีได้ ซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จและเปิดใช้บริการในปี 2571 สามารถรองรับผู้โดยสารได้ 100 คนต่อเที่ยว [1] มีประชาชนต้องเดินทางโดยระบบขนส่งมวลชนและรถสองแถวเป็นจำนวนมากบริเวณนี้ ดังนั้นภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา เทศบาลเมืองนคราชสีมา และสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ใช้เป็นแนวทางปรับปรุงสร้างโครงข่ายระบบจราจรและขนส่งในอนาคต และการสนับสนุนส่งเสริมนโยบายให้ประชาชนหันมาใช้บริการขนส่งสาธารณะหรือระบบขนส่งมวลชนให้มากขึ้น โดยกำหนดนโยบายการใช้ระบบตั๋วโดยสารร่วม (Common Ticketing System) เพื่อเชื่อมต่อการเดินทางทุกระบบ

เช่น รถไฟ รถไฟฟ้ารางเบา และรถขนส่งสาธารณะ ซึ่งทำให้ประชาชนได้รับความสะดวก ช่วยลดปัญหาการแข่งขันการแย่งชิงลูกค้าระหว่างกัน และผู้ให้บริการรถสองแถวพร้อมให้ความร่วมมือที่จะปรับปรุง ทั้งการให้บริการและสถาพรถให้มีความสะดวกสบาย และเหมาะสำหรับทุกคนอย่างแท้จริง เป้าหมายคือการพัฒนาเพื่อก้าวสู่เมืองที่กำลังเป็นสมาร์ทซิตี้ โคราชสมาร์ท ซิตี้ (Korat Smart City) ในอนาคต

4.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไป

1) งานวิจัยนี้ได้ศึกษา วิธีการบริหารจัดการจำนวนรถสองแถวสายต่างๆ ที่เหมาะสมในชั่วโมงเร่งด่วนด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อรองรับระบบขนส่งมวลชนจังหวัดนครราชสีมา รถไฟฟ้ารางเบา (LRT) สายสีเขียวที่ยังไม่เกิดขึ้นจริง ในอนาคตเมื่อโครงการระบบขนส่งมวลชนได้มีการเปิดให้บริการแล้วควรทำการศึกษาพฤติกรรมการเลือกใช้ระบบขนส่งมวลชนในสถานการจริง มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

2) การศึกษาด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์การนี้เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งไม่สามารถทดลองในสถานการณ์จริงได้เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องเวลา ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรเก็บข้อมูลให้มากกว่านี้เพื่อจะได้เป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลจริง หากผู้ที่จะนำข้อมูลวิจัยนี้ไปใช้ควรระมัดระวังในการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ เพราะข้อมูลอาจมีเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลเวลา อีกทั้งแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่ได้นำรายละเอียดปลีกย่อยของระบบการทำงานจริงมาพิจารณา เช่น สาเหตุอื่นๆ ที่ทำให้รถมาช้าผิดปกติ และต้นทุนของผู้ให้บริการรถสองแถวทั้งต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล และข้อมูลเชิงวิชาการจาก ผศ. ดร.ชัยนิกร กุลวงษ์ รวมถึงนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ช่วยลงพื้นที่เก็บข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] The Office of Transport and Traffic Policy and Planning (OTP), “Traffic and Public Transport Master Plan in Nakhon Ratchasima City (Final Report)”, Bangkok: Thailand, April 15, 2017.

[2] S. Prewthaisong, “The Minibus Service Capacity Towards the Needs of The People in The Areas of Double-Track Train Stations in The Future”, *In SMART LOGISITCS Proceeding of the 1st national Conference on Smart Logistics*, Burapha University, Chonburi, Thailand, 2018, pp. 217-229.

[3] K. Artsuwan, “Development of Quality of Service for Public Transportation in Pattaya City, Chonburi Province: A Case Study of Minibus (Blue Line)”, M.P.A. thesis, General Administration, Burapha University, Chonburi; 2014.

[4] P. Chantruthai, “A Study of Passenger Mode Choice Behavior of Urban Public Transport System: A Case Study of Nakhon Si Thammarat Municipality” , *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 32, no. 2, pp. 61-66, 2015.

[5] E. E. Lewis, “ Introduction to Reliability Engineering” , in Data and Distributions, 2th ed. Evanston, Illinois: John Wiley & Sons, Inc., 1994, pp. 102-139.

[6] Shannon, Robert E, *System Simulation the Art and Science*. New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1975.

[7] W. Nattratip, “Simulation Model on Lift Utilizing for Energy Saving: A Case Study of Building 15 at Rajabhat Institute Buriram”, M.S. thesis, Dept. Engineering Management,

Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University, Nakhon Ratchasima, 2003.

[8] K. Nanok. (2021, June 10). Map of Minibuses in Korat [Online]. Available: https://wekorat. com/ 2016/ 04/ 07/ 2- taewkorat- map- download

[9] K. Namchimplee, " Factors Influencing Traveling to Central Business District during the Morning Peak Hour: A Case Study of Nakhon Ratchasima Municipality", *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, vol. 5, no. 1, pp. 91-98, 2014.

[10] N. Chumrit, *Engineering Statistics*. Bangkok: SE-ED Publishing, 2013.

[11] N. Kamolsuk, "Queuing System Analysis: The Study of 7- Eleven at Muangthai- Patthara Branch", *MISJournal Faculty of Management and Information Sciences Naresuan University*, vol. 7, no. 1, pp. 66-78, 2012.