แบบจำลองจราจรสำหรับระบบทางด่วนพิเศษศรีรัช ด่านเก็บเงินพระรามเก้า

สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล[1] และ ปานวิทย์ ธุวนุติ[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: suvitp@gmail.com, panwit@it.kmtil.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การจำลองการจราจรสำหรับทางด่วนพิเศษศรีรัช ด้วยทฤษฎีแถวคอย แบบ M/M/c/K โดยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ เพื่อประเมินผลกระทบโดยรวมทั้งด้านการจราจรและเศรษฐศาสตร์ อาทิเช่น การขยายช่วงถนนเพื่อเพิ่ม buffer ของระบบ, การจัดช่องทางพิเศษ เพื่อลดเวลาการให้บริการ รวมไปถึง การจำกัดความเร็ว เพื่อลดอัตราการเข้าบริการของระบบ เป็นต้น โดยอาศัยข้อมูลการจราจรจริง มาวิเคราะห์และจำลอง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับ การแก้ปัญหาจราจรต่อไป

คำสำคัญ ทฤษฎีแถวคอย**,** การจราจร

1. บทนำ

ปัญหาการจราจรนับเป็นปัญหาที่เรื้อรังมานาน ส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม อาทิเช่น ปัญหาพลังงานน้ำมัน ปัญหามลพิษ รวมไปถึง การเสียเวลา เสียสุขภาพจิต เสียการเงินเพื่อการคมนาคม เป็นต้น โดยที่ผ่านมาได้มีความพยายามที่จะแก้ปัญหาการจราจรมาอย่างต่อเนื่อง โดยนักวิจัยจึงได้พยายามหาวิธี ที่จะลดทอนความหนาแน่นของการจราจร เช่น การทดลองใช้ระบบจำกัดความเร็วที่เปลี่ยนไปตามความหนาแน่นของการจราจรบนทางด่วน โดยวิธีนี้อาศัยระบบการจัดการที่เรียกว่า centralized traffic management [1] หรือ วิธีของ Kesting กับเพื่อนร่วมวิจัย [2] พวกเขาตั้งสมมติฐานว่า การเคลื่อนตัวของการจราจรจะไหลลื่นได้มากยิ่งขึ้น หากมีการเพิ่มจำนวนของรถที่ติดตั้งระบบ ACC(Adaptive Cruise Control)[2] คือระบบควบคุมความเร็วแบบปรับได้โดย ระบบ ACC จะสามารถเร่งเครื่องยนต์หรือชะลอเครื่องยนต์ได้โดยอัตโนมัติเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างรถที่เคลื่อนตัวอยู่ข้างหน้า ซึ่งพบว่า เมื่อมีรถที่ติดตั้งระบบ ACC เพียง 10% ของรถทั้งหมดบนทางด่วน การจราจรที่ติดขัดจะมีการเคลื่อนตัวได้ไหลลื่นกว่าเดิมมาก ทั้งนี้เป็นเพราะเวลาที่รถต้องหยุดอย่างเต็มตัวเมื่อรถติดได้ถูกหน่วงให้ช้าลงกว่าเดิม

นอกจากนี้ยังมีการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มาช่วยเช่น ระบบ Advanced Traffic Management Systems (ATMS) โดยระบบดังกล่าวมีการเก็บข้อมูลแบบ Real time และประมวลผลเพื่อแจ้งข้อมูลแก่ผู้เดินทางให้ทราบถึงสภาพการจราจรหรือระบบ Advanced Vehicle Control System (AVCS) คือระบบควบคุมรถ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ รวมไปถึงระบบ Advances in Navigation Systems เพื่อให้ข้อมูลการจราจรในอุปกรณ์ที่ติดตั้งมากับรถยนต์ เป็นต้น งานวิจัยดังที่กล่าวข้างต้นเป็นการหาระบบอัจฉริยะที่จะลดปัญหาการจราจรต่างๆ

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีระบบทางพิเศษที่นำมาช่วยลดปัญหาการจราจรแต่ยังพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้จำนวนมากก็ยังพบปัญหาการจราจรติดขัดโดยเฉพาะติดขัดบริเวณด่านเก็บเงิน บทความนี้จึงเสนอการนำทฤษฎีของแถวคอย มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรเพื่อจะลดปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งจะเป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยข้อมูลทางกายภาพของโครงสร้างทางด่วนพิเศษศรีรัช รวมไปถึงข้อมูลปริมาณการจราจร ที่เก็บบันทึกไว้จริง ซึ่งในที่นี้เราได้จำลองทางด่วนพิเศษศรีรัช ด้วยแบบจำลองทฤษฎีแถวคอย แบบ M/M/c/K และได้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ออกมา อาทิเช่น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาวะการจราจรหยุดนิ่งไม่สามารถเคลื่อนตัวได้ รวมไปถึงระยะเวลาทั้งหมดที่รถยนต์เข้าใช้บริการทางด่วนพิเศษ เป็นต้น

เมื่อทำการวิเคราะห์สภาพการจราจรปัจจุบันแล้ว ในบทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการจราจรทั้งหมดสามแนวทาง ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถทำได้จริง และสามารถทำได้ทันที อันได้แก่การเพิ่มระยะ buffer หรือการเพิ่มความจุของถนน เพื่อรองรับปริมาณรถที่เข้าแถวคอย , การลดเวลาอัตราการให้บริการ และสุดท้ายคือ การจำกัดอัตราการเข้ารับบริการ จากแนวทางที่นำเสนอ จึงได้ทำการใช้ทฤษฎีแถวคอยมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญ เพื่อเปรียบเทียบการแก้ปัญหาทั้งสามแนวทาง เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้บริหารได้ปรับเปลี่ยนต่อไป

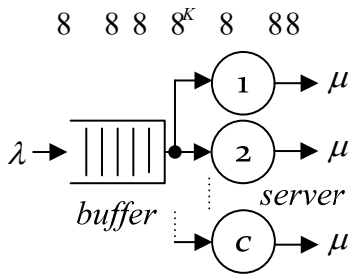
บทความนี้ประกอบไปด้วยทั้งหมดสี่ส่วน ส่วนแรก กล่าวถึงบทนำ จากนั้นกล่าวถึงทฤษฎีแถวคอย แบบ M/M/c/K ในส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมไปถึงแนวทางการแก้ปัญหาจราจร และในส่วนสุดท้ายเป็นสรุปผลการวิจัย

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบแถวคอยแบบ M/M/c/*K*

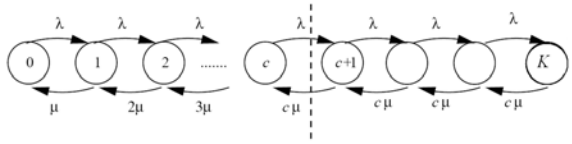
ระบบแถวคอยแบบ M/M/c/*K* เป็นระบบแถวคอยที่มีจำนวนผู้ให้บริการพร้อมๆกันหลายหน่วย จำนวน c หน่วย ในแบบขนาน และมีจำนวนแถวคอยจำกัด โดยค่า *K* แสดงถึงจำนวนของ customer มากสุดที่อยู่ในระบบ (จำนวน customer ที่อยู่ในแถวคอย (buffer) และ จำนวน customer ที่กำลังรับบริการ) บางครั้งเรียกระบบ M/M/c/*K* ว่า System with both

loss and delay [3],[4] และกำหนดให้ λ คืออัตราการข้าวของรถยนต์โดยมีโครงสร้าง และ μ คืออัตราการให้บริการ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบแถวคอยชนิด M/M/c/*K*

แสดง State Diagram ของระบบ M/M/c/*K* ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 State Diagram ของระบบแถวคอยชนิด M/M/c/*K*

จากระบบ กำหนดให้ λ และ μ มีค่าดังสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\lambda_k = \begin{cases} \lambda, for \quad k \le K \\ 0, for \quad k > K \end{cases} \tag{1}$$

$$\mu_k = \begin{cases} k\mu, \quad for \quad k < c \\ c\mu, for \quad k \ge c \end{cases} \tag{2}$$

จาก flow balance method ที่มีค่าดังสมการ (3) และ (4)

$$p_k \lambda = p_{k+1} k\mu \quad ,for \quad k < c \tag{3}$$

$$p_k \lambda = p_{k+1} c\mu \quad ,for \quad k \ge c \tag{4}$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะมี customer จำนวน k คน ในระบบ หรือความน่าจะเป็นที่สภาวะใดๆ (p_k) มีค่าดังสมการ (5)

$$p_k = \begin{cases} \frac{1}{k!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 & ,for \quad k < c \\ \frac{1}{c!c^{k-c}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 & ,for \quad c \le k \le K \\ 0 & ,for \quad k > K \end{cases} \tag{5}$$

เนื่องจาก ผลรวมความน่าจะเป็นทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจะได้ดังสมการ (6)

$$\sum_{k=0}^{c-1} \frac{1}{k!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 + \sum_{k=c}^{K} \frac{1}{c!c^{k-c}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 = 1 \tag{6}$$

โดยจะได้ว่า ค่า p_0 หรือค่า ความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่าง หาได้จากสมการ (7)

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{c-1} \frac{1}{k!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k + \frac{1}{c!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \cdot \left(\frac{1-\left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^{K-c+1}}{1-\frac{\lambda}{c\mu}}\right)} \tag{7}$$

2.2 การวัดประสิทธิภาพของของ M/M/c/*K* system

2.2.1 ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block (Blocking Probability : p_B)

หรือ ความน่าจะเป็นที่เกิดความสูญเสีย (Loss probability) เนื่องจากความจุของระบบ (System capacity) เต็ม ซึ่งถ้า customer เข้ามาถึงระบบแถวคอย และพบว่า ความจุของระบบเต็ม จะส่งผลทำให้ customer ออกไปจากระบบโดยไม่เข้าแถวคอยในกรณีของการจราจรนั้นจะพบว่า จะก่อให้เกิดการจราจรติดขัด คับคั่ง รถมีการหยุดตัวไม่เคลื่อนที่

ถ้าระบบเกิดสภาวะ System capacity เต็ม นั่นคือ มี customer จำนวน K คนอยู่ในระบบ ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการ Block จึงมีค่าดังสมการ (7)

$$p_B = p_{k=K} \tag{7}$$

ถ้ากำหนดให้ ความน่าจะเกิดการ Block เท่ากับ p_B จะได้ว่าความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการ Block มีค่า $1-p_B$ ดังนั้น เมื่อมี customer เข้ามาในระบบแถวคอย ด้วยอัตราเฉลี่ย λ จะส่งผลทำให้ customer จะเข้าระบบแถวคอยด้วยอัตราเฉลี่ยสุทธิเท่ากับสมการ (8)

$$\lambda_a = \lambda\left(1-p_B\right) \tag{8}$$

2.2.2 ความน่าจะเป็นที่เกิดการคอย (“Waiting Probability : p_d)

ถ้า customer เข้ามาถึงระบบแถวคอย และพบว่า ทุก ผู้ให้บริการ เต็ม แต่เนื่องจากความจุของระบบยังไม่เต็ม จะส่งผลทำให้ customer ต้องรอ ผู้ให้บริการว่าง ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ customer ต้องคอย หรือ ความน่าจะเป็นที่ ผู้ให้บริการ ทั้ง c หน่วยไม่ว่าง จะมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นที่มี customer อยู่ในระบบอย่างน้อย c หน่วย จากทั้งหมด K หน่วยจะได้ดังสมการ (9)

$$p_d = P\ (delay) = \sum_{k=c}^{K} p_k \tag{9}$$

2.2.3 จำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่รอในแถวคอย

จำนวนลูกค้าที่รอในแถวคอยจะเกิดเมื่อ มีจำนวนลูกค้ามากกว่า จำนวนผู้ให้บริการ ($k > c$) ดังนั้นในการหาค่า จำนวนลูกค้าเฉลี่ย ได้จากสมการ (10)

$$\overline{N_Q} = \sum_{k=0}^{K} k p_{k+c} = \sum_{k=c}^{K} (k-c) p_k \quad \text{เมื่อ } c \le k \le K \qquad (10)$$

จากสมการ (11)

$$p_k = \frac{1}{c!\,c^{k-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 \quad ,for \quad c \le k \le K \qquad (11)$$

จะได้ผลดังสมการ (12)

$$\begin{aligned}
\overline{N_Q} &= \sum_{k=c}^{K} (k-c) \frac{1}{c!\,c^{k-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k p_0 \\
&= \frac{p_0 c^c}{c!} \sum_{k=c}^{K} (k-c) \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^k \\
&= \frac{p_0 c^c}{c!} \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^c \sum_{k=c}^{K} (k-c) \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^{k-c} \\
&= \frac{p_0 c^c}{c!} \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^c \sum_{k=o}^{K-c} i \left(\frac{\lambda}{c\mu}\right)^i
\end{aligned} \qquad (12)$$

ให้ $\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$ จะได้ผลดังสมการ (13)

$$\overline{N_Q} = \frac{p_0}{c!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \left(\frac{\rho}{(1-\rho)^2}\right)\left[1 - \rho^{K-c+1} - (1-\rho)(K-c+1)\rho^{K-c}\right] \qquad (13)$$

2.2.4 เวลาเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย

จากสมการ (14) Little Law

$$\overline{W} = \frac{\overline{N_Q}}{\lambda'} \qquad (14)$$

2.2.5 จำนวนลูกค้าเฉลี่ยในระบบ

จากสมการ (15)

$$\begin{aligned}
\overline{N_Q} &= \sum_{k=c}^{K} (k-c) p_k \\
&= \sum_{k=c}^{K} k p_k - \sum_{k=c}^{K} c p_k \\
&= \sum_{k=o}^{K} k p_k - \sum_{k=o}^{c-1} k p_k - c \sum_{k=c}^{K} p_k \\
\overline{N_Q} &= \overline{N} - \sum_{k=o}^{c-1} k p_k - c \sum_{k=c}^{K} p_k
\end{aligned} \qquad (15)$$

จะได้ผลดังสมการ (16)

$$\overline{N} = \overline{N_Q} + \sum_{k=o}^{c-1} k p_k + c \sum_{k=c}^{K} p_k \qquad (16)$$

2.2.6 เวลาเฉลี่ยที่ถูกใช้ในระบบ

จากสมการ (17) Little Law

$$\overline{T} = \frac{\overline{N}}{\lambda'} \qquad (17)$$

3. การวิเคราะห์

จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางด่วนพิเศษศรีรัช ด่านเก็บเงินพระรามเก้า แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของด่านเก็บเงิน

จากลักษณะทางกายภาพของทางด่วนพิเศษศรีรัช พบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าดังนี้

- ค่า c คือ จำนวนด่านเก็บเงิน ซึ่งมีทั้งหมด 10 ด่าน โดยเป็นด่านปกติ 8 ด่าน และด่าน easy pass จำนวน 2 ด่าน
- ค่า K คือ จำนวนความจุมากสุดของระบบ (ค่า K คือค่าความจุที่รอคอยรวมกับจำนวนที่กำลังรับบริการ) ในที่นี้หาได้จาก อัตราส่วนของ ช่วงความยาวของถนน ที่ขยายเลนถนนออกมา เทียบกับความยาวรถโดยเฉลี่ย ในที่นี้ ช่วงความยาวถนนที่ขยายเลนออกมารองรับรถ มีค่าเท่ากับ 100 เมตร ความยาวรถโดยเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 4 เมตร และมีระยะห่างระหว่างรถเฉลี่ยอีก 1 เมตร จะได้ว่า ค่าความจุที่รถสามารถจอดคอยอยู่ได้ในแต่ละเลน มีค่าเท่ากับ 20 คัน ต่อเลน ดังนั้นค่า K เท่ากับ 21 คัน ต่อเลน เนื่องจากมีทั้งหมด 10 เลน จึงสรุปได้ว่า ค่าความจุทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 210 คัน และจากปริมาณการจราจร [5],[6] ในช่วงเวลาเร่งด่วน ที่มีการจราจรหนาแน่นที่สุด พบว่า
  - ค่า λ มีค่า เท่ากับ 7420 คัน/ชั่วโมง
  - ค่า τ มีค่า เท่ากับ 6 วินาที ดังนั้นค่า $\mu = 1/\tau$ มีค่าเท่ากับ 600 คัน/ชั่วโมง จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพต่างๆ ของระบบแถวคอย จะได้ผลจากการวิเคราะห์ทั้งหมดตามตารางที่ 1

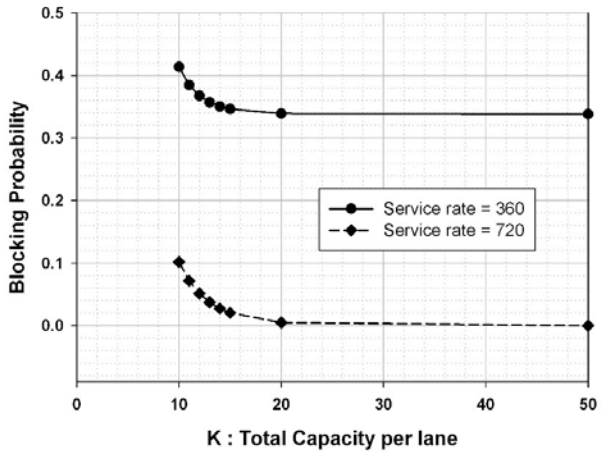
ตารางที่ 1 ผลจากการวิเคราะห์

ค่าพารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block (p_b) (7)	0.1914
ความน่าจะเป็นที่เกิดการคอย (p_d) (9)	1
จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่รอในแถวคอย $(\overline{N_Q})$ (15)	195.7746 คัน
เวลาเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย $(\overline{W})$ (14)	1.9577 นาที
จำนวนรถยนต์เฉลี่ยในระบบ $(\overline{N})$ (16)	205.7746 คัน
เวลาเฉลี่ยที่ถูกใช้ในระบบ $(\overline{T})$ (17)	2.0577 นาที

ดังนั้นเพื่อลดการติดขัดของการจราจร จึงได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณด่านเก็บเงินและ วิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

3.1 การเพิ่มจำนวน buffer

หรือการเพิ่มระยะของถนน เพื่อรองรับปริมาณรถยนต์ที่เข้ามารอคอยในระบบ หรือเพิ่มค่า K ของระบบ ซึ่งเมื่อค่า K มีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block (7) มีค่าลดลง ส่งผลทำให้การจราจรคล่องตัวมากขึ้น ไม่เกิดการหยุดนิ่งแสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า K ดังรูปที่ 4



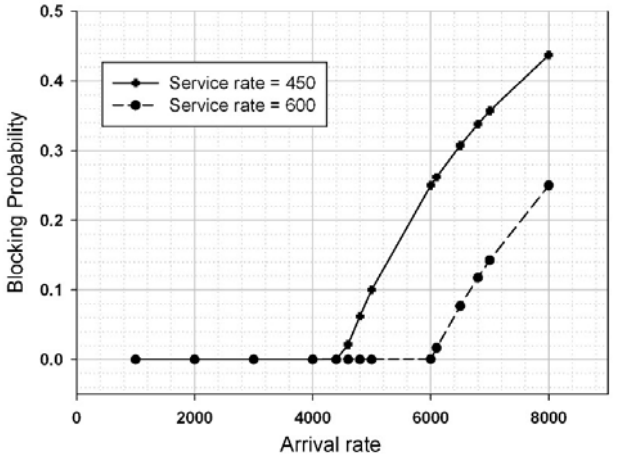
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า K ที่มีผลต่อ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block และ เวลาเฉลี่ยที่ถูกใช้ในระบบ

รูปที่ 4 แกนนอน แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า K แกนตั้งด้านซ้าย แสดงค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการ block

ในทางปฏิบัติจริงสามารถทำได้ทันทีคือ ย้ายตำแน่งการเก็บเงิน ถอยออกมา อีก หนึ่ง บล๊อก จะส่งผลทำให้เพิ่ม ระยะถนน อีก เลนละหนึ่งคัน ส่งผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการ Block มีค่าลดลง

3.2 การจำกัดความเร็วรถ ก่อนเข้ารับการบริการ

หรือเป็นการลดค่า λ ให้มีค่าน้อยลง โดยที่ เมื่อค่า λ มีค่าน้อยลง จะส่งผลทำให้ รถเคลื่อนที่ไปอย่างช้า ๆ มีการชะลอตัวของรถแต่จะไม่ทำให้รถเกิดสภาวะการหยุดนิ่ง ส่งผลทำให้ระบบโดยรวมของการเคลื่อนตัวของรถ ใช้เวลาที่น้อยกว่า รถเกิดสภาวะหยุดนิ่ง แสดงข้อมูลดังรูปที่ 5



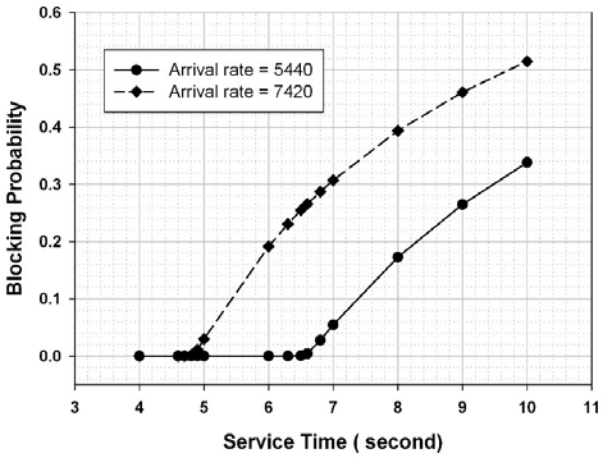
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า λ ที่มีผลต่อ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block และ เวลาเฉลี่ยที่ถูกใช้ในระบบ

รูปที่ 5 แกนนอน แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า λ แกนตั้งด้านซ้าย แสดงค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการ block

ในทางปฏิบัติจริง สามารถทำได้ โดยการติดกล้องเพื่อตรวจจับความเร็วรถ และให้มีตำรวจจราจรจับกุม ผู้ที่ขับรถเกินกว่าความเร็วที่กำหนด ทำให้ ผู้ขับขี่รถยนต์ ชะลอความเร็วรถลงมายังความเร็วที่กำหนด และจะส่งผลทำให้การจราจรโดยรวมเคลื่อนที่ไปได้ โดยไม่เกิดสภาวะหยุดนิ่ง

3.3 การลดเวลาการให้บริการ

หรือเป็นการเพิ่มค่าอัตราการให้บริการ (μ) ซึ่งเมื่ออัตราการให้บริการมีค่าเพิ่มขึ้น ย่อมส่งผลทำให้การจราจรของรถ ติดขัดน้อยลง ในที่นี้เพื่อลดเวลาการให้บริการอย่างเป็นรูปธรรม สามารถแก้ปัญหาได้โดยแบ่งช่องการให้บริการ เป็นสามแบบ โดยที่แบบแรกสำหรับรถ ที่เตรียมเงินค่าบริการไว้พอดี ไม่ต้องเสียเวลาทอนเงิน , แบบที่สองคือ ช่องทางของ Easy Pass และ แบบสุดท้าย สำหรับรถที่ต้องมีการทอนเงิน ทำให้มีเวลาการให้บริการมากกว่าแบบอื่น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่า μ แสดงค่ากราฟการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า μ ที่มีผลต่อ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ block และ เวลาเฉลี่ยที่ถูกใช้ในระบบ

รูปที่ 6 แกนนอน แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า μ แกนตั้งด้านซ้าย แสดงค่าความน่าจะเป็นที่เกิดการ block

จากกราฟพบว่า เมื่อ service time มีค่าน้อย (ค่า μ มีค่ามาก) จะส่งผลทำให้มีความน่าจะเป็นในการ Block มีค่าน้อย

4. สรุปผล

จากปัญหาการจราจรของทางด่วนพิเศษศรีรัช ด่านเก็บเงินพระรามเก้า พบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์จากข้อมูลทางกายภาพของทางด่วนพิเศษพบว่า ในช่วงเวลาเร่งด่วนนั้น จะมีการจราจรติดขัด ดังนั้น เพื่อเป็นการบรรเทาปัญหาการจราจร จึงได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ที่สามารถทำได้จริงทันที ทั้งหมดสามแนวทาง และจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี พบว่า วิธีที่การจำกัดความเร็วรถก่อนเข้ารับการบริการ และ การลดเวลาให้บริการ จะสามารถลดค่าความน่าจะเป็นที่รถยนต์จะหยุดนิ่งได้มีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Federal Highway Administration (1998) Intelligent Transportation Systems: Real World Benefits. FHWA-JPO-98-018, U.S.Department of Transportation.

[2] A. Kesting, M. Treiber, M. Schönhof, and D. Helbing *Extending Adaptive Cruise Control to Adaptive Driving Strategies* Transportation Research Record, Volume 2000, Pages 16-24 (2007).

[3] Ng Chee Hock, Chee H Ng, *Queueing Modelling Fundamentals: With Applications in Communication Networks*, A Wiley-Interscience Publication

[4] Donald Gross and Carl M.Harris, *Fundamentals of Queueing Theory*, A Wiley-Interscience Publication, 2008.

[5] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม. 2547. ปริมาณจราจร. แหล่งที่มา: http://www.exat.co.th

[6] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข) แหล่งที่มา http://www.otp.go.th/th/index.php/statistic.html, เข้าถึงเมื่อกรกฎาคม 2553