



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา และการสร้างแบบจำลองระบบสัญญาณไฟจราจร

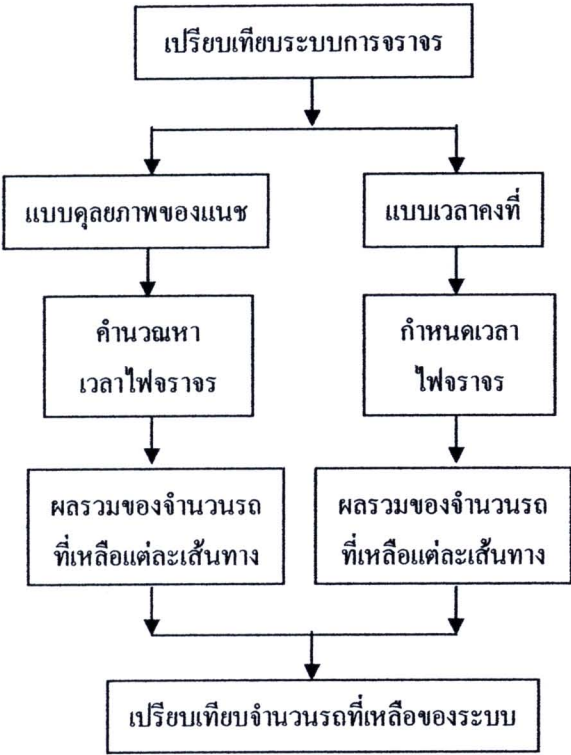
ในบทนี้กล่าวถึงวิธีการสร้างขั้นตอน เพื่อแก้ปัญหาระบบสัญญาณไฟจราจรแบบต่างๆเปรียบเทียบกับระหว่างแบบคุณภาพแนชและแบบเวลาคงที่ และขั้นตอนการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรของการจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรทั้ง 3 แบบ ได้แก่ 1. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิ้งทางเดียว (One way), 2. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง และ 3. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง ดังนี้

1. ขั้นตอนดำเนินการทดลองระบบสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจร หมายถึงเครื่องมือที่ควบคุมด้วยมือหรือทำงานอัตโนมัติเพื่อการควบคุมการไหลของกระแสการจราจร โดยการเปลี่ยนสีของหลอดไฟจราจรเพื่อให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนที่ยานพาหนะในการจราจรสายต่าง ๆ (พลเทพ เลิศวรรณิข, 2553) การทดลองงานวิจัยนี้กำหนดให้ 1 รอบสัญญาณไฟจราจรคือผลรวมของรอบเวลาที่เกิดสัญญาณไฟเขียวและสัญญาณไฟแดงมีค่าเท่ากับ 1 หน่วยเวลา

คุณภาพของแนช (Nash Equilibrium) (Rosen, 1965) คือ สภาพที่ผู้เล่นแต่ละคนเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดสำหรับตนเองเมื่อกำหนดกลยุทธ์ของคู่แข่งมาให้เป็นที่ยอมรับกันว่าคุณภาพของแนชอาจจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบ (System optimization) แต่เมื่อไม่กี่ปีมานี้ได้มีความพยายามวัดประสิทธิภาพคุณภาพของแนชซึ่งพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มีประสิทธิภาพห่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบเท่าใดนัก (Roughgarden, 2000) ซึ่งเกมอาจจะมีความหมายมากกว่า 1 แห่ง หรืออาจจะไม่มีคุณภาพก็ได้ โดยเกม (Game) หนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นการตัดสินใจนั้นต้องพิจารณาการตัดสินใจของอีกฝ่ายและเลือกสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับตน

ระบบทฤษฎีเกมเป็นการแข่งขันของผู้เล่นตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไปเพื่อให้ตัวเองได้รับผลประโยชน์ หรือค่าตอบแทนที่ดีที่สุด การจำลองเกมของระบบการจราจรเปรียบเหมือนการแข่งขันของผู้เล่น โดย 1. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิ้งทางเดียวเปรียบเหมือนเกมที่มีผู้เล่น 2 คน, 2. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทางเปรียบเหมือนเกมที่มีผู้เล่น 3 คน และ 3. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทางเปรียบเหมือนเกมที่มีผู้เล่น 4 คนด้วยกัน การแข่งขันของผู้เล่นระบบการจราจรทั้ง 3 แบบ และเพื่อให้เกิดความสมดุลของระบบมากที่สุด จึงมีการประยุกต์ใช้เกมการจำลองระบบการจราจรร่วมกับคุณภาพของแนชเพื่อหาเวลาสัญญาณไฟเขียว (I_g^i) และเวลาสัญญาณไฟแดง (I_r^i) ตามปริมาณรถที่วิ่งเข้า, ปริมาณรถที่วิ่งออก และปริมาณรถที่ยังเหลืออยู่ของระบบ เปรียบเทียบกับการควบคุมสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่ที่ใช้มากที่สุดในประเทศไทย (พลเทพ เลิศวรรณิข, 2553) ตามจำนวนรถวิ่งเข้า และจำนวนรถวิ่งออกเท่ากันในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรที่เท่ากันกับแบบคุณภาพของแนช เพื่อเปรียบเทียบทั้งสองระบบว่าแบบไหนมีประสิทธิภาพดีกว่า หรือมีจำนวนรถติดคงเหลือน้อยกว่ากัน โดยมีขั้นตอนการเปรียบเทียบแบบคุณภาพของแนช กับแบบเวลาคงที่ ดังภาพที่ 8

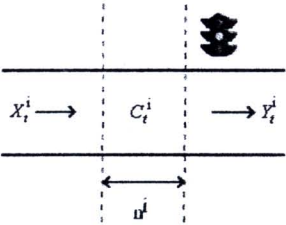


ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบการจำลองระบบไฟจราจรแบบคุณภาพของแนช กับแบบเวลาคงที่

2. แบบจำลองระบบสัญญาณไฟจราจร

การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจร

ลักษณะการเคลื่อนที่ของจำนวนรถตามระบบสัญญาณไฟจราจร การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจร กำหนดให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีสัญญาณไฟ 2 สีคือ สัญญาณไฟเขียวให้รถสามารถวิ่งผ่านได้ และสัญญาณไฟแดงให้หยุดรถรอสัญญาณไฟเขียว (Alvarez, Poznyak and Malo, 2007) กำหนดให้จำนวนรถที่วิ่งเข้าและวิ่งออกจากสัญญาณไฟจราจร มีลักษณะการเคลื่อนที่ของรถตามระบบสัญญาณไฟจราจรให้มีการเข้าและออกของรถเป็นแบบแถวคอยแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO queue) (พลเทพ เลิศวรรณิช, 2553) ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ลักษณะการเคลื่อนที่ของรถตามระบบสัญญาณไฟจราจร

โดยที่

n^i คือจำนวนรถสูงสุดบนถนน i

C_t^i คือจำนวนรถของถนนเส้น i ที่เวลา t

x_t^i คืออัตราของจำนวนรถที่วิ่งเข้าในหนึ่งรอบสัญญาณไฟของถนนเส้น i ที่เวลา t

y_t^i คืออัตราของจำนวนรถที่วิ่งออกในหนึ่งรอบสัญญาณไฟของถนนเส้น i ที่เวลา t

$C_{(t,g)}^i$ คือจำนวนรถหลังสัญญาณไฟเขียวของถนนเส้น i ที่เวลา t

$C_{(t,r)}^i$ คือจำนวนรถหลังสัญญาณไฟแดงของถนนเส้น i ที่เวลา t

S_t^i คือจำนวนรถวิ่งผ่านสัญญาณไฟเขียวถนนเส้น i ที่เวลา t

t คือรอบเวลาของการเกิดสัญญาณไฟจราจร โดยกำหนดให้ $t \in \mathbb{Z}^+$, $t \geq 0$

การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรทางแยกทั้ง 3 แบบ ได้แก่ 1. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิ่งทางเดียว, 2. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกทีละเส้นทาง และ 3. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกทีละเส้นทาง ในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรจะมีสัญญาณไฟจราจรเกิดขึ้นได้พร้อมกัน 2 กรณีคือ 1. กรณีถนนเส้นหนึ่งเกิดสัญญาณไฟเขียวตามด้วยสัญญาณไฟแดงและ 2. กรณีถนนเส้นที่เหลือเกิดสัญญาณไฟแดงตามด้วยสัญญาณไฟเขียว โดยจำนวนรถบนถนนเส้นที่ i ณ เวลา t สามารถคำนวณได้จาก

ระบบสัญญาณไฟเขียว

$$C_{(t+1,g)}^i = \begin{cases} n^i : x_{(t,g)}^i + C_t^i - y_{(t,g)}^i > n^i \\ x_{(t,g)}^i + C_t^i - y_{(t,g)}^i : 0 < x_{(t,g)}^i + C_t^i - y_{(t,g)}^i \leq n^i \end{cases} \quad (1)$$

จากสมการที่ 1 จะได้ว่า จำนวนรถติดที่คงเหลือหลังจากเกิดสัญญาณไฟเขียวของถนนเส้น i ที่เวลา $t + 1$ ($C_{(t+1,g)}^i$) เท่ากับจำนวนรถวิ่งเข้า ($x_{(t,g)}^i$) รวมกับจำนวนรถติดที่คงเหลือหลังจากเกิดสัญญาณไฟแดง (C_t^i) ลบด้วยจำนวนรถที่วิ่งออกไป ($y_{(t,g)}^i$) เมื่อเปิดสัญญาณไฟเขียวของถนนเส้น i ที่เวลา t

ถ้ามีจำนวนรถมากกว่าจำนวนรถสูงสุดบนถนน i (n^i) ให้จำนวนรถบนถนนมีค่าเท่ากับจำนวนรถสูงสุดบนถนน i และถ้ามีจำนวนรถระหว่าง 0 ถึงจำนวนรถสูงสุดบนถนน i ให้จำนวนรถมีค่าเท่ากับจำนวนรถนั้น ๆ บนถนนเส้น i

ระบบสัญญาณไฟแดง

$$C_{(t+1,r)}^i = \begin{cases} n^i : x_{(t,r)}^i + C_t^i > n^i \\ x_{(t,r)}^i + C_t^i : 0 < x_{(t,r)}^i + C_t^i \leq n^i \end{cases} \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 จะได้ว่า จำนวนรถติดคงเหลือหลังจากเกิดสัญญาณไฟแดงของถนนเส้น i ที่เวลา $t+1$ ($C_{(t+1,r)}^i$) เท่ากับจำนวนรถวิ่งเข้า ($x_{(t,r)}^i$) รวมกับจำนวนรถติดคงเหลือหลังจากเกิดสัญญาณไฟเขียวของถนนเส้น i ที่เวลา $t+1$ ($C_{(t+1,g)}^i$)

ถ้ามีจำนวนรถมากกว่าจำนวนรถสูงสุดบนถนน i ให้จำนวนรถบนถนนมีค่าเท่ากับจำนวนรถสูงสุดบนถนน i และถ้ามีจำนวนรถระหว่าง 0 ถึงจำนวนรถสูงสุดบนถนน i ให้จำนวนรถมีค่าเท่ากับจำนวนรถนั้น ๆ บนถนนเส้น i

$$\text{โดยกำหนดให้ } T = 1 \text{ หน่วยเวลา และ } T = l_r^i + l_g^i \quad (3)$$

โดยที่

T = เวลาในหนึ่งรอบสัญญาณไฟจราจร

l_r^i = เวลาของสัญญาณไฟแดงในถนนเส้นที่ i

l_g^i = เวลาของสัญญาณไฟเขียวในถนนเส้นที่ i

จำนวนรถติดรวมของถนนเส้น i ณ เวลา t

$$C_t^i = C_{(t,g)}^i + C_{(t,r)}^i \quad (4)$$

รถติดรวมทั้งระบบ (Social cost หรือ System cost) มีค่าเท่ากับจำนวนรถติดรวมทั้งระบบที่เวลา t

$$C_t = \sum_i C_t^i \quad (5)$$

3. แบบสัญญาณไฟจราจรแบบเกม

กำหนดให้ถนนแต่ละเส้นทางเป็นผู้เล่นโดยให้เซต (Set) ของผู้เล่นเป็น $M = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ แต่ละผู้เล่นต้องการที่จะลดจำนวนรถที่ติดอยู่บนถนนของตนเอง โดยการเลือกกำหนดช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว (Strategy) ซึ่งต้องเป็นไปตามเงื่อนไข (Constraints) ที่กำหนด เช่นเวลาไฟเขียวรวมของทั้งระบบต้องเท่ากับ 1 หน่วยเวลา

$$\text{ผู้เล่น } i \text{ เลือกเวลาสัญญาณไฟเขียว } l_{(g,t)}^i \in \mathbb{R}^+ \text{ โดยที่ } \sum_{i \in M} l_{(g,t)}^i = 1 \quad (6)$$

กำหนดให้สภาวะการณ์ของกลยุทธ์ (Strategy profile (P)) หรือบางครั้งคำตอบของระบบ (System solution) เป็นเวกเตอร์ (Vector) มีค่าเท่ากับ $(l_{(g,t)}^1, l_{(g,t)}^2, l_{(g,t)}^3, \dots, l_{(g,t)}^m)$ ซึ่งเป็นการรวมกลยุทธ์ หรือรวมเวลาสัญญาณไฟเขียวของแต่ละผู้เล่นทั้งระบบ จะได้

$$P_t = (l_{(g,t)}^1, l_{(g,t)}^2, l_{(g,t)}^3, \dots, l_{(g,t)}^m) \quad (7)$$

$$\text{โดยที่ } \sum_{i \in M} l_{(g,t)}^i = T$$

และกำหนดให้ผลตอบแทนของผู้เล่นที่ i (Payoff function) มีค่าตามสมการ (4) โดยสมาชิกแต่ละตัวมีวัตถุประสงค์ดังนี้

สำหรับผู้เล่นที่ i ณ เวลา t ผู้เล่นพยายามที่จะลดจำนวนรถโดยการกำหนดเวลาสัญญาณไฟเขียว ($I_{(g,t)}^i$) โดยที่ผู้เล่นอื่นมีสภาวะการณ์ของกลยุทธ์ (P) จะได้

$$\text{Min}_{I_{(g,t)}^i} C_i^i(P) \quad (8)$$

และต่อไปในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการละการเขียนสภาวะการณ์ของกลยุทธ์ (P) จากสมการที่ 8

4. จุดดุลยภาพของแนช

จุดที่สนใจศึกษาในงานวิทยานิพนธ์นี้คือจุดดุลยภาพของแนช คือจุดที่ผู้เล่นทุกคนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงยุทธวิธีเพื่อให้จำนวนรถบนถนนของตนลดลง โดยที่ผู้เล่นอื่นไม่เปลี่ยนแปลงยุทธวิธีเช่นกัน ดังนั้นจุดดุลยภาพของแนช คือสภาวะการณ์ของกลยุทธ์ (P_t^*)

$$P_t^* = (I_{(g,t)}^{1*}, I_{(g,t)}^{2*}, I_{(g,t)}^{3*}, \dots, I_{(g,t)}^{m*}) \quad (9)$$

ที่มีนิยามดังต่อไปนี้

นิยาม (จุดดุลยภาพของแนช) ในเกมสำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหากมีผู้เล่น $M = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ และแต่ละผู้เล่น i เลือกที่จะควบคุมเวลาสัญญาณไฟเขียว ($I_{(g,t)}^i$)* ณ เวลา t สภาวะการณ์ของกลยุทธ์ $P_t^* = (I_{(g,t)}^{1*}, I_{(g,t)}^{2*}, I_{(g,t)}^{3*}, \dots, I_{(g,t)}^{i*}, \dots, I_{(g,t)}^{m*})$ ที่เป็นจุดดุลยภาพของแนชสำหรับทุก ๆ ผู้เล่น i คือ

$$C_i^i(I_{(g,t)}^{1*}, \dots, I_{(g,t)}^{i*}, \dots, I_{(g,t)}^{m*}) \leq C_i^i(I_{(g,t)}^{1*}, \dots, I_{(g,t)}^i, \dots, I_{(g,t)}^{m*}) \quad (10)$$

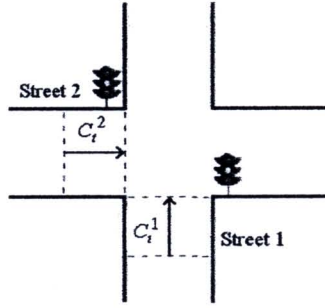
สำหรับทุก ๆ กลยุทธ์ของการควบคุมเวลาสัญญาณไฟเขียว ($I_{(g,t)}^i$) ณ เวลา t

5. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียว (One way)

5.1 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียว

ระบบสัญญาณไฟอย่างง่ายคือ ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียวโดยมีผู้เล่น 2 คน $M = \{1, 2\}$ ผู้เล่นแต่ละคนต้องการที่จะให้จำนวนรถบนถนนของตน (C_i^i) มีน้อยที่สุด ดังภาพที่ 10

* เนื่องจากว่าในแต่ละผู้เล่นเลือกกลยุทธ์ในการกำหนดเวลาสัญญาณไฟเขียว (I_g^i) และเวลาสัญญาณไฟแดง (I_r^i) โดยที่ $I_r^i + I_g^i = 1 = T$ ดังนั้นจึงเลือกที่จะละการเขียนเวลาสัญญาณไฟแดง (I_r^i) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก $1 - I_g^i$



ภาพที่ 10 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียว

5.2 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียว

การหาคุณภาพของแนช ตามนิยามจุดคุณภาพของแนชคือการหา $P_t = (l_{(g,t)}^1, l_{(g,t)}^2)$ ที่

$$\text{Min}_{l_g^1} C_t^1 \text{ และ } \text{Min}_{l_g^2} C_t^2 \quad (11)$$

โดยที่ $l_{(g,t)}^1 + l_{(g,t)}^2 = T$

ซึ่งเราเลือกใช้วิธีการ (Algorithm) ค้นหาคำตอบโดยใช้การค้นหาวิธีการอย่างง่าย (Simple Search Methods) (Porter, Nudelman, and Shoham, 2005) โดยมีหลักการและแนวคิด ดังนี้

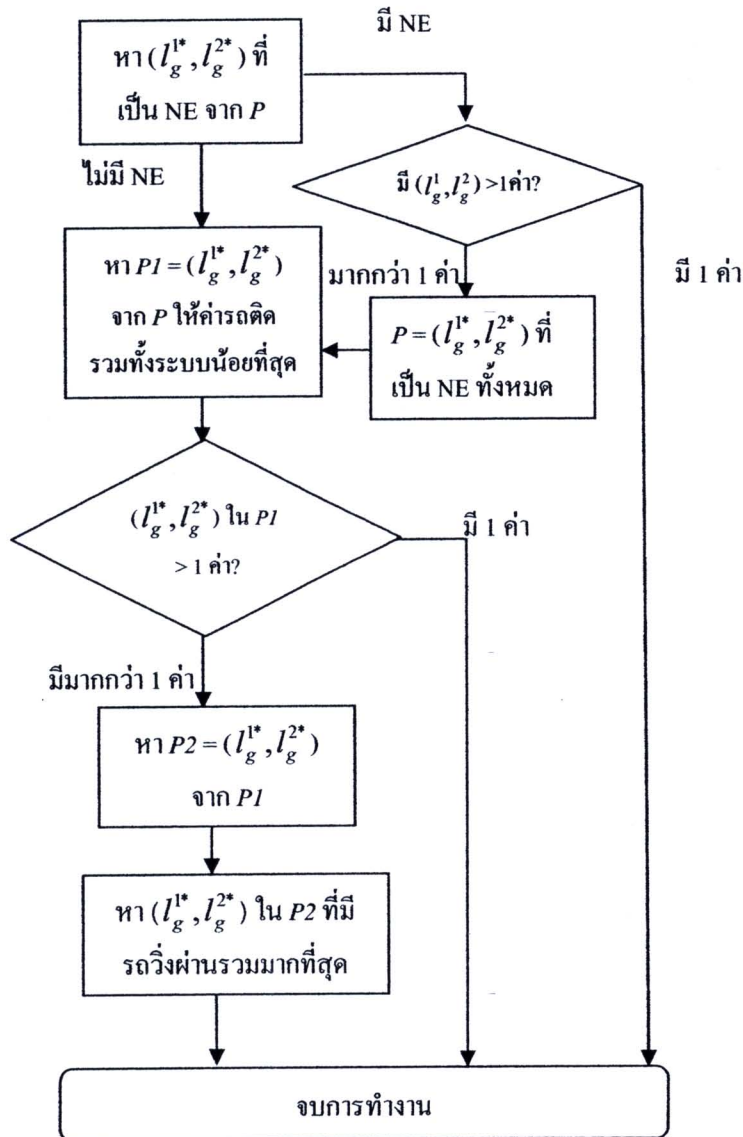
การค้นหาวิธีการอย่างง่ายเป็นแนวความคิดในการใช้การค้นหาแบบเฮอริสติก (Heuristic search) โดยการเลือกช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว ($l_{(g)}^i$) ของถนนแต่ละเส้นทางโดยกำหนดให้ผู้เล่น i มีพื้นที่ในการค้นหา (Supports หรือ Feasible solutions) ในช่วง $\{0, 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 1.0\}$ หน่วยเวลาแล้วทำการค้นหาสภาวะการณ์ของกลยุทธ์ (P_t) บนพื้นที่การค้นหาที่ตรงตามนิยามของจุดคุณภาพของแนชที่เราได้กำหนดไว้ โดยในการค้นหานี้ใช้การค้นหาแบบทั้งหมด (Exhaustive search) (Wikipedia, 2010)

5.3 ระบบเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ใช้คุณภาพของแนช

การพิจารณาเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรที่พัฒนาขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้จุดสมดุลของคุณภาพของแนช ซึ่งจะใช้คำว่า NE, ปริมาณรถติดรวม และปริมาณรถวิ่งผ่านสัญญาณไฟจราจร ระบบจะคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟเขียว (l_g^i) เมื่อ $i \in M = \{1, 2\}$ ซึ่งระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียวจะได้ (l_g^1, l_g^2) ที่จุดสมดุลของคุณภาพแนช หรือมีรถติดรวมน้อยที่สุด หรือรถวิ่งผ่านรวมมากที่สุด โดยมีรายละเอียดการพิจารณาดังภาพที่ 11

5.4 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจร

ให้ P เป็นเซตคำตอบ $\{(I_g^1, I_g^2)\}$ ที่เป็นไปได้ทั้งหมด



ภาพที่ 11 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรสี่แยกวงเวียนเดียว

ดังนั้นการหาผลตอบแทน หรือผลประโยชน์ที่ดีที่สุดของผู้เล่นแต่ละคน (C_i^i) เพื่อให้จำนวนรถติด
คงเหลือของคนเหลือน้อยที่สุด ในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรจากสมการที่ (4)

5.5 ขั้นตอนการหาเวลาสัญญาณไฟจราจรระบบดูยภาพแนชที่มีจุดสมดุลน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 ค่า

5.5.1 กรณีที่ไม่มีคุณภาพของแนชของระบบ

1. กรณีไม่มีค่าคุณภาพของแนชของระบบ ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อย
ที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

2. กรณีไม่มีค่าปริมาณรถคิดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด (จากข้อ 1) ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถที่วิ่งออก (y_i') ที่มีค่ามากที่สุด เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีไม่มีค่าปริมาณรถวิ่งออก (y_i') มากที่สุด ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

5.5.2 กรณีที่มีคุณภาพของเนชของระบบมากกว่า 1 ค่า

1. กรณีที่มีค่าคุณภาพของเนชของระบบมากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถคิดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
2. กรณีที่มีปริมาณรถคิดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถที่วิ่งออก (y_i') ที่มีค่ามากที่สุด และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 1 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีมีค่าปริมาณรถวิ่งออก (y_i') มากที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 2 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

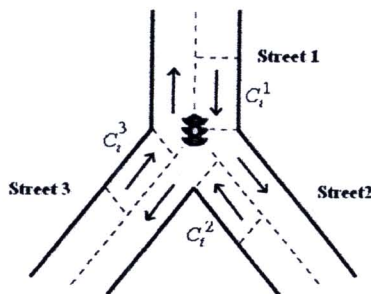
5.6 ขั้นตอนหรือกลวิธีในการดำเนินงานระบบการจราจรแบบเวลาคงที่

หาจำนวนรถคิดเฉลี่ยรวมทั้งระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิ้งทางเดียวแบบเวลาคงที่ โดยกำหนดให้เวลาสัญญาณไฟเขียวเท่ากับเวลาสัญญาณไฟแดง เท่ากับ 0.5 หน่วยเวลาในระบบสัญญาณไฟจราจร

6. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

6.1 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกสัญญาณไฟจราจร

คือ ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสามทางแยกโดยมีผู้เล่น 3 คน $M = \{1, 2, 3\}$ ผู้เล่นแต่ละคนต้องการที่จะให้จำนวนรถบนถนนของตน (C_i') มีน้อยที่สุด ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสามทางแยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

6.2 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

การหาคุณภาพของเนช ตามนิยามจุดคุณภาพของเนชคือการหา $P_i = (l_{(g,i)}^1, l_{(g,i)}^2, l_{(g,i)}^3)$ ที่

$$\min_{l_g^1} C_i^1, \min_{l_g^2} C_i^2 \text{ และ } \min_{l_g^3} C_i^3 \quad (12)$$

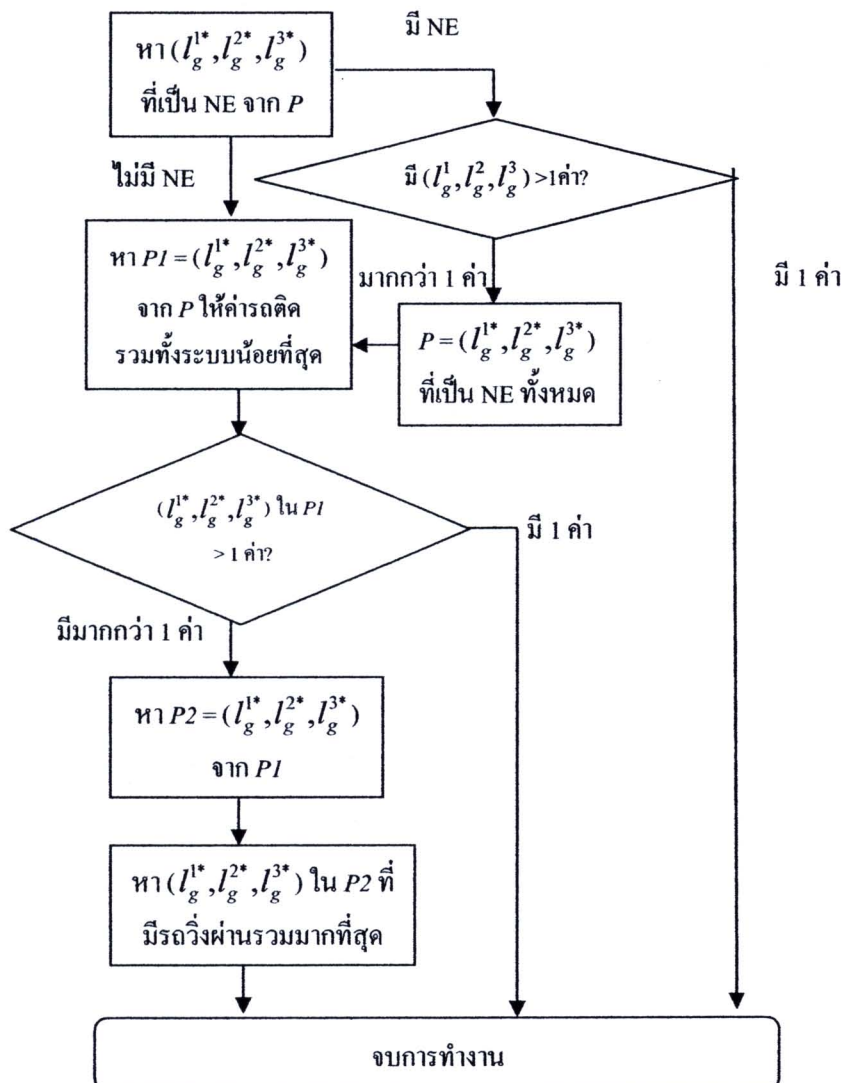
โดยที่ $l_{(g,t)}^1 + l_{(g,t)}^2 + l_{(g,t)}^3 = T$

6.3 ระบบเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ใช้คุณภาพของแนว

การพิจารณาเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรที่พัฒนาขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้จุดสมดุลของดุลยภาพแนช (NE), ปริมาณรถติดรวม และปริมาณรถวิ่งผ่านสัญญาณไฟจราจร ระบบจะคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟเขียว (l_g^i) เมื่อ $i \in M = \{1,2,3\}$ ซึ่งระบบสัญญาณไฟจราจรบนสามทางแยกจะได้ (l_g^1, l_g^2, l_g^3) ที่จุดสมดุลของดุลยภาพแนช หรือมีรถติดรวมน้อยที่สุด หรือรถวิ่งผ่านรวมมากที่สุด โดยมีรายละเอียดการพิจารณาดังภาพที่ 13

6.4 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจร

ให้ P เป็นเซตคำตอบ $\{(l_g^1, l_g^2, l_g^3)\}$ ที่เป็นไปได้ทั้งหมด



ภาพที่ 13 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรแบบสามทางแยก

ดังนั้นการหาผลตอบแทน หรือผลประโยชน์ที่ดีที่สุดของผู้เล่นแต่ละคน (C_i^j) เพื่อให้จำนวนรถติดคงเหลือของคนเหลือน้อยที่สุด ในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรจากสมการที่ (4)

6.5 ขั้นตอนการหาเวลาสัญญาณไฟจราจรระบบคุณภาพแนวที่มีจุดสมดุลน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 ค่า

6.5.1 กรณีที่ไม่มีคุณภาพของแนวของระบบ

1. กรณีไม่มีค่าคุณภาพของแนวของระบบ ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
2. กรณีไม่มีค่าปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด (จากข้อ 1) ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถที่วิ่งออก (y_i^j) ที่มีค่ามากที่สุด เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีไม่มีค่าปริมาณรถวิ่งออก (y_i^j) มากที่สุด ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

6.5.2 กรณีที่มีคุณภาพของแนวของระบบมากกว่า 1 ค่า

1. กรณีที่มีค่าคุณภาพของแนวของระบบมากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
2. กรณีที่มีปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถที่วิ่งออก (y_i^j) ที่มีค่ามากที่สุด และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 1 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีมีค่าปริมาณรถวิ่งออก (y_i^j) มากที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 2 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

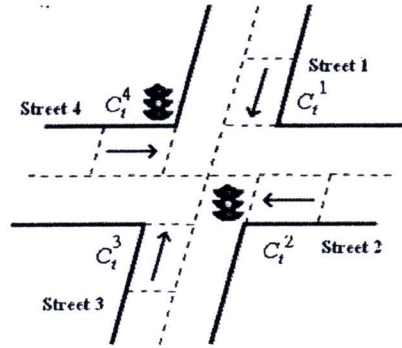
6.6 ขั้นตอนหรือกลวิธีในการดำเนินงานระบบการจราจรแบบเวลาคงที่

หาจำนวนรถติดเฉลี่ยรวมทั้งระบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทางแบบเวลาคงที่ กำหนดให้เวลาสัญญาณไฟเขียวเท่ากับเวลาสัญญาณไฟแดง เท่ากับ 0.33 หน่วยเวลาในระบบสัญญาณไฟจราจร

7. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

7.1 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

คือ ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง จะมีผู้เล่นทั้งหมด 4 คน $M = \{1, 2, 3, 4\}$ ผู้เล่นแต่ละคนต้องการที่จะให้จำนวนรถบนถนนของตน (C_t^i) มีน้อยที่สุด ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

7.2 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

การหาคุลยภาพของแนช ตามนิยามจุดดุลยภาพของแนชคือการหา $P_t = (l_{(g,t)}^1, l_{(g,t)}^2, l_{(g,t)}^3, l_{(g,t)}^4)$ ที่

$$\min_{l_g^1} C_t^1, \min_{l_g^2} C_t^2, \min_{l_g^3} C_t^3 \text{ และ } \min_{l_g^4} C_t^4 \quad (13)$$

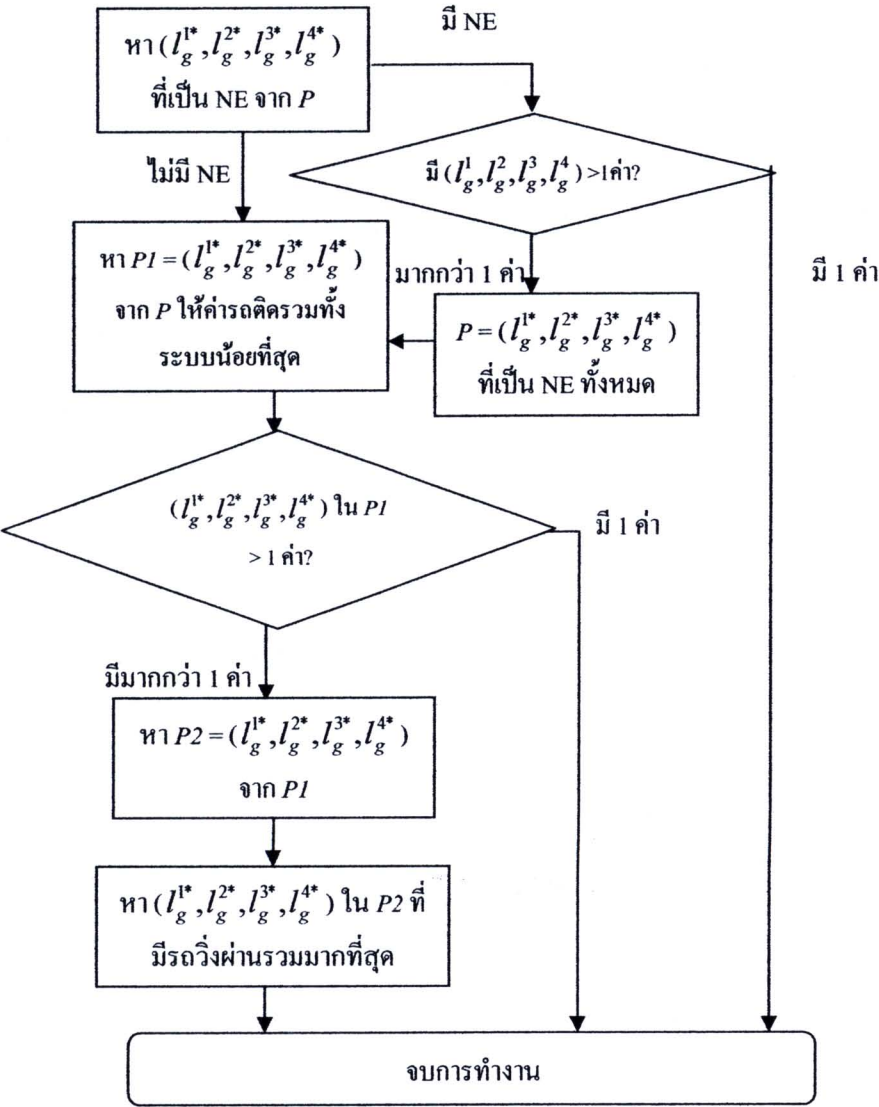
โดยที่ $l_{(g,t)}^1 + l_{(g,t)}^2 + l_{(g,t)}^3 + l_{(g,t)}^4 = T$

7.3 ระบบเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ดุลยภาพของแนช

การพิจารณาเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรที่พัฒนาขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้จุดสมดุลของดุลยภาพแนช (NE), ปริมาณรถติดรวม และปริมาณรถวิ่งผ่านสัญญาณไฟจราจร ระบบจะคำนวณคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟเขียว (l_g^i) เมื่อ $i \in M = \{1, 2, 3, 4\}$ ซึ่งระบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง จะได้ $(l_g^1, l_g^2, l_g^3, l_g^4)$ ที่จุดสมดุลของดุลยภาพแนช หรือมีรถติดรวมน้อยที่สุด หรือรถวิ่งผ่านรวมมากที่สุด โดยมีรายละเอียดการพิจารณาดังภาพที่ 15

7.4 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจร

ให้ P เป็นเซตคำตอบ $\{(I_g^1, I_g^2, I_g^3, I_g^4)\}$ ที่เป็นไปได้ทั้งหมด



ภาพที่ 15 ระบบการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รวิ้งออกที่ละเส้นทาง

ดังนั้นการหาผลตอบแทน หรือผลประโยชน์ที่ดีที่สุดของผู้เล่นแต่ละคน (C_i^t) เพื่อให้จำนวนรถติดคงเหลือของตนเหลือน้อยที่สุด ในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรจากสมการที่ (4)

7.5 ขั้นตอนการหาเวลาสัญญาณไฟจราจรระบบคุณภาพแซงที่มีจุดสมดุลน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 ค่า

7.5.1 กรณีที่ไม่มีคุณภาพของแซงของระบบ

1 กรณีไม่มีค่าคุณภาพของแซงของระบบ ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณรถติดรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

2. กรณีไม่มีค่าปริมาณردติรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด (จากข้อ 1) ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณردที่วิ่งออก (y_i') ที่มีค่ามากที่สุด เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีไม่มีค่าปริมาณردวิ่งออก (y_i') มากที่สุด ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

7.5.2 กรณีที่มีคุณภาพของแผนของระบบมากกว่า 1 ค่า

1. กรณีที่มีค่าคุณภาพแผนของระบบมากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณردติรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุดจากสมการที่ (5) เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
2. กรณีที่มีปริมาณردติรวมทั้งระบบที่มีค่าน้อยที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้พิจารณาเลือกเวลาจากปริมาณردที่วิ่งออก (y_i') ที่มีค่ามากที่สุด และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 1 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร
3. กรณีมีค่าปริมาณردวิ่งออก (y_i') มากที่สุด มากกว่า 1 ค่า ให้เลือกเวลาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรใด ๆ และเป็นเวลาที่อยู่ในเงื่อนไขจากข้อ 2 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบสัญญาณจราจร

7.6 ขั้นตอนหรือกลวิธีในการดำเนินงานระบบการจราจรแบบเวลาคงที่

หาจำนวนردติเฉลี่ยรวมทั้งระบบของสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกโดยกำหนดให้รด์วิ่งออกที่ละเส้นทางแบบเวลาคงที่ โดยกำหนดให้เวลาสัญญาณไฟเขียวเท่ากับเวลาสัญญาณไฟแดงเท่ากับ 0.25 หน่วยเวลาในระบบสัญญาณไฟจราจร