

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันปัญหาการจราจรทางถนนพบว่าเป็นปัญหาสำคัญสำหรับชุมชนเมืองทั่วโลกอย่างมาก เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมามากมายเช่น ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ความล่าช้าในการเดินทาง ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิต เป็นต้น จากการสังเกตการจราจรโดยรวมแล้ว ความคับคั่งของรถบนท้องถนนมักจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากบริเวณทางแยกที่มีการใช้สัญญาณไฟจราจร (ครรชิต ผิวนวล, มิ่งสรรพ ขาวสะอาด และปิยนุช เพียรชอบ, 2537)

ในประเทศไทยมีทางแยกสัญญาณไฟจราจรหลายหมื่นทางแยก ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการออกแบบระบบสัญญาณไฟจราจรให้มีความเหมาะสม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการเดินทาง ถ้ามีปริมาณจราจรสูงมากและระบบสัญญาณไฟจราจรที่ไม่เหมาะสมแล้ว ทำให้เกิดการล้นข้ามทางแยกดังจะเห็นได้ทั่วไปในช่วงเวลาเร่งด่วน จำเป็นต้องมีตำรวจจราจรเข้าควบคุมทางแยก ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งนอกเหนือไปจากการบังคับใช้กฎจราจรแล้วก็คือ การป้องกันไม่ให้เกิดการล้นข้ามทางแยกนั่นเอง

ปัจจุบันทุกคนตระหนักถึงสภาพการจราจรที่เลวร้ายและยังคงต้องประสบอยู่ทุกวัน มาตรฐานสากลของการคมนาคมที่นับว่าสะดวกคือยานพาหนะ จะต้องวิ่งได้ในอัตรา 25 กม.ต่อชม. เมืองใหญ่ทั่วไปมีความเร็วเฉลี่ย 15-20 กม.ต่อชม. โดยในตัวเมืองใหญ่ ๆ ที่มีผู้คนจำนวนมากในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนจะมีปริมาณการจราจรเข้าสู่ทางแยกในทุกทิศทางรวมประมาณ 1,500 – 2,000 คัน ขณะที่รอบสัญญาณไฟจราจร 1 รอบสัญญาณมีความยาวประมาณ 300 วินาที ซึ่งไม่สามารถระบายรถได้หมด ก่อให้เกิดความล่าช้าของรถแต่ละคันเฉลี่ยประมาณ 20 นาทีซึ่งเสียเวลาอย่างมาก ทางวิชาการถือว่าอยู่ในระดับเอฟ ซึ่งเป็นระดับที่แย่ที่สุด และอาจมีความวิกฤติทางด้านการจราจรยิ่งกว่านี้ในอนาคตอันใกล้ (พนกฤษณ คลังบุญครอง, 2547)

การควบคุมจราจรบนถนน โดยเฉพาะที่ทางแยก สามารถทำได้หลายแบบเพื่อความสะดวกและ ความปลอดภัยให้กับคนใช้ถนน การควบคุมที่สำคัญอย่างมากที่สุดก็คือการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งการควบคุมแบบนี้เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรสามารถปรับเข้ากับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

สัญญาณไฟจราจร หมายถึงเครื่องมือที่ควบคุมด้วยมือหรือทำงานอัตโนมัติเพื่อการควบคุมการไหลของกระแสการจราจร โดยการเปลี่ยนสีของหลอดไฟจราจรเพื่อให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนที่ยานพาหนะในการจราจรสายต่าง ๆ (พลเทพ เลิศรวนนิช, 2553)

ชนิดของระบบสัญญาณไฟจราจร มี 2 ประเภท ดังนี้

1. ระบบการควบคุมเวลาแบบคงที่ (Fixed-time Control) (พลเทพ เลิศรวนนิช, 2553) เป็นระบบสัญญาณไฟที่ถูกเลือกจากรูปแบบของระบบสัญญาณไฟจราจรที่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลที่เก็บมาก่อนในอดีต ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจร การควบคุมแบบคงที่ก็จะไม่สามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร

2. ระบบการควบคุมเวลาแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Adaptive Control) การควบคุมแบบนี้ใช้การเชื่อมโยงระหว่างเครื่องตรวจนับปริมาณการจราจร และจังหวะสัญญาณไฟจราจร มีการคาดการณ์ในอนาคตถึงปริมาณการจราจรเป็นอย่างไรต่อไป จึงคำนวณหาจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่มีความเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างเช่น ระบบ MODERATO (พลเทพ เลิศวรรณิข, 2553) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น โดยจะคำนวณระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเวลาจริง (Real-time) ใช้การคำนวณของสัดส่วนของจังหวะ (Split), ระบบ SCOOT (McDonald and Hounsell, 1991 and Hunt, Robertson, and Bretherton, 1982) ถูกพัฒนาขึ้นโดยกระทรวงคมนาคม (Department of Transport) ประเทศอังกฤษ เป็นระบบศูนย์รวมเพื่อคำนวณระบบสัญญาณไฟจราจรแบบออนไลน์ ซึ่งจะค่อยๆ เพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน, ระบบ SCATS (Lowrie, 1990) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศออสเตรเลีย ทำงานในการควบคุมโครงข่ายจราจร ระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบนี้ใช้หลักการของระดับความอิ่มตัว (Degree of saturation) ในการคำนวณหาค่ารอบเวลาและสัดส่วนของช่วงระยะเวลาการจราจร และทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในรอบของระบบสัญญาณไฟจราจร ระบบเหล่านี้มีความสามารถในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ดีกว่าการควบคุมเวลาแบบคงที่ อย่างไรก็ตามระบบเหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสูง และไม่สามารถนำมาพัฒนาได้เพราะเป็นลิขสิทธิ์ของประเทศนั้นๆ

จากการศึกษาระบบควบคุมการจราจร พบว่าในแต่ละแบบมีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันออกไป ในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ระบบเวลาคงที่ (พลเทพ เลิศวรรณิข, 2553) ทฤษฎีเกมเป็นคณิตศาสตร์สาขาประยุกต์ที่ศึกษาสถานการณ์ขัดแย้งที่มีผู้เล่นหลายฝ่าย ที่แต่ละฝ่ายพยายามหาผลตอบแทนที่ดีที่สุดและจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าทฤษฎีเกมเป็นแนวคิดที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในสถานการณ์ที่ไม่ต้องการควบคุมจากส่วนกลาง (Alvarez, Poznyak and Malo, 2007) ดังนั้นในบทความนี้จึงได้มีการเสนอการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกม เพื่อควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยมีการพัฒนาขั้นตอนวิธี (Algorithm) หาค่าเวลาสัญญาณไฟเขียวไฟแดงในการควบคุมสี่แยกไฟจราจรที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการลดปริมาณรถในสี่แยกสัญญาณไฟจราจร ทฤษฎีเกมจำลองทางแยกสัญญาณไฟจราจร โดยให้ถนนแต่ละเส้นพยายามที่จะลดปริมาณรถที่ติดในเส้นทางของตน จึงเกิดเกมแบบไม่ร่วมมือ (Non-cooperative game) (Nash, 1950) ขึ้น ซึ่งจุดที่ทำให้ระบบเกิดสมดุลคือ จุดดุลยภาพ (Sen and Head, 1997) ที่รู้จักกันดีคือ ดุลยภาพของแนช (Nash Equilibrium) ซึ่งถือกำเนิดจากนักคณิตศาสตร์ชาวอเมริกันชื่อจอห์น แนช (Nash, 1950)

ในการนำเสนอผลงานวิจัยนี้ ระบบสัญญาณไฟจราจรใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซอง (Poisson distribution) (เอมอร จังศิริพรภรณ์, 2553) เข้าช่วยโดยการสุ่มจากค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่วิ่งเข้า และจำนวนรถวิ่งออกจากสี่แยกสัญญาณไฟจราจรที่กำหนดขึ้น และทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบเวลาคงที่ โดยวัดจากการคำนวณรถติดรวมในสี่แยกไฟแดงในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจร

ดุลยภาพของแนช (Rosen, 1965) คือ สภาพที่ผู้เล่นแต่ละคนเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดสำหรับตนเองเมื่อกำหนดกลยุทธ์ของคู่แข่งมาให้ เป็นที่ทราบกันดีว่าดุลยภาพแนชมีประสิทธิภาพต่ำกว่าประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบ (System optimization) แต่เมื่อไม่กี่ปีมานี้ได้มีความพยายามวัดประสิทธิภาพของดุลยภาพแนชซึ่งพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มีประสิทธิภาพห่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบเท่าใดนัก (Roughgarden, 2000) ซึ่งเกมอาจจะมีดุลยภาพมากกว่า 1 แห่ง หรืออาจจะไม่มี

คุณภาพก็ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการวิจัยระบบสัญญาณไฟจราจร ที่จะเป็นการแก้ปัญหาระบบสัญญาณไฟจราจรด้วยการทำแบบจำลอง (Simulation) (มานพ วราภักดิ์, 2550) เป็นการหาจุดสมดุลโดยใช้คุณภาพของเนชเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจร และใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยในการตัดสินใจควบคุมสัญญาณไฟจราจร เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมการจราจรบริเวณนั้นได้

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 จำลองระบบที่ใช้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อลดระยะเวลาที่รถแต่ละคันจะต้องใช้ในการเดินทาง และเพิ่มสภาพความคล่องตัวของถนนบริเวณนั้น

2.2 พัฒนาระบบการจัดการจราจรตรงสี่แยกไฟแดงโดยใช้ทฤษฎีเกม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจราจร

2.3 ศึกษาการจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบจริงต่อไป

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 สร้างระบบของสัญญาณไฟแดงในระบบการจราจรโดยใช้ทฤษฎีเกม เข้ามาช่วย

3.1.1 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิงทางเดียว (One way)

3.1.2 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

3.1.3 แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนโดยกำหนดให้รถวิ่งออกที่ละเส้นทาง

3.2 สร้างแบบจำลองการควบคุมการจราจรตรงสามแยก และสี่แยกไฟจราจร โดยใช้หลักการจำลองแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete time)

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

4.1 รถยนต์ หมายถึง พาหนะที่มี 3 ล้อขึ้นไป และใช้เครื่องยนต์ (ไม่รวมรถจักรยาน และรถจักรยานยนต์)

4.2 สัญญาณไฟจราจร หมายถึง เครื่องมือที่ควบคุมด้วยมือหรือทำงานอัตโนมัติเพื่อการควบคุมการไหลของกระแสการจราจร

4.3 เวลาสัญญาณไฟแดง (t_r) หมายถึง เวลาสัญญาณไฟจราจรที่บังคับให้ยานยนต์หยุดทุกคัน

4.4 เวลาสัญญาณไฟเขียว (t_g) หมายถึง เวลาสัญญาณไฟจราจรที่อนุญาตให้รถยนต์วิ่งผ่านไป

4.5 เวลารอคอย หมายถึง เวลารอคอยสะสม (เฉพาะในเส้นทางที่คอย) ขณะที่ติดสัญญาณไฟแดงของรถยนต์ทั้งหมดต่อจำนวนรถยนต์ในหน่วยเวลาที่กำหนด ที่จะต้องรอเมื่อเกิดสัญญาณไฟแดง

4.6 คาบรอบเวลา (Cycle Length) หมายถึง ช่วงเวลาทั้งหมดสำหรับแสดงจังหวะสัญญาณไฟจราจรจนครบทุกเฟส

4.7 สัดส่วนของเฟส (Split) หมายถึง สัดส่วนของไฟเขียวของแต่ละเฟสต่อคาบรอบของเวลา

4.8 เฟส (Phase) หมายถึง ส่วนของคาบรอบของเวลาที่แบ่งให้จราจรในแต่ละส่วนที่ได้รับสิทธิในการใช้ทาง (Right-of-way) พร้อมกับเคลื่อนที่ไป

4.9 อัตราไหล่อิ่มตัว (Saturation Flow) หมายถึง อัตราการไหลของจราจรที่สามารถเดินทางผ่านทางแยกได้ในลักษณะที่มีแถวคอยยาวต่อเนื่อง

4.10 เกม (Game) หมายถึง สถานการณ์ที่มีการแข่งขันหรือการขัดแย้งระหว่างฝ่ายตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป ที่ใช้กันมากเช่น เกมในการกีฬา, ส่วนในการเมืองก็เช่นเดียวกันมีสถานการณ์แห่งการขัดแย้งและการแข่งขันคล้ายๆ กับเกมในการกีฬา เป็นต้น

4.11 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซอง (Poisson distribution) หมายถึง การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรชนิดไม่ต่อเนื่อง หรือผลการทดลองเชิงสุ่มที่เกิดขึ้นช่วงระยะเวลาช่วงหนึ่ง หรือขอบเขตใดขอบเขตหนึ่งของช่วงเวลาที่กำหนด

4.12 แบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete time) หมายถึง การประมวลสัญญาณเข้าและสัญญาณออกที่ไม่มีความต่อเนื่องทางเวลา

5. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา

- 5.1 ศึกษา ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลของระบบการควบคุมจราจรของระบบสัญญาณไฟ
- 5.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีระบบการจราจร และหลักการจำลอง
- 5.3 ศึกษาแบบทฤษฎีเกมแบบดุลยภาพของแนช และแบบเวลาคงที่ของระบบการจราจร
- 5.4 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ทฤษฎีเกมในการหาจุดสมดุลโดยใช้แบบดุลยภาพของแนช
- 5.5 เปรียบเทียบระบบการจราจร โดยใช้แบบดุลยภาพของแนช กับแบบเวลาคงที่
- 5.6 สรุปผลการทดลอง
- 5.7 เขียนวิทยานิพนธ์
- 5.8 นำเสนอวิทยานิพนธ์

6. สถานที่ทำวิจัย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 7.1 คิดค้นระบบการจราจรแบบใหม่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน
- 7.2 ประยุกต์ใช้กับการจราจรทั้งระบบ เพื่อลดปัญหาการติด
- 7.3 ลดการสูญเสียเวลา และช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง
- 7.4 ส่งผลทางอ้อมต่อการลด และป้องกันอุบัติเหตุ การลดปัญหาหมอกควัน และการประหยัดพลังงาน

8. โครงสร้างวิทยานิพนธ์

รายละเอียดของโครงสร้างวิทยานิพนธ์มีดังนี้

8.1 บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มาของปัญหาการจัดระบบการจราจร, วัตถุประสงค์, ขอบเขต, ขั้นตอนวิธีการ, และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

8.2 บทที่ 2 กล่าวถึง แนวทางการแก้ปัญหาระบบสัญญาณไฟจราจร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.3 บทที่ 3 กล่าวถึง การสร้างวิธีการเพื่อแก้ปัญหาระบบสัญญาณไฟจราจร และขั้นตอนการตัดสินใจเลือกเวลาสัญญาณไฟจราจรของการจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรทั้ง 3 แบบ ได้แก่ 1. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิภาวดีรังสิต, 2. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสามแยกถนนวิภาวดีรังสิตโดยกำหนดให้รถวิ่งออกทีละเส้นทาง, 3. แบบสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกถนนวิภาวดีรังสิตโดยกำหนดให้รถวิ่งออกทีละเส้นทาง

8.4 บทที่ 4 กล่าวถึง ผลการทดลองของงานวิจัย

8.5 บทที่ 5 กล่าวถึง บทสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะของงานวิจัย