ตัวอย่าง: แบบจำลองสถานการณ์สำหรับสี่แยกไฟแดงสันติธรรม

อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Simulation Model for Santitham Intersection of Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai Province

ภูมินทร์ สุคันธรัต1 กุลจิรา กิ่งไพร2 วฐา มินเสน3\*

*1,2สาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*

*3ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

*\*Corresponding Author: wathaminsan@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการจำลองสถานการณ์สี่แยกไฟแดงสันติธรรม อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการบันทึกวีดีโอ 5 จุดในสี่แยกไฟแดงสันติธรรมฯ แบ่งการบันทึกวีดีโอออกเป็นแยกละ 1 จุด และตั้งกล้องไว้ให้สามารถบันทึกวีดีโอในช่วงกลางของแยกสัญญาณไฟจราจร 1 จุดรวมทั้งหมด 5 จุด ในช่วงเวลาเร่งด่วน 7.30 ถึง 9.00 นาฬิกา เป็นเวลา 3 วัน และสร้างระบบการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า แล้วจึงวิเคราะห์เวลารอคอยเฉลี่ยและจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยระบบจริงเปรียบเทียบกับระบบจำลองสถานการณ์

 ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมสี่แยกไฟแดงสันติธรรมระบบจริงเวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 1.39 นาที/คัน และจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยเท่ากับ 3.34 คัน ในระบบการจำลองสถานการณ์เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 1.41 นาที/คันและจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยเท่ากับ 3.35 คัน ทดสอบเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของทั้ง 2 ระบบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิตนีย์ พบว่ามีเวลารอคอยเฉลี่ยและจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**คำสำคัญ:** การจำลองสถานการณ์, ระบบแถวคอย, อารีน่า

**Abstract**

The purpose of this study is to simulate a model for Santitham Intersection of Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai Province. The car activity data were collected through video photography. Each lane was recorded by one camera and the other camera was set at the middle of the junction during rush hour, 7:30 - 9:00 am for 3 days. Then, we simulated system with the stimulation software, Arena. After that, we compared an average waiting time and an average number of cars in queue of the stimulation system with the real situation.

The analysis result from the real system of Santitham intersection shown that the average time which the car had waited in queue was 1.39 minutes /car and the average number of cars in the queue was 3.34 cars. However, the simulation system shown that the average waiting time and the average number of cars in the queue was 1.41 minutes/car and 3.35 cars respectively. Comparing median of those two systems by using Mann-Whitney U test. We found that the average waiting time and the average number of cars in the queue is not different at 0.05 significance level.

**Keywords:** Simulation, Queuing System, Arena

**1. บทนำ**

ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขว้างมากขึ้น เนื่องจากสามารถศึกษาระบบที่มีความซับซ้อนเกินกว่าใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ศึกษาได้ มีความสะดวกในการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่ทำการศึกษาโดยที่ไม่ต้องไปทดลองในระบบจริงแต่เมื่อได้ผลลัพธ์เป็นไปตามที่ต้องการแล้วก็สามารถนำไปใช้ในระบบจริงได้ รวมทั้งปัจจุบันมีเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้สะดวกมากขึ้น คือ คอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยสามารถประมวลผลระบบการจำลองสถานการณ์ได้รวดเร็ว ช่วยตัดสินใจได้ทันทีภายในเวลาที่ต้องการ

การจัดการจราจรในแยกสัญญาณไฟนั้นเป็นระบบซับซ้อน (Complex System) ที่ยากจะเขียนให้อยู่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งข้อมูลนำเข้า (Input Data) เช่น ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา (Inter Arrival Time) ของรถ ก็มักจะมีรูปแบบการแจกแจงหลากหลายแล้วแต่แยกสัญญาณไฟจราจร จนไม่สามารถใช้วิธีการทางสถิติทฤษฏีแถวคอย (Queuing Theory) ช่วยในการตัดสินใจได้ ในปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านนำแบบจำลองสถานการณ์มาเป็นเครื่องมือในการวางแผนการจราจร เช่น Chou, et al., (2001) สร้างแบบจำลองสถานการณ์สี่แยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองของ Touliu ในประเทศไต้หวัน เพื่อลดเวลารอคอยเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนโดยการออกแบบระยะเวลาสัญญาณไฟใหม่ ซึ่งระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรใหม่สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20.74 ต่อคัน และ (Wen, 2008) ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบการจราจรด้วยโปรแกรม Arena ที่ประยุกต์ข้อมูลนำเข้าเป็น ระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถ และ ระยะเวลาระหว่างการออกไป (Inter Departure Time) ของรถ ในเขตเมือง ประเทศไต้หวัน ที่ประกอบไปด้วยถนน 6 เส้นทาง ที่มี 3 เส้นทาง ตัดกันกับ 3 เส้นทาง จึงมีแยกสัญญาณไฟจราจร 9 แยก ด้วยโปรแกรม Arena โดยแยกระบบการจำลองสถานการณ์เป็น 6 โปรแกรมย่อย แต่ละโปรแกรมย่อยจัดการ 3 สี่แยกสัญญาณไฟจราจร และทั้งหมดวิเคราะห์เชื่อมโยงกัน เพื่อวิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมของสัญญาไฟจราจรทั้งหมดและผลการวิจัยก็สามารถลดค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยของรถในทุกๆ สี่แยกสัญญาณไฟจราจรได้ ในงานวิจัยระบบจำลองสถานการณ์ในประเทศไทย คณะนักศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, (2548) ได้ทำการจำลองระบบการจราจรบนถนนนวมินทร์ เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ซอยนวมินทร์ 24 ถึงซอยนวมินทร์ 54 ที่มีจำนวนผู้ใช้รถบนเส้นทางดังกล่าวมีจำนวนหนาแน่นมากในช่วงเวลา 6.30 – 8.00 นาฬิกา ในวันทำงาน จันทร์ถึงศุกร์ จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาในการเดินทางของรถจากจุดสัญญาณไฟจราจรจุดที่หนึ่งไปยังสัญญาณไฟจราจรจุดที่สอง รถเลนขวาใช้เวลา 5.46 นาที รถเลนกลางใช้เวลา 5.94 นาที รถเลนซ้ายใช้เวลา 7.55 นาที ปัญหาจราจรติดขัดอยู่ 2 แห่ง คือ บริเวณแยกสัญญาณไฟจราจรจุดที่ 2 และจุดกลับรถที่ 4 บริเวณซอยนวมินทร์ 24 ปัญหาที่เกิดขึ้นบริเวณแยกสัญญาณไฟจราจรจุดที่ 2 คือ 1) รถเลนขวาที่ต้องการขับตรงไปในขณะที่สัญญาณเป็นไฟเขียว ต้องหยุดรอรถที่จะเลี้ยวขวา และ 2) รถที่จะเลี้ยวซ้ายต้องหยุดรอรถโดยสารประจำทางที่จอดอยู่ที่ป้ายรถโดยสารประจำทางในเลนซ้าย และในผลสรุปงานวิจัยก็ได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา 4 แนวทางที่ทดลองจำลองสถานการณ์ไว้ด้วยโปรแกรม Arena รุ่งรัตน์ และ กิรพัฒน์ (2553) ได้จำลองสถานการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรสี่แยกเกษตรนวมินทร์-เสนา ในช่วงเวลาเร่งด่วน 6.30 – 8.00 นาฬิกา ผลจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena ได้ทดลองปรับปรุงระบบจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ทำให้ลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ร้อยละ 23.96 และลดจำนวนรถสะสมเฉลี่ยได้ร้อยละ 14.61

จังหวัดเชียงเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีปัญหาการจราจรติดขัดโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน ในทุกๆ แยกสัญญาณไฟจะมีจำนวนรถติดสะสมจำนวนมาก การจัดการปัญหาในปัจจุบันอาศัยประสบการณ์ของตำรวจจราจรในการปรับเปลี่ยนเวลาสัญญาณไฟเขียวไฟแดงตามจุดต่างๆ ซึ่งเป็นการกำหนดระบบสัญญาณไฟที่ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน และอาจไม่เป็นวิธีการแก้ปัญหารถติดที่ถูกต้อง สี่แยกไฟแดงสันติธรรมก็เป็นสี่แยกหนึ่งที่ประสบปัญหารถติดในช่วงเวลาเร่งด่วนเช่นกัน โดยสี่แยกสัญญาณไฟจราจรนี้จังหวะการกำหนดสัญญาไฟจราจรนั้นตั้งเวลาไว้ทุกๆ แยกในช่วง 20 – 25 วินาที ประกอบกับเป็นสี่แยกขนาดเล็กที่มีจำนวนเลนในแต่ละเส้นทาง 2 – 3 เลน ด้วยเหตุนี้ทำให้จำนวนรถติดสะสมในช่วงเวลาเร่งด่วนมีความยาวแถวคอยไม่มากจนเกินขอบเขตการสังเกตและการบันทึกภาพวีดีโอเพื่อศึกษาข้อมูลจากรถที่วิ่งเข้าสี่แยก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ และเทคนิคทางด้านสถิติ เพื่อจำลองสถานการณ์สำหรับสี่แยกไฟแดงสันติธรรม อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยโปรแกรม Arena เพื่อสร้างระบบจำลองได้อย่างถูกต้องให้พร้อมที่จะนำไปปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

**2. ทฤษฏีที่เกี่ยวข้อง**

**2.1 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)**

การจำลองสถานการณ์โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นตัวแบบต้องทำงานได้เสมือนระบบงานจริงโดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังรูปภาพที่ 1



**รูปภาพที่ 1** ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองที่มา:สัทธพงศ์, 2550

**รูปภาพที่ 1** แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

(ที่มา: สัทธพงศ์, 2550)

**2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง**

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบจำลองกับระบบจริงด้วยการทดสอบของแมนน์-วิตนีย์ (Mann-Whitney Test) โดยโปรแกรม Minitab

สมมติฐาน 1) : ระบบจริงและระบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามัธยฐานของเวลารอคอยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

 : ระบบจริงและระบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามัธยฐานของเวลารอคอยเฉลี่ยแตกต่างกัน

 และ 2) : ระบบจริงและระบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามัธยฐานของจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยไม่แตกต่างกัน

 : ระบบจริงและระบบจำลองสถานการณ์ มีค่ามัธยฐานของจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยแตกต่างกัน

**2.3 การทดสอบของครัสคาลและวัลลิส (Kruskal-Wallis Test)**

ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมที่สี่แยกสันติธรรมจำนวน 3 วัน ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา 7:30 – 9.00 นาฬิกา ว่าใช้ทดแทนวันทำงานอื่นๆ ได้หรือไม่ ด้วยการทดสอบของครัสคาลและวัลลิส โดยโปรแกรม Minitab

สมมติฐาน : ค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถทั้ง 3 วันมาจากประชากรเดียวกัน

: ค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถอย่างน้อย 2 วันมาจากประชากรแตกต่างกัน

 **2.4 ค่าเฉลี่ยรวมเลขคณิต**

เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรเดียวกันจากตัวอย่างหลายๆ ชุดที่หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของแต่ละชุดไว้แล้วหากผู้วิเคราะห์ต้องการทราบค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลทั้งหมดโดยนับรวมเป็นชุดเดียวกันก็สามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของแต่ละชุดที่คำนวณไว้แล้วกล่าวคือ

ถ้า **** เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดที่ 1,2,...,*k* ตามลำดับ

 เป็นจำนวนค่าจากการสังเกตในข้อมูลชุดที่ 1,2,...,*k* ตามลำดับ

 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวม  (1)

 (2)

**2.5 ความยาวในการประมวลผล**

แบบจำลองสถานการณ์นี้ได้กำหนดรอบความยาวตามข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมได้และได้คำนวณหาจำนวนรอบในการทำซ้ำ โดยขั้นตอนแรกทำการประมวลผล  รอบเพื่อสังเกตค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลด้วยสูตร (วรธน และธนัญญา, 2555)

  (3)

เมื่อ  คือจำนวนรอบของการประมวลผลที่ต้องการ  คือ ค่าวิกฤตที่ได้จากการเปิดตารางค่า  ของ Two-tailed ที่ระดับความเชื่อมัน  โดยให้องศาเสรีคือ 

 คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจากการทำซ้ำของการประมวลผล 10 รอบ

 คือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้โดยกำหนดให้เป็น 10% ของค่าเฉลี่ยจริงจากการทำซ้ำ 10 รอบ

**2.6 การแจกแจงที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัย** (วุฒิชัย, 2555)

1) การแจกแจงเอกรูป (Uniform Distribution) ถ้า  เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีการแจงแจงเอกรูป และพารามิเตอร์เป็น  แล้วฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นคือ

 (4)

 (5)

2) การแจกแจงบีต้า (Beta Distribution) ถ้า  มีการแจกแจงบีต้ามีฟังก์ชันความแจกแจงน่าจะเป็น คือ

 (6)

 (7)

3) การแจกแจงไวบูล (Weibull Distribution) ถ้า  เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่มีการแจกแจงไวบูล พารามิเตอร์ k > 0 และ  ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นกำหนดโดย

 (8)

 (9)

4) การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) ถ้า  มีการแจกแจงเลขชี้กำลังมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นคือ

 (10)

 (11)

5) การแจกแจงปรกติ (Normal Distribution) ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นปรกติทีมีค่าเฉลี่ยเป็น  และมีความแปรปรวนเป็น

 (12)

เมื่อ  และ   (13)

**3. วิธีดำเนินการวิจัย**

 **3.1 การรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรเบื้องต้น**

ในการรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรของทางแยกที่ศึกษาดังรูปภาพที่ 2 จะทำโดยการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรแยกตามทิศทางเดินรถในหลาย ๆ ช่วงเวลา รวมทั้งศึกษาการจราจรโดยทั่วไปด้วยโปรแกรม Google Maps เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลา โดยอย่างน้อยต้องทราบปริมาณการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนแล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทางภาคสนาม



N

**รูปภาพที่ 2** ทางบริเวณแยกไฟแดงสันติธรรม อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ที่มา: Google Map (https://goo.gl/maps/y7v1DKRTFmP2)

**3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่และข้อมูล** (จากรูปภาพที่ 3)

1) จากถนนหัสดีเสวี 3 เลน ไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (A)

2) จากถนนหัสดีเสวี 3 เลี้ยวขวา ไปถนนช้างเผือก (B)

3) จากถนนหัสดีเสวี 2 เลนไปถนนหัสดีเสวี 3 เลน หรือเลี้ยวขวาไป ถนนมรกต (C)

4) จากถนนช้างเผือกซอย 4 ไปถนนมรกต หรือเลี้ยวขวา ไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (D)

5) จากถนนมรกต ไป ถนนช้างเผือกหรือเลี้ยวขวา ไปถนนหัสดีเสวี 3 เลน (E)

**3.3 จังหวะสัญญาณไฟจราจร** (จากรูปภาพที่ 3)

1) ถนนหัสดีเสวี 3 เลน (I) จะเปิดสัญญาณไฟเขียว 25 วินาที

2) ถนนหัสดีเสวี 2 เลน (L) จะเปิดสัญญาณไฟเขียว 20 วินาที

3) ถนนมรกต (K) จะเปิดสัญญาณไฟเขียว 20 วินาที

4) ถนนช้างเผือกซอย 4 (J) จะเปิดสัญญาณไฟเขียว 20 วินาที

5) สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาทีในทุกเส้นทาง



**รูปภาพที่ 3** สัญญาณไฟจราจรในแต่ละขั้นตอน

**3.4 กำหนดโครงสร้างของระบบการจำลองสถานการณ์**

 จากข้อมูลเบื้องต้นที่รวบรวมมาได้ตาม 3.1 ถึง 3.3 สามารถกำหนดโครงสร้างของระบบการจำลองสถานการณ์ดังรูปภาพที่ 4 ดังนี้

การจำลองสถานการณ์

ด้วยโปรแกรม Arena (Process)

Input Data

Output Data

**รูปภาพที่ 4** โครงสร้างของระบบการจำลองสถานการณ์

ข้อมูลนำเข้า (Input Data) ประกอบไปด้วย

1. ระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถของรถในแต่ละเส้นทาง คือ A B C D และ E ดังรูปภาพที่ 3
2. ระยะเวลาระหว่างการออกไปของรถในแต่ละเส้นทาง คือ I J K และ L ดังรูปภาพที่ 3
3. จังหวะสัญญาณไฟจราจร ตามหัวข้อ 3.3

ข้อมูลส่งออก (Output Data) ประกอบไปด้วย

1. เวลารอคอยเฉลี่ย
2. จำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย

**3.5 การเก็บข้อมูลเพื่อการสร้างระบบการจำลองสถานการณ์**

การเก็บข้อมูลแยกไฟแดงนั้นจะทำการเก็บโดยการใช้คนจำนวน 4 คนถ่ายวีดีโอในแต่ละเส้นทางจำนวน 4 เส้นทาง คือ I J K และ L ตามลำดับ และตั้งกล้องหนึ่งตัวตรงกลางเพื่อดูรถที่ออกจากแถวคอย คือ M ตามรูปภาพที่ 3 โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะเก็บข้อมูลจำนวน 3 วัน จากจำนวนวันทำงานจำนวน 5 วัน คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เลือกมา 3 วันโดยการสุ่มแบบเท่าเทียมของการแจกแจงแบบเอกรูป **(Uniform Distribution)** ได้วันที่ต้องรวบรวมข้อมูลคือ 12 18 และ 20 ตุลาคม 2560 ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลตามวันที่เราสุ่มได้ และเมื่อได้ข้อมูลจากวีดีโอแล้วผู้วิจัยเก็บบันทึกข้อมูลนำเข้าตามที่ได้กำหนดไว้

 **3.6 การพิจารณาการแจกแจงของข้อมูล**

 พิจารณาการแจกแจงของข้อมูลด้วยโปรแกรม Input Analyzer แล้วนำการแจกแจงที่มีค่า MSE น้อยที่สุดไปใช้เป็นพารามิเตอร์ในโปรแกรม Arena ต่อไป

**3.7 สร้างแบบจำลอง และจำลองสถานการณ์**

เป็นการนำรูปแบบและขั้นตอนการทำงานที่ได้จากระบบจริง มาเป็นแนวทางและสร้างเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยในการจะสร้างแบบจำลองของการเคลื่อนที่ของรถในสี่แยกไฟแดงในช่วงแรกนั้นควรสร้างแบบที่ไม่ซับซ้อนไปก่อน เพื่อศึกษาการทำงานของระบบที่จำลองไว้แล้วจากนั้นจึงค่อยเพิ่มรายละเอียดต่างๆ เข้าไปจนแบบจำลองที่สร้างขึ้น ใกล้เคียงกับระบบจริงมากที่สุดในงานวิจัยนี้มีรูปแบบการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังรูปภาพที่ 5

**3.8 วิเคราะห์ผลที่ได้**

 เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลารอคอยเฉลี่ยของรถที่อยู่ในแถวคอยและจำนวนรถเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอยของระบบจริงและข้อมูลเวลารอคอยเฉลี่ยของรถที่อยู่ในแถวคอยและจำนวนรถเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอยของระบบจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรม Arena แล้วนำผลของทั้งสองระบบมาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าเวลารอคอยเฉลี่ยของรถที่อยู่ในแถวคอยและจำนวนรถเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอยของระบบจริงกับระบบจำลองโดยโปรแกรม Arena มีความแตกต่างหรือไม่ด้วยการทดสอบของแมนน์-วิตนีย์



**รูปภาพที่** 5 โครงสร้างทั้งหมดของโปรแกรม Arena ในการปล่อยรถในแต่ละแยก

**4. สรุปผลการวิเคราะห์**

 **4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถ**

จากตารางที่ 1พบว่า เส้นทาง E จำนวนรถทั้งหมด 661 คัน ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถเท่ากับ 50.12 วินาที ซึ่งเป็นเส้นทางที่มีรถเบาบางที่สุด ส่วนเส้นทาง D จำนวนรถทั้งหมด 1,668 คัน เป็นถนนที่มีรถหนาแน่นที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถ เส้นทาง B มีค่าเท่ากับ 13.57 วินาที หมายความว่าเส้นทางนี้เป็นเส้นทางที่รถเข้ามาติดๆ กัน เป็นส่วนใหญ่ มากกว่าเส้นทางอื่นๆ

**4.2 การเปรียบเทียบค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามารับบริการของข้อมูลทั้ง 3 วัน**

ผู้ทำการวิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของทั้ง 3 วันเรียบร้อยแล้วก็นำของข้อมูลของทั้ง 3 วันมาวิเคราะห์ความแตกต่างในแต่ละเส้นทางโดยใช้สถิติทดสอบครัสคาล-วอลลิสได้ผลดังนี้

จากตารางที่ 2พบว่าค่าสถิติที่จะนำไปใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน ได้แก่ ค่าไคกำลังสอง และตรวจสอบค่า Asymp. Sig ของทุกเส้นทาง A ถึง E ซึ่งทุกเส้นทางค่ามากกว่า 0.05 นั้นคือ ค่าเฉลี่ยของ Rank ใน กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือข้อมูลที่เก็บรวบรวมทั้ง 3 วันนี้มาจากประชากรชุดเดียวกัน ดังนั้นการใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการสร้างแบบจำลองจึงสามารถเชื่อได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์จะเป็นตัวแทนสภาพจราจรในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาได้ดี ดังในการสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ในขั้นตอนถัดไปจะสุ่มข้อมูล 1 ใน 3 วัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าระบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งวันที่สุ่มได้คือ วันที่ 12 ตุลาคม 2560 มีผลการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถดังตารางที่ 3

**4.3 การวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล**

นำข้อมูลของระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถในวันที่ 12 ตุลาคม 2560 เป็นตัวแปรนำเข้าในโปรแกรม Input Analyzer เพื่อคำนวณหาการแจกแจงที่ดีที่สุดในเส้นทางทั้ง 5 ได้ผลลัพธ์ตารางที่ 4

นำข้อมูลของระยะเวลาระหว่างการออกไปของรถในวันที่ 12 ตุลาคม 2560 เป็นตัวแปรนำเข้าในโปรแกรม Input Analyzer เพื่อคำนวณหาการแจกแจงที่ดีที่สุดในเส้นทางทั้ง 4 ได้ผลลัพธ์ตารางที่ 5

**ตารางที่ 1** ค่าสถิติพรรณนาระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถในแต่เส้นทาง

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทาง** | **จำนวนรถ** | **ระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถ (หน่วย: วินาที)** |
| **เวลาต่ำสุด** | **เวลาสูงสุด** | **เฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** |
| A | 1,106 | 2.00 | 51 | 14.25 | 6.81 |
| B | 1,185 | 1.00 | 52 | 13.57 | 7.41 |
| C | 1,438 | 1.00 | 130 | 22.54 | 26.79 |
| D | 1,668 | 1.00 | 98 | 19.13 | 12.78 |
| E | 661 | 1.00 | 144 | 50.12 | 18.38 |

**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถในการรวบรวมข้อมูล 3 วัน

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **เส้นทาง** | **จำนวนรถ (หน่วย: คัน)** | **ไคกำลังสอง** | **Asymp. Sig** |
| **12/9/60** | **18/9/60** | **20/9/60** |
| A | 372 (559.17) | 369 (562.58) | 365 (538.54) | 1.219 | .544 |
| B | 390 (606.14) | 396 (574.56) | 399 (598.46) | 1.830 | .401 |
| C | 477 (742.02) | 477 (700.19) | 484 (716.33) | 2.465 | .292 |
| D | 561 (857.46) | 550 (826.39) | 557 (819.38) | 1.98 | .372 |
| E | 228 (340.27) | 216 (328.70) | 217 (323.55) | .9 | .638 |

**ตารางที่ 3** ค่าสถิติพรรณนาระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถวันที่ 12 ตุลาคม 2560

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทาง** | **จำนวนรถ** | **ระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถ (หน่วย: วินาที)** |
| **เวลาต่ำสุด** | **เวลาสูงสุด** | **เฉลี่ย** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** |
| A | 372 | 2.00 | 49.00 | 14.62 | 6.95 |
| B | 390 | 1.00 | 52.00 | 14.10 | 7.22 |
| C | 477 | 1.00 | 128.00 | 22.92 | 26.19 |
| D | 561 | 1.00 | 95.00 | 19.80 | 13.21 |
| E | 228 | 1.00 | 119.00 | 50.90 | 17.24 |

**ตารางที่ 4** การแจกแจงของค่าระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของรถในแต่ละเส้นทาง

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทางการเข้ามาของรถ** | **การแจกแจง** | **ค่าพารามิเตอร์** |
| ABCDE | BetaNormalExponentialBetaBeta | 0.5 + 52 \* BETA(1.87, 5.53)NORM(14.8, 6.44)0.999 + EXPO(21.9)0.5 + 95 \* BETA(1.33, 5.3)0.999 + 118 \* BETA(4.41, 6.02) |

**ตารางที่ 5** การแจกแจงของค่าระยะเวลาระหว่างการออกไปของรถในแต่ละเส้นทาง

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทางการออกไปของรถ** | **การแจกแจง** | **ค่าพารามิเตอร์** |
| ILJK | BetaUniformWeibullBeta | 3 + 13 \* BETA(0.552, 0.872)UNIF(3, 17)3 + WEIB(5.04, 0.806)3 + 17 \* BETA(0.378, 0.442) |

**4.4 การคำนวณหาจำนวนรอบที่ใช้ในการดำเนินการประมวลผล**

การจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการกำหนดจำนวนรอบของการประมวนผลให้เพียงพอเพื่อลดความแปรปรวนผลลัพธ์ให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ เพื่อแสดงว่าระบบที่ทำการจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ในระบบจริงได้

จากสมการ (3) การประมวลผล  รอบ จะได้  และ 

  = 96.0792  97 รอบ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในการดำเนินการประมวลผลจะใช้จำนวนรอบประมวลผลอย่างน้อยคือจำนวน รอบ 97 รอบดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้การประมวลผล 100 รอบ

**4.5 ตรวจสอบแบบจำลอง Arena**

 เปรียบเทียบระยะเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena ในตารางที่ 6 และ เปรียบเทียบจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยของระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena ในตารางที่ 7

**ตารางที่ 6** เปรียบเทียบระยะเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทาง** | **ระบบจริง (หน่วย: นาที)** | **แบบจำลอง Arena (หน่วย: นาที)** |
| A | 1.40 | 1.38 |
| B | 1.35 | 1.38 |
| C | 1.52 | 1.53 |
| D | 1.50 | 1.57 |
| E | 1.62 | 1.56 |
| เวลาเฉลี่ยรวมของทุกเส้นทาง | 1.3901 | 1.4130 |

จากตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบจริงกับการจำลองสถานการณ์ของสี่แยกไฟแดงสันติธรรม อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พบว่าจากถนนหัสดีเสวี 3 เลน ไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (A) มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.40 นาที และ 1.38 นาทีตามลำดับ จากถนนหัสดีเสวี 3 เลน เลี้ยวขวาไป ถนนช้างเผือก (B) มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.35 นาที และ 1.38 นาทีตามลำดับ จากถนนหัสดีเสวี 2 เลน ไปถนนหัสดีเสวี 3 เลน หรือ เลี้ยวขวาไปถนนซอยมรกต (C) มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.52 นาที และ 1.53 นาทีตามลำดับ จากถนนช้างเผือกไปถนนซอยมรกต หรือ เลี้ยวขวาไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (D) มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.50 นาที และ 1.57 นาทีตามลำดับ และสุดท้ายจากถนนซอยมรกต ไปถนนช้างเผือกและเลี้ยวขวาไป ถนนหัสดีเสวี 3 เลน (E) มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.62 นาที และ 1.56 นาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยรวมของทุกเส้นทางระบบจริงและการจำลองสถานการณ์ มีเวลารอคอยเฉลี่ยคันละ 1.3901 นาที และ 1.4130 นาทีตามลำดับ

จากตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยของระบบจริงกับการจำลองสถานการณ์ของสี่แยกไฟแดงสันติธรรม อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พบว่าจากถนนหัสดีเสวี 3 เลน ไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (A) มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 2.89 คัน และ 3.25 คันตามลำดับ จากถนนหัสดีเสวี 3 เลน เลี้ยวขวาไป ถนนช้างเผือก (B) มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 5.89 คัน และ 5.36 คันตามลำดับ จากถนนหัสดีเสวี 2 เลน ไปถนนหัสดีเสวี 3 เลน หรือ เลี้ยวขวาไปถนนซอยมรกต (C) มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 3.02 คัน และ 3.04 คันตามลำดับ จากถนนช้างเผือกไปถนนซอยมรกต หรือ เลี้ยวขวาไปถนนหัสดีเสวี 2 เลน (D) มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 3.45 คัน และ 3.66 คันตามลำดับ และสุดท้ายจากถนนซอยมรกต ไปถนนช้างเผือกและเลี้ยวขวาไป ถนนหัสดีเสวี 3 เลน (E) มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 1.44 คัน และ 1.43 คันตามลำดับเมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยรวมของทุกเส้นทางระบบจริงและการจำลองสถานการณ์ มีจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย 3.338 คัน และ 3.348 คันตามลำดับ

ทดสอบเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของทั้ง 2 ระบบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิตนีย์ จากตารางที่ 8 พบว่า ค่ามัธยฐานของทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้แบบจำลองสถานณ์แทนระบบจริงได้

**ตารางที่ 7** เปรียบเทียบจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยของระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **เส้นทาง** | **ระบบจริง (หน่วย: คัน)** | **แบบจำลอง Arena (หน่วย: คัน)** |
| A | 2.89 | 3.25 |
| B | 5.89 | 5.36 |
| C | 3.02 | 3.04 |
| D | 3.45 | 3.66 |
| E | 1.44 | 1.43 |
| จำนวนรถเฉลี่ยรวมของทุกเส้นทาง | 3.338 | 3.348 |

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของเวลารอคอยเฉลี่ย และจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยของระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **รายการ** | **ระบบจริง** | **แบบจำลอง Arena** | **P-Value** |
| เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที) | 1.50 | 1.53 | 0.8345 |
| จำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอย (คัน) | 3.02 | 3.25 | 0.8340 |

**5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ**

การจำลองสถานการณ์สามารถกำหนดสถานการณ์ (Scenario) ต่างๆ กันเพื่อทดลองปรับปรุงระบบให้ลดเวลารอคอยเฉลี่ย และจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยได้ การกำหนดสถานการณ์ เช่น ปรับสัญญาณไฟเขียว ถนนหัสดีเสวี 3 เลน จากเวลา 25 วินาที เป็นเวลา 30 วินาที ส่วนอีก 3 ช่องทางที่เหลือกำหนดเป็น 20 วินาที ดังเดิม เมื่อประมวลผลแบบจำลองสถานการณ์ Arena สังเกตผลเวลารอคอยเฉลี่ย และจำนวนรถเฉลี่ยในแถวคอยว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานในพื้นที่จริงเพื่อการลดปัญหารถติดต่อไป

**6. เอกสารอ้างอิง**

คณะนักศึกษา คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. (2005). การจําลองสําหรับปญหาการจราจรบนถนนนวมินทร์. **งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 ดานการวิจัยดําเนินงาน**, ระหวางวันที่ 1-2 กันยายน 2548, ณ อาคารอเนกประสงค สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร. กรุงเทพฯ. 294 – 304.

วรธน แสงศักดา และ ธนัญญา วสุศรี. (2555). **การจัดสรรพื้นที่จัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์การณีศึกษา อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต การจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร. (2555). **การวิเคราะห์แบบจำลอง**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ และ กิรพัฒน์ เล็กสุขสมบูรณ์. (2553). การจำลองสถานการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจร. **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2553**, ระหว่างวันที่ 2 – 3 กันยายน 2553, ณ สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. 1 – 10.

สัทธพงศ์ ใจจิตร. (2550). **การวิเคราะห์การทำงานของระบบการให้บริการผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลป่าซาง จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์แถวคอย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Chou, C., Chen, C. & Li M.C. (2001). Application of computer simulation to the design of a traffic signal timer. **Computers & Industrial Engineering**, 39(1-2), 81-94.

Wen W. (2008). A dynamic and automatic traffic light control expert system for solving the road congestion problem. **Expert Systems with Applications**, 34(4), 2370-2381.