# บทที่ 5

## การทดสอบคอมพิวเตอร์โปรแกรม

การทดสอบคอมพิวเตอร์โปแกรมสำหรับการทำการจำลองนี้ ได้เลือกทางแยกถนนรัชดาฯ ตัดกับถนนลาดพร้าว เพื่อทดสอบโปรแกรมทางแยกดังกล่าวถูกเลือก เนื่องจากเป็นทางแยกที่มีลักษณะใกล้เคียงกับจุดประสงค์ในการจำลองพฤติกรรมการจราจร สำหรับทางแยกเดี่ยว (Isolated) พฤติกรรมที่ใช้เพื่อปรับเป็นข้อมูลสำหรับการทำการจำลองนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

ก. พฤติกรรมทั่วไป ซึ่งขึ้นกับสภาพทั่วไปของแต่ละท้องถิ่น เช่น Probability Distribution ในการตัดสินใจต่าง ๆ สภาพทางกายภาพโดยทั่วไปของรถ เป็น และ

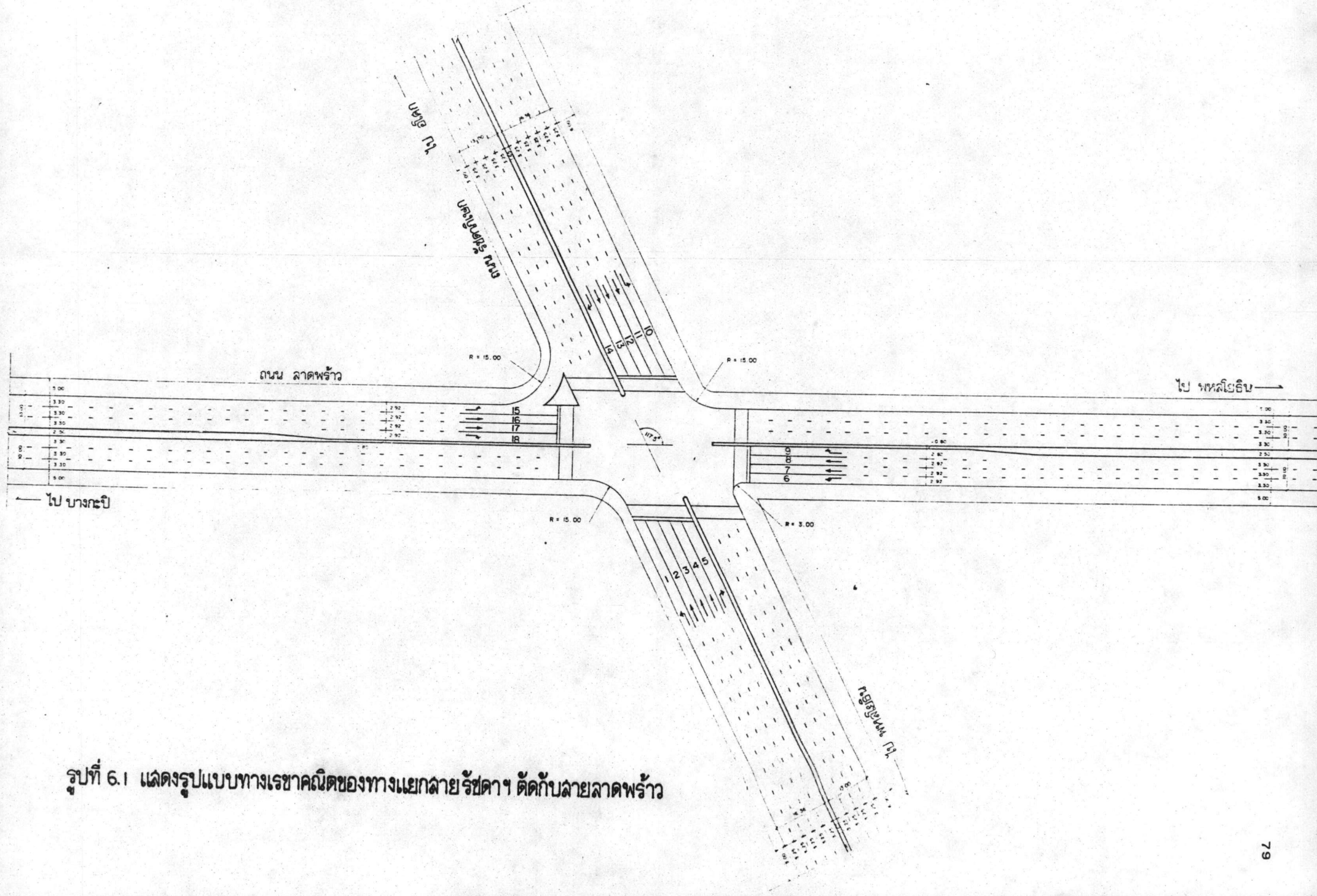
ข. พฤติกรรมเฉพาะทางแยก ซึ่งขึ้นกับสภาพของแต่ละทางแยก เช่น Headway Distribution, ปริมาณการจราจร เป็นต้น

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครบถ้วนจริงจังนั้น มีความจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นอันมาก ทั้งเวลาก็มีจำกัด ข้อมูลบางส่วนโดยเฉพาะส่วนที่ ก และบางส่วนของข้อมูลในส่วนที่ ข ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษาของหน่วยราชการและผู้วิจัยอื่น ๆ ที่ได้เก็บรวบรวมสภาพทางแยกแห่งนี้ไว้ คอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้จะทำการจำลอง พฤติกรรมการจราจรทุก ๆ ช่องจราจร ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ Input จะต้องเป็นข้อมูลตามพฤติกรรมของแต่ละช่องจราจรด้วย

### 5.1 พฤติกรรมการจราจรที่ใช้ในการจำลองทางแยก

#### 5.1.1 Headway Distribution

พฤติกรรมการเข้าสู่ระบบ สำหรับทางแยกที่ใช้ทดสอบจะเป็นแบบ Shifted Negative Exponential โดยมีค่า Minimum Headway (T) เท่ากับ 0.55 วินาที




รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบทางเรขาคณิตของทางแยกลาดรัชดาฯ ตัดกับลาดพร้าว

5.1.2 การเคลื่อนที่ของยวดยาน

การเคลื่อนที่ของยวดยานในแบบจำลองจะถือตามกฎของการเคลื่อนที่ของมวลสาร (Law of Motion) และกำหนดให้อัตราหน่วงสูงสุดมีค่าเท่ากับ - 7 เมตร/วินาที$^2$ และอัตราหน่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ต้องการ (Mean Desired Deceleration) มีค่าเท่ากับ - 3.3 เมตร/วินาที$^2$ ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 เมตร/วินาที$^2$ สำหรับอัตราเร่งเฉลี่ยของรถยนต์มีค่าเท่ากับ 3 เมตร/วินาที$^2$ ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 เมตร/วินาที$^2$ และอัตราเร่งเฉลี่ยของรถบรรทุก 1.5 เมตร/วินาที$^2$ ความเบี่ยงเบนเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 เมตร/วินาที$^2$

5.1.3 การไหลตามกัน (Car Following)

เมื่อรถที่ขับตามกันอยู่ห่างกันน้อยกว่าระยะหยุดปลอดภัย พฤติกรรมการขับตามกันจะเป็นไปตามทฤษฎีการไหลตามกัน "Car Following Theory" และกำหนดให้ค่าคงที่ a = 9 เมตร/วินาที

5.1.4 พฤติกรรมอิสระ (Free Behavior)

เมื่อเป็นรถคันแรกของ Exit Portion หรือ Approach Portion ที่มีสัญญาณไฟเขียว หรือรถที่ขับตามกันมีระยะห่างกันมากกว่าระยะหยุดปลอดภัย จะถือว่ารถคันดังกล่าวจะเคลื่อนที่แบบ Free Flow โดยจะถือ Target Velocity ของแต่ละคันเป็นหลัก และกำหนดให้ค่าคงที่ K = 0.5

5.1.5 พฤติกรรมการเลี้ยว

การเลี้ยวของรถจะมีความเร็วสูงสุดไม่เกินค่า Maximum Turning Speed (VMAX) ซึ่งกำหนดค่าได้เท่ากับ 2.943 r โดย r คือค่าของรัศมีการเลี้ยว ในการเลี้ยวขวาจะถือว่ามี 2 จังหวะ คือ แบบ Free Turn และแบบ Delay Turn

5.1.6 การตัดสินใจเมื่อพบไฟเหลือง

การตัดสินใจของรถบนทางแยกเมื่อพบไฟเหลือง จะถือตามการศึกษา Gerlough and Wagner โดยพิจารณาการใช้อัตราหน่วงของรถคันแรกใน Approach Portion ณ. ตำแหน่งที่พิจารณาถึงเส้นหยุด พร้อมทั้ง Random เปรียบเทียบกับค่าในตาราง Probability Distribution

5.1.7 การตัดสินใจของ Gap และ Lag Acceptable

การตัดสินใจกรณี Gap และ Lag Acceptance จะพิจารณาเวลาในการเดินทางของรถ ณ. ตำแหน่งที่พิจารณาถึงจุดตัด (Conflict) และทำการ Random เปรียบเทียบค่าในตาราง Probability Distribution โดย Gap เป็นการพิจารณาช่องว่างในขณะที่รถหยุดรอยเพื่อรอช่องว่าง และ Lag เป็นการพิจารณาความเป็นไปได้ของช่องว่าง ขณะที่รถยังเคลื่อนที่อยู่

5.1.8 การเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Changing Process)

พิจารณาเปลี่ยนช่องจราจรเฉพาะรถที่จะตรงไป ซึ่งถูกรถที่จะเลี้ยวขวาขวางอยู่ การพิจารณาเปลี่ยนช่องจราจรจะถูกกำหนดให้หาเวลาของรถที่อยู่ด้านหลังในช่องจราจรข้างเคียง ถึงจุดที่รถจะแทรกตัวเข้าไปพร้อมทั้ง Random เปรียบเทียบค่ากับ Probability Distribution

5.2 ข้อมูลที่ใช้เป็น Input (Typical Simulation Input)

ภาคผนวก จ. แสดงรูปแบบและรายละเอียดสำหรับการรวบรวมข้อมูล โดยแยกเป็นชุดข้อมูลตามการอ่านเข้าไปของคอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้ เพื่อความสะดวกและไม่สับสนในการรวบรวมข้อมูลชุดอื่น ๆ สำหรับ Headway Distribution ผู้วิจัยได้กำหนดให้ $\alpha = 1$ และเมื่อแทนค่าลงในสมการ 3-13 Headway Distribution จะมีลักษณะเป็น Shifted Exponential Distribution นั่นเอง

ข้อมูลที่ใช้ในการ Input ในแบบจำลองนี้ สามารถสรุปหมวดหมู่ได้ดังนี้

ก. ค่าความเป็นไปได้ในการตัดสินใจไฟเหลือง (Amber Decision Probibility) ได้จาก

ข. ค่าความเป็นไปได้ในการตัดสินใจของการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Change Decision Probability)

ค. ค่าความเป็นไปได้ในการยอมรับค่า Gap สำหรับรถเลี้ยวขวา (Right-turn Gap-acceptance)

ง. ค่าความเป็นไปได้ในการยอมรับค่า Lay สำหรับรถเลี้ยวขวา (Right-turn Lag-acceptance)

จ. ค่าความเป็นไปได้ในการยอมรับค่า Lay สำหรับรถเลี้ยวซ้าย (Left-turn Lag-acceptance)

ฉ. General Parameters

ช. คุณลักษณะทั่วไปของยวดยาน (General Vehicle Characteristic)

ช. รูปแบบทางเรขาคณิตของทางแยก (Geometric Configulation)

ฌ. คุณลักษณะของการจราจรของแต่ละช่องจราจร (Traffic Characteristics by Individual List)

ญ. ข้อมูลสัญญาณไฟแบบ Fix-time (Fix-time Traffic Signal)

ฎ. ข้อมูลที่แปรผันได้ของการจราจร (Variable Traffic Input Data)

ข้อมูลของ ก-จ และ ช เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของผู้วิจัยอื่น ข้อ ฉ เป็นข้อมูลที่ได้จากการตัดสินใจและประสบการณ์ในการใช้แบบจำลอง ข้อมูลในข้อ ช และ ญ เป็นข้อมูลที่ได้จาก สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก และ กทม. ส่วนข้อมูล ฌ และ ฎ เป็นข้อมูลที่เก็บได้จากสนาม

## 5.3 ผลลัพธ์ของการทำ Simulation (Typical Simulation Output)

การแสดงของการทำจำลอง ในคอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้ จะเป็นลักษณะตารางแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับผลทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก ก. ผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นของทาง

แยกถนนรัชดาฯ ตัดกับถนนลาดพร้าว ดังในรูป 5.1 ซึ่งมีสัญญาณไฟแบบ Fix-Time Signal และสามารถเปลี่ยน Plan ได้ ซึ่งมีทั้งหมด 6 Plans แต่ในการทดสอบนี้จะทดสอบสำหรับ Plan ที่ 1 ซึ่งจะใช้ในช่วงเวลา 06.00 น.-09.00 น. รายละเอียดผลของ Output พอจะสรุปได้ดังนี้

ก. ปริมาณการจราจร เป็นผลแสดงปริมาณการจราจรในแบบจำลองโดยแบ่งออกเป็น 3 จุด คือ จุด Input, Intersection และ Output พร้อมทั้งแสดงปริมาณรถที่มีการเปลี่ยนช่องจราจรและรถที่เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด

ข. Undelayed Travel Time (Minutes) เป็นผลแสดงค่า Optimum System ของเวลาในการเดินทาง ซึ่งถือตามจินตนาการณ์ว่าไม่มีรถและสัญญาณไฟ รวมทั้งอิทธิพลจากรูปแบบ (Geometric) ของทางแยกโดยรถตรง สามารถหาได้จากการคำนวณของ Target Velocity และ Distance traveled ของรถแต่ละคัน สำหรับรถเลี้ยวจะรวมเวลาเนื่องจากการ Decelerating จาก Target Velocity ถึง Max. Turn Velocity และการ Ac-elerating จาก Max. Turn Velocity ถึง Target Velocity อีกครั้งหนึ่ง

ค. Actual Travel Time (Minutes) เป็นผลทางสถิติของการเดินทางจริงของรถ โดยได้จากผลต่าง ๆ ของเวลาที่รถออกจากระบบและเวลาที่รถเริ่มเข้าสู่ระบบ

ง. System Delay (Minutes) เป็นค่าผลต่างของ Actual Travel Time กับ Delayed Travel Time

จ. Stopped Delay (Minutes) ผลทางสถิติของเวลาในการหยุดของรถ

ฉ. Queues เป็นค่าทางสถิติแสดงผลของจำนวนรถที่จอดเรียงติดกันเป็น Queues ในส่วนของ Approach Portion เป็นตัวแทนของความยาวของ Queues

ช. Undelayed Travel Speed (Km/hr.) เป็นค่าทางสถิติแสดงผลของความเร็วรถแบบ Undelayed โดยหาได้จากระยะทางในการเดินทาง หารด้วยเวลาในการเดินทาง (Undelayed Travel Time)

ซ. Actual Travel Speed (Km/hr.) เป็นค่าทางสถิติแสดงผลของความเร็วรถจริง หาได้จากระยะทางในการเดินทาง หารด้วยเวลาจริงที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด (Actual Travel Time)

ฌ. Spot Speeds (Km/hr.) เป็นค่าทางสถิติแสดงผลของความเร็วที่จุดต่าง ๆ 3 จุด ดังนี้ - เริ่มเข้าสู่ระบบ (Entry) - ออกจากระบบ Exit - เข้าสู่ทางแยก (Intersection)

ญ. Frequency Distributions เป็นผลลัพธ์ส่วนสุดท้าย ซึ่งแสดงผลเป็นตารางความถี่ในช่วงที่กำหนดทางลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ 1. Delay 2. Actual Travel Time 3. Stopped Time 4. Actual Travel Speed 5. Cars in Queues

## 5.4 การวิเคราะห์การทดสอบคอมพิวเตอร์โปรแกรม

จุดมุ่งหมายของการทดสอบคอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้ เพื่อสรุปการทำงานของโปรแกรมพร้อม ๆ ไปกับทดสอบพฤติกรรม แสดงในรูปของความสามารถในการจำลองพฤติกรรมได้อย่างใกล้เคียงความเป็นจริงหรือไม่ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการจำลองพฤติกรรมการจราจรนี้สามารถสรุปได้ ดังนี้

### 5.4.1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองกับสภาพจริง

ความยาวของ Queue (Queue Length) และเวลาในการเดินทาง (traveling time) เป็นผลที่สำคัญที่ได้จากการทำงานของการจำลองที่สร้างขึ้นนี้ ในการเปรียบเทียบผลจึงควรที่จะเน้นค่าทั้งสองนี้ สำหรับการเก็บข้อมูลของความยาว Queue ในสนามเพื่อเปรียบเทียบผลนั้น การเก็บข้อมูลจะต้องสอดคล้องกับการรวบรวมข้อมูลในแบบจำลอง ซึ่งความยาว Queue จะถูกเก็บทุก ๆ ช่วงเวลา Qtime ในแบบจำลอง และการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะถูกสะสมเป็นความถี่เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ดังได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น ถึงข้อจำกัดของค่าใช้จ่ายและเวลา ในระหว่างการเก็บข้อมูลจราจรเพื่อทดสอบคอมพิวเตอร์โปรแกรม ผู้วิจัยจึงได้เก็บเฉพาะข้อมูลความยาว Queue โดยเก็บค่าเฉลี่ยความยาว Queue ของแต่ละรอบสัญญาณไฟแดงของแต่ละทิศทาง ดังแสดงในตาราง 5.1 จากการเปรียบเทียบผลจะพบว่าค่าเฉลี่ยของความยาว Queue ดังกล่าวยังมีค่าแตกต่างกันอยู่ ซึ่งอาจสรุปสาเหตุได้ดังนี้

ก. ข้อมูลที่ใช้ในการ Input เก็บได้มาจากหลายแห่ง ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกัน

ข. การเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบจากสนาม ไม่สอดคล้องกับการรวบรวมข้อมูลในแบบจำลอง

ค. สมมติฐานและพฤติกรรม ที่ใช้ในการจำลองยังไม่ได้รับการพิสูจน์ความเหมาะสมกับสภาพภายในประเทศ

ง. พฤติกรรมบางอย่างไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในแบบจำลอง เช่น การจอดรถบริเวณทางแยก ฯลฯ

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบความยาว Queue

| ทิศทาง | ค่าเฉลี่ยความยาว Queue (ม) | | ผลต่าง | เปอร์เซ็นต์ของความแตกต่าง |
|---|---|---|---|---|
| | สนาม | แบบจำลอง | | |
| เหนือ | 80 | 56.9 | 23.1 | + 40.60 |
| ตะวันตก | 200 | 46.4 | 153.6 | +331.03 |
| ใต้ | 120 | 63.2 | 56.8 | + 89.87 |
| ตะวันออก | 120 | 52.5 | 67.5 | +128.57 |

### 5.4.2 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถในคอมพิวเตอร์โปรแกรม

ในภาคผนวก ข. ผู้วิจัยได้แสดงผลการเคลื่อนที่ของรถเนื่องจากคอมพิวเตอร์โปรแกรม โดยได้แสดงถึงตำแหน่ง, ความเร็ว, Flags word ของรถทุกคัน Index และสัญญาณไฟของทุกช่องจราจรในแต่ละรอบ (Scanning) ของการจำลองจากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยพบว่าการเคลื่อนที่ของรถและการทำงานในคอมพิวเตอร์โปรแกรม เป็นไปตามพฤติกรรมและการทำงานของคอมพิวเตอร์โปรแกรมตาม Flow Chart ซึ่งสามารถสรุปได้คอมพิวเตอร์โปรแกรมที่ผู้วิจัยทำขึ้นนี้มีความเป็นไปได้อย่างมากในการจำลองพฤติกรรมการจราจร