บทที่ 4

การจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน

4.1 คำนำ

การศึกษาสภาพการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทำได้โดยการจำลองสภาพการจราจรลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน และนับว่ามีความเหมาะสมมากกว่าการศึกษาสภาพการจราจรจากสภาพกว้าง ทั้งทางด้านค่าใช้จ่าย ความถูกต้อง ความสะดวกสบาย ในการศึกษานี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ โปรแกรม SATURN ช่วยในการจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน เพื่อชี้ประเด็นของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นต้องตรวจสอบผลของการจำลอง ให้ได้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณการจราจรในปัจจุบันโดยการปรับแก้โครงข่ายถนน พารามิเตอร์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ก่อนที่จะทำการวิจัยสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงที่จะมีการจัดการประชุมสภาผู้ว่าการธนาคารโลกต่อไป

หลักการสำคัญของการจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม SATURN พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

- การจัดทำโครงข่ายถนนและการควบคุมการจราจรลงในคอมพิวเตอร์
- การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร
- จัดทำ Traffic Assignment
- การจัดทำ Traffic Simulation
- การเปรียบเทียบผล และการแสดงผลลัพธ์

4.2 การจัดการข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลที่สำคัญเพื่อใช้ในการจำลองสภาพการจราจร ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการสร้างตารางการเดินทาง (Trip Matrix) โดยใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนถนน (Matrix Estimation by Maximum Entropy) หรือเรียกชื่อย่อว่า ME 2 ข้อมูลที่ต้องใช้ในส่วนนี้สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นพื้นที่ย่อย (Traffic Zones) ระบบโครงข่ายถนน (Road Network) และข้อมูลปริมาณการจราจร (Taffic Volume) และข้อมูลในส่วนที่ 2 คือ ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ (Population) นอกจากนี้ถ้าต้องการเขียนรูปของโครงข่ายโดยใช้โปแกรม "P1" ของ SATURN จำเป็นต้องทำข้อมูลโคออร์ดิเนต สำหรับโซนและ Node ของโครงข่ายไปอีกด้วย

การกำหนดพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในการจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน ใช้หลักเกณฑ์ต่างๆ โดยสรุปดังนี้

ก. การกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอ

ข. การจัดแบ่งจำนวนพื้นที่ ออกเป็นโซนๆ ให้สอดคล้องกับหลักการทำงานของโปรแกรม SATURN

ค. การกำหนดจุดศูนย์กลางของพื้นที่ย่อย (Zone Centroid) ของการเกิดการเดินทาง และการดึงดูดการเดินทาง โดยใช้สมมุติฐานของการเกิดการเดินทางและการดึงดูดการเดินทางทั้งหมดภายในพื้นที่ย่อยนั้นมีจุดศูนย์กลางเป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง สภาพของการเดินทางเป็นระยะทางสั้นๆ ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ย่อยจะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สะท้อนสภาพการเดินทาง และมักจะเป็นการเดินทางในช่วงสั้น ซึ่งไม่มีความสำคัญมากนัก

4.2.1 ระบบโครงข่ายถนน (Road Network)

โครงข่ายถนนเป็นข้อมูลหลักของการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลโครงข่ายถนนที่สำคัญๆ พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. พารามิเตอร์ที่กำหนดให้โปรแกรม SATURN ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดเช่น Gap Acception ค่าเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลของยวดยานประเภทต่างๆ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อนาทีและต่อกิโลเมตร เวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม และคาบเวลาของการศึกษาเป็นต้น พารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้ จะต้องทำการทดสอบให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

2. ข้อมูลทางแยก เช่น ชนิดทางแยก (ทางแยกสัญญาณไฟ ทางแยกที่ไม่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ วงเวียน) คอร์โดออร์ดิเนตของทางแยก เป็นต้น

3. ข้อมูลที่เกี่ยวกับ Link เช่น ความยาวของถนน ความต่อเนื่องกันของโครงข่าย เวลาที่ใช้เดินทาง หรือความเร็วบนช่องถนน (Time or Speed) และจำนวนช่องทางบริเวณทางแยก เป็นต้น

4. ข้อมูลสัดส่วนปริมาณการไหลของยวดยานที่เปลี่ยนทิศทาง หรือผ่านทางแยก

5. ข้อมูลทางด้านสัญญาณไฟ เช่น ทิศทางการเคลื่อนที่ของยวดยาน รอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Time) จังหวะของสัญญาณไฟ (Phasing Time) และค่าออฟเซทของสัญญาณไฟ (Offset time) เป็นต้น รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งทางแยกสัญญาณไฟ

การจำลองสภาพการจราจรบนถนนลงในคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องจัดทำโครงข่ายถนนให้อยู่ในระบบของ Node และ LINK ตามรูปแบบ INPUT ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม SATURN ตำแหน่งที่พิจารณาเป็น Node ได้แก่ตำแหน่งที่เป็นทางตัดเชื่อม (Intersection) หลังจากที่ได้ตำแหน่งของ Node จะมี Link ต่อเชื่อมได้ไม่เกิน 5 Link

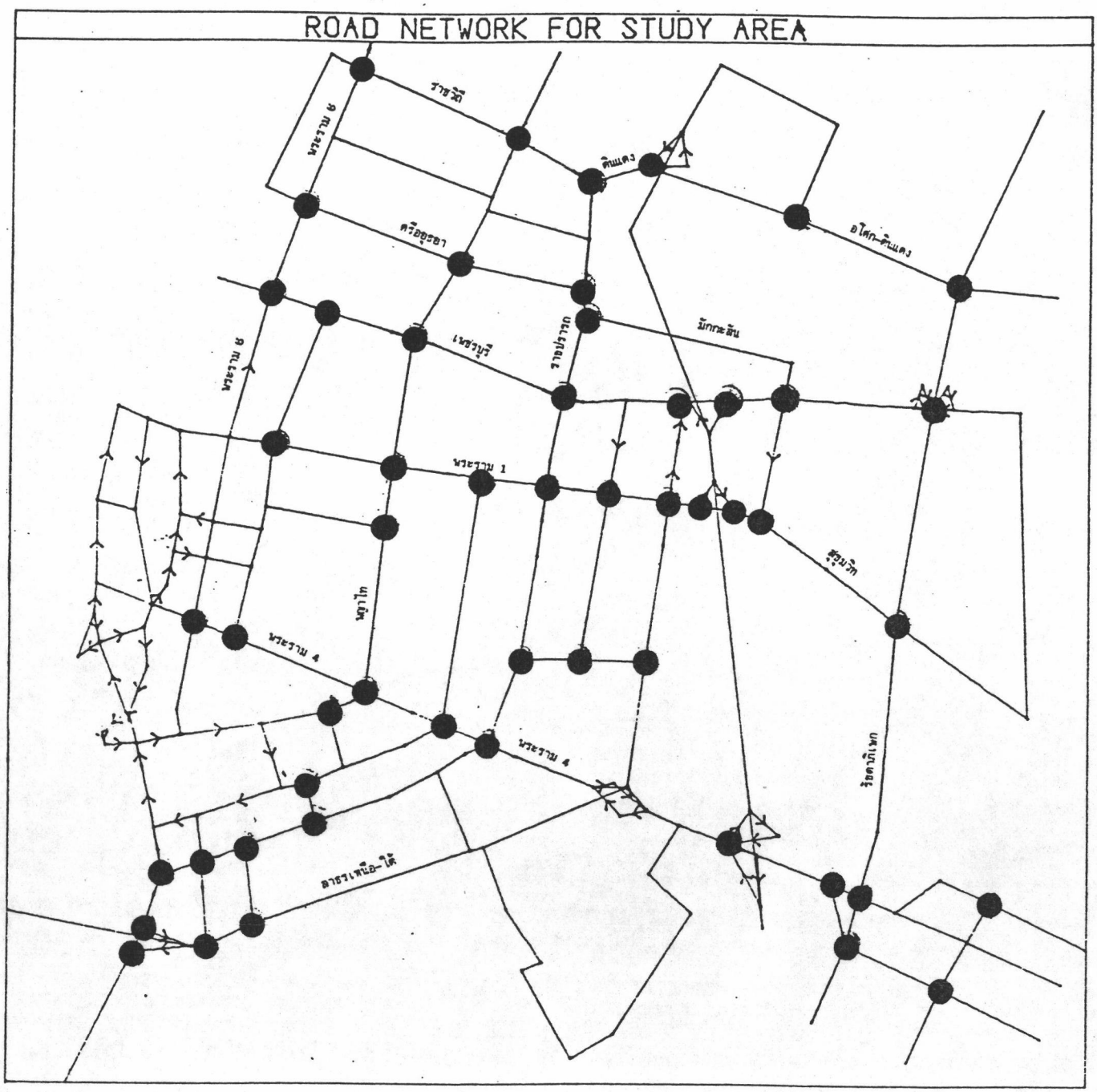
โครงข่ายถนนทั้งหมดในระบบ Node และ Link รูปที่ 4.2 ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ ประกอบด้วย Node จำนวน 191 Nodes และ Link จำนวน 522 Link รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของโครงข่ายถนนที่ได้กำหนด Node และ Link หลังจากที่ได้ทำโครงข่ายและการควบคุมเสร็จแล้ว บนเส้นทางที่สำคัญๆ จำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลปริมาณการจราจรด้วย ซึ่งข้อมูลปริมาณการจราจรส่วนนี้จะใช้ประกอบกับการจัดทำตารางการเดินทาง ในการศึกษานี้ได้จัดแบ่งชนิดของยวดยานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. รถยนต์ธรรมดา ประกอบด้วย รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) รถแท็กซี่ (Taxi) รถบรรทุก (Truck) และรถบัส (Bus) ทั่วไปวิ่งไม่ประจำทาง

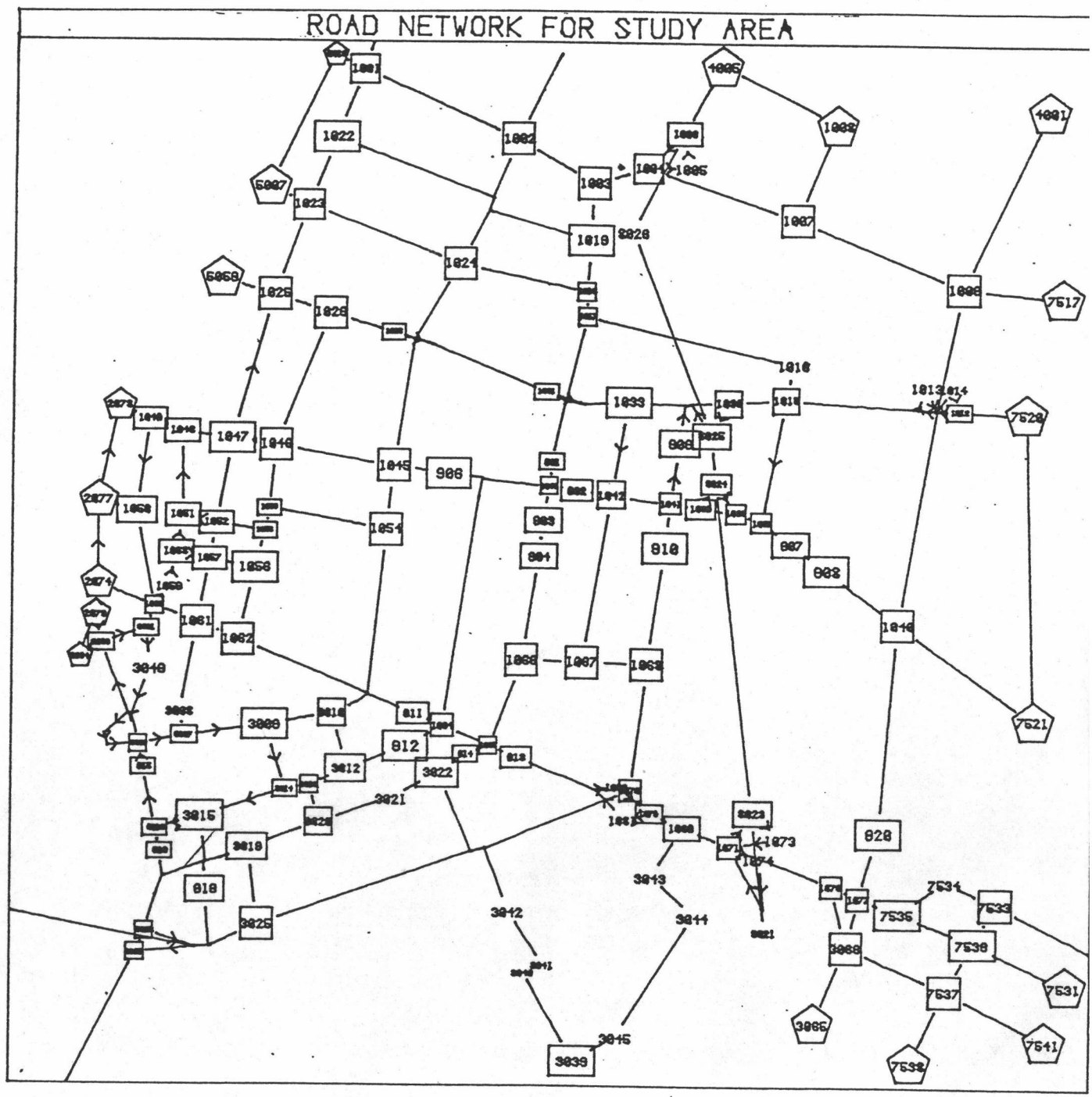
2. รถโดยสารประจำทาง ประกอบด้วย รถมินิบัส (Minibus) และรถโดยสารขนาดใหญ่ (Heavy Bus) ที่วิ่งประจำเส้นทาง

การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (Peak hour) เช้าและเย็นได้กำหนดสถานีนับรถไว้ทั้งสิ้น 20 จุด กำหนดให้กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา รูปที่ 4.3 ตำแหน่งสถานีนับรถบนพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามขีดจำกัดของโปรแกรม SATURN ไม่สามารถศึกษากับพื้นที่ขนาด ใหญ่มากๆได้ สืบเนื่องมาจากมีขีดจำกัดของจำนวน Node และ Link คือจำนวนของ Simulation Junction ต้องน้อยกว่า 230 ทางแยก จำนวนของ Simulation Link ต้องน้อยกว่า 550 Link และเส้นทางของรถโดยสารประจำทางสามารถผ่าน Link ต่างๆ ได้ในจำนวนที่น้อยกว่า หรือเท่ากับ 50 Link

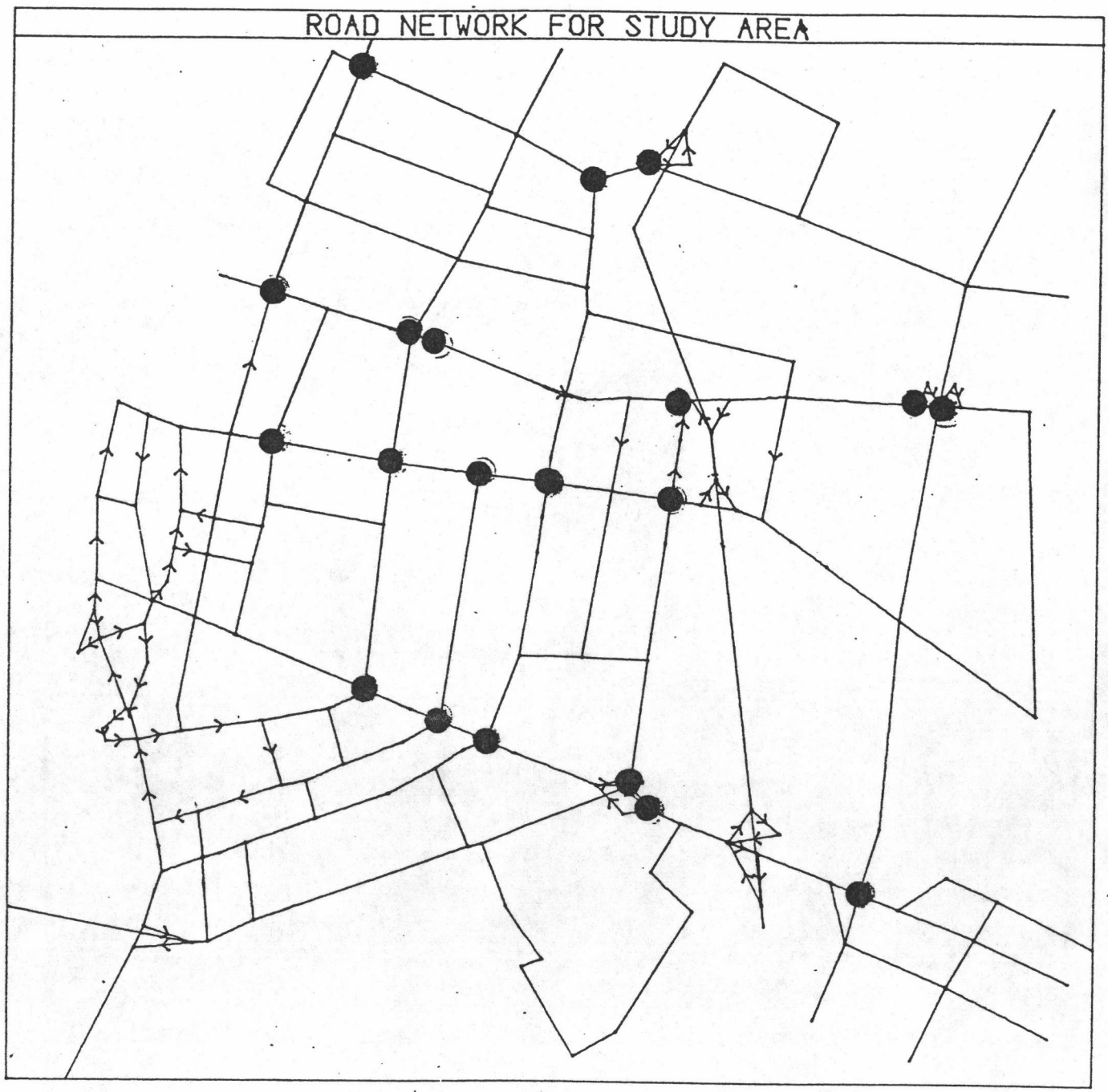
4.2.2 การจัดทำพื้นที่ย่อย ในการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรซึ่งจะแสดงจำนวนการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทาง และปริมาณการเดินทางรวมในพื้นที่ศึกษา ในการวิจัยได้กำหนดให้มีพื้นที่ย่อย (Traffic Zone) ขึ้นทั้งสิ้นจำนวน 52 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อย สมมุติให้



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งทางแยกสัญญาณไฟ



รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของโครงข่ายถนนที่ได้ทำการกำหนด Node และ Link แล้ว



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งสถานีนับรถบนพื้นที่ศึกษา

ปริมาณการจราจรเริ่มต้นจาก Centroid หรือจุดศูนย์กลางโซน ยวดยานจะออกจากโซนได้ 2 ลักษณะ คือ ออกที่จุดเชื่อมต่อระหว่าง Centroid กับโครงข่ายถนนและออกจากขอบถนนในโครงข่าย คล้ายกับมีรถจอดอยู่ที่ขอบถนน รูปที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของการจัดแบ่งพื้นที่ย่อย สำหรับข้อมูล Input ทั้งหมด ที่ดำเนินการในการศึกษานี้ดังแสดงในภาคผนวก ข.

4.3 หลักการทั่วไปของการจำลองสภาพการจราจร

4.3.1 การจัดทำ Traffic Assignment

ในการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐาน 3 อย่าง คือ ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) ข้อมูลตารางการเดินทาง (Trip Matrix) และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรกับความล่าช้า (Flow-Delay Curve) ที่ได้จากการจัดทำ Traffic Simulation จากรูปที่ 2.1 การจัดทำการจัดเส้นทางการเดินทางทำได้โดยใช้โปรแกรม "SATASS" โดยใช้สมมุติฐานที่ว่าผู้ขับขี่ยวดยานแต่ละคนจะตัดสินใจเลือกเส้นทางสั้นที่สุดเพื่อการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย (Origin-Destination Zone) ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจนี้คือ มูลค่าของการเดินทาง (Travel Cost) โดยที่มูลค่าของการเดินทางจะสะท้อนค่าของเวลา (Time) และค่าใช้จ่ายของยวดยาน (Vehicle Operating Cost) เส้นทางคัดเลือกที่ถูกให้ใช้ในการเดินทาง จะได้แก่เส้นทางที่ให้ค่าใช้จ่ายของมูลค่าการเดินทางน้อยที่สุดของการจัดเส้นทางการจราจร (Minimize Travel Cost)

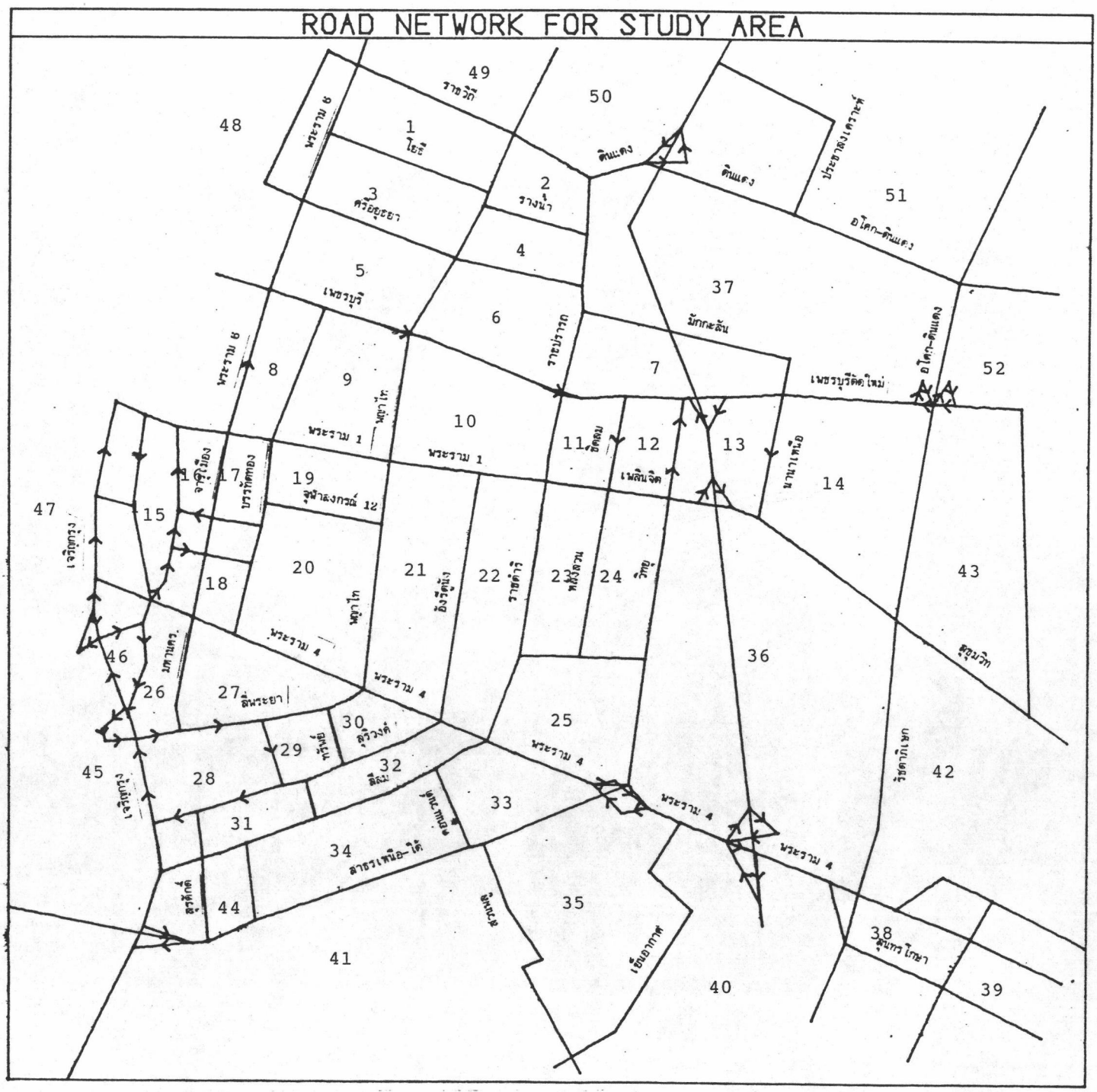
การพิจารณาค่าใช้จ่ายข้อมูลการเดินทางนี้สามารถ กำหนดได้ 3 วิธีคือ

ก. พิจารณาเฉพาะเวลาในการเดินทาง

ข. พิจารณาเฉพาะระยะทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย (Pure Distance)

ค. พิจารณาจากมูลค่ารวมของระยะทางกับเวลา ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของระยะเวลากับระยะทาง

หลักการทั่วไปของการจัดเส้นทาง ผู้ขับขี่จะพิจารณาเลือกเส้นทางที่มีมูลค่าการเดินทางต่ำที่สุดระหว่าคู่พื้นที่ย่อย (O-D Pair) ค่าของมูลค่าการเดินทาง (Travel Cost) นี้สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของการจัดแบ่งพื้นที่ย่อย

C = PPM*T+PPK*D

โดยที่ C คือ มูลค่าของการเดินทาง (Travel Cost)
T คือ เวลาการเดินทางบนเส้นทาง หน่วย นาที
D คือ ระยะทางของเส้นทาง หน่วย กิโลเมตร
PPM คือ ค่าใช้จ่ายบนเส้นทางต่อนาที (Pence Per Minute)
PPK คือ ค่าใช้จ่ายบนเส้นทางต่อกิโลเมตร (Pence Per Kilometer)

เนื่องจากสภาพการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ติดขัดมาก สาเหตุอันหนึ่งเกิดจากการเข้าสู่ทางแยกของยวดยานมากกว่าความจุของทางแยก (Oversaturated Condition) ทำให้ยวดยานที่เข้าสู่ทางแยกนั้นๆ ไม่สามารถออกจากทางแยกได้หมด เกิดยวดยานติดค้างอยู่บริเวณทางแยก (Queue) ความล่าช้าที่เกิดขึ้นมีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ยวดยานในการเลือกเส้นทางการเดินทางเมื่อมีการจัดทำ Traffic Assignment ดังนั้นการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเวลาของการเดินทางในการวิจัยนี้ จึงกำหนดให้มูลค่าของการเดินทาง (Travel Cost) ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปร คือ ค่าของเวลาของการเดินทางบนเส้นทาง (Time Cost) เป็นค่า Impedance ของการเลือกเส้นทางการเดินทางเพียงอย่างเดียว เพราะค่าของเวลาในการเดินทางสามารถใช้เป็นตัวกำหนดสภาพการเดินทางบนโครงข่ายในพื้นที่กรุงเทพมหานครได้เป็นอย่างดี และวิธีนี้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

การจัดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย อาจทำได้หลายวิธี เช่น วิธี Incremental Assignment และ Equilibrium Assignment แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้วิธีการจัดเส้นทางการจราจรด้วยวิธี Equilibrium Assignment เพราะในโครงข่าย (Road Network) ที่มีสภาพการจราจรติดขัด ยวดยานจะปรับสภาพด้วยตัวเองโดยที่ผู้ขับขี่ยวดยานตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีมูลค่าการเดินทางบนเส้นทางทุกๆ เส้นทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย (O-D Pair) เท่ากับมูลค่าการเดินทางน้อยที่สุด (Minimize Travel Cost) และเส้นทางอื่นๆ ที่ไม่ได้ถูกเลือกให้ใช้จะมีมูลค่าการเดินทางที่มากกว่าทั้งสิ้น การจัดปริมาณการจราจรนี้เป็นการจัดจำนวนยวดยานหรือจำนวนการเดินทางลงบนเส้นทางที่ใช้เชื่อต่อระหว่างคู่พื้นที่ย่อย อันเป็นผลลัพธ์มาจากการเลือกเส้นทางมาก่อน จำนวนการเดินทางที่ใช้อยู่ในรูปของตารางการเดินทาง (Trip Matrix) ที่แสดงการเดินทางจาก Zone หนึ่งไปยังอีก Zone หนึ่งเทคนิคของการทำงานด้วยโปรแกรม SATASS ในการจัดเส้นทางการจราจร (Traffic Assignment) พอที่จะสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การจำลองสภาพการจราจรอันดับแรก ทำการคำนวณหาปริมาณการจราจรบนถนน (Traffic Volume) ,Va(n) เมื่อ n=1 การจำลองแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย ใช้วิธี All-or-Nothing Assignment พิจารณาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) ระหว่างคู่พื้นที่ย่อย จากเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

บนเส้นทาง (Travel Time) เมื่อได้แนวเส้นทางแล้วจึงนำมาจัดปริมาณการจราจรลงไปบนเส้นทางนั้น

2. จากปริมาณการจราจรในข้อที่ 1 นำมาคำนวณหามูลค่าการเดินทางที่ต่ำที่สุดใหม่ (Minimize Cosst) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$Ca(n) = Ca(Va(n))$$

โดยที่ Ca(n) คือ Cost ของผลลัพท์ที่ได้จากการกระทำ Assignment ครั้งที่ n

3. พิจารณามูลค่าการเดินทางของแต่ละคู่พื้นที่ย่อย (O-D Pair) บนเส้นทางที่มูลค่าการเดินทางต่ำสุด หาแนวเส้นทางจากนั้นจัดปริมาณการจราจรลงไปเส้นทางแทนด้วย Fa (n) หรือ Auxiliary All-or-Nothing Flowes เพื่อคำนวณหาความเร็วและเวลาในการเดินทางตามการเปลี่ยนแปลงของการจราจรใหม่

4. ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ย จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 3 สามารถหาได้จากสมการ

$$Va(n+1) = (1+x)*Va(n)+X*Fa(n)$$

โดยที่ Va(n) คือ ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ย ใน Iteration ที่ n

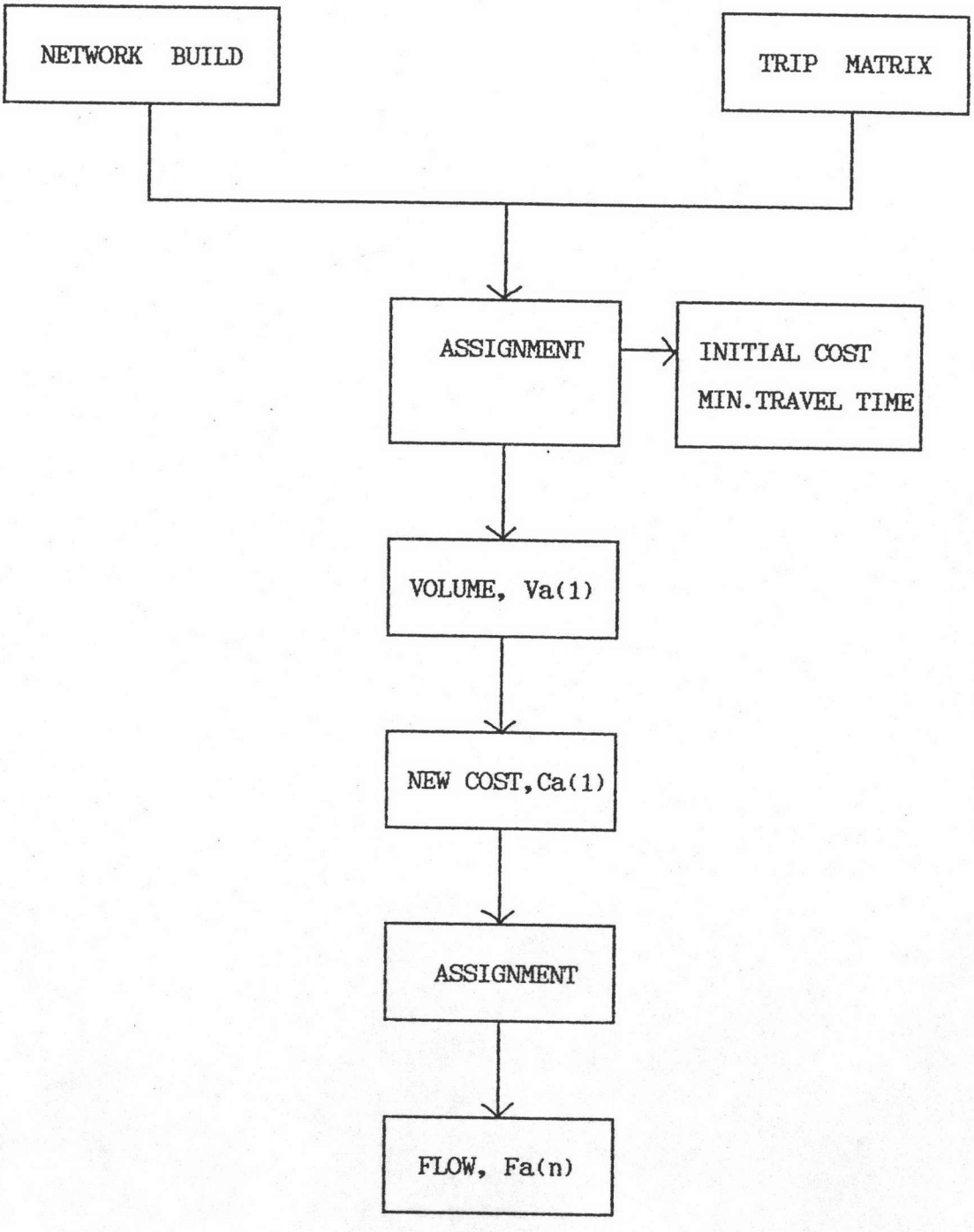
X คือค่าของ Lambda ใช้สำหรับหาค่า Va (n+1) ที่ Minimize ค่า มูลค่าของการเดินทาง

5. ย้อนกลับไปที่ขั้นตอนที่ 2 หรือสิ้นสุดกระบวนการจัดทำ Traffic Assignment เมื่อถึงเงื่อนไขที่กำหนดของการConvergence หรือเกินจำนวนของ Iteration ที่กำหนด ดังแสดงตามรูปที่ 4.5

การจำลองสภาพการจราจรสำหรับการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์เป็น 30 iteration และใช้เงื่อนไขของการ Convergence เท่ากับ 85 % หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของ Link Flow น้อยกว่า 5 % ในการทำ Iteration นั้นเปรียบเทียบกับ Itertion ก่อนหน้านั้น

4.3.2 การจัดทำ Traffic Simulation

วัตถุประสงค์การจัดทำ Simulation คือ การคำนวณหาความล่าช้า (Delay) ที่สัมพันธ์กับปริมาณการจราจรที่ได้รับกระบวนการจัดทำ Traffic Assignment การจัดทำซิมูเลชั่นของโปรแกรม "SATSIM"



รูปที่ 4.5 แสดงเทคนิคการจัดทำ TRAFFIC ASSIGNMENT

ใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของยวดยานที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งบนช่องถนนที่กำหนดกับคาบเวลาช่วงหนึ่ง เรียกว่า Cyclic Flow Profile

Cyclic Flow Profile เป็นการเคลื่อนที่ของยวดยานผ่านจุดที่กำหนดสัมพันธ์กับเวลาโปรแกรม SATURN ใช้สมมุติฐานคือ Cyclic Flow Profile นี้จะไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงคาบเวลาที่ทำซิมูเลชั่น โดยทั่วไปจะใช้คาบเวลาเท่ากับ 30 นาที (ผู้ใช้จะสามารถกำหนดได้จากพารามิเตอร์ LTD) ตัวอย่างสมมุติผู้สังเกตยืนอยู่ที่ทางแยกปลายกระแส (Downstream)ของทางแยกสัญญานไฟแบบ Fix Cycle Time เท่ากับ 75 วินาที และสามารถแสดงรูปแบบของการเคลื่อนของยวดยานได้ตามรูปที่ 4.6

ความสัมพันธ์มีลักษณะขึ้นๆ ลงๆ เป็นแบบลูกคลื่น สอดคล้องกับช่วงสัญญานไฟเขียวและช่วงที่มีการเคลื่อนที่ของยวดยานต่ำที่สุดจะสอดคล้องกับช่วงสัญญานไฟแดง แต่ละรอบเวลาสัญญานไฟเท่ากับ 75 วินาที ของ Cyclic Flow Profile จะมีลักษณะของความสัมพันธ์เหมือนกันทุกช่วงในกรณีนี้รอบเวลาของสัญญานเท่ากับ 75 วินาที พอดีกับคาบเวลาที่ทำซิมูเลชั่นเท่ากับ 30 นาที

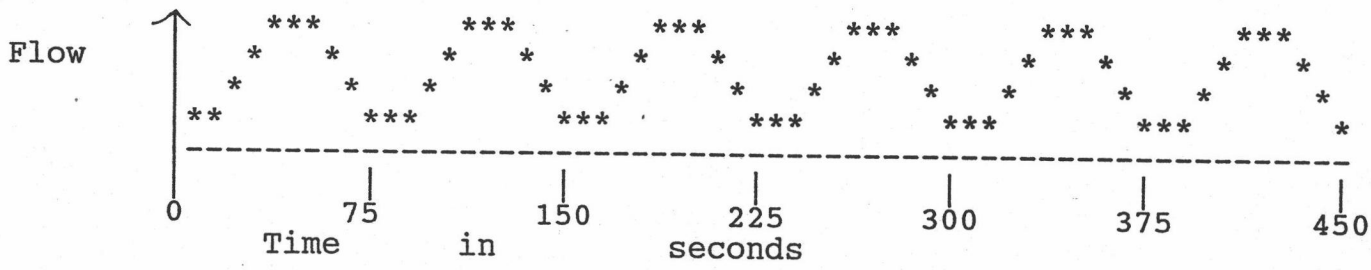
การจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยวดยานกับคาบเวลาช่วงหนึ่ง ทำได้โดยการกำหนดให้แต่ละรอบสัญญานไฟแบ่งย่อยเวลาให้น้อยลงอีก ตั้งแต่ 10 ถึง 20 วินาที จึงทำให้ Cyclic Flow Profile สามารถแสดงได้ในคอมพิวเตอร์ Cyclic Flow Profile ขึ้นอยู่กับ ลักษณะการเคลื่อนที่ของยวดยานบริเวณทางแยกเช่น การจัดให้ยวดยานเคลื่อนที่ตามสัญญานไฟ การห้ามเลี้ยวขวา และการให้เลี้ยวซ้ายได้ตลอดเวลาเป็นต้น จากความจริงที่ว่าความล่าช้าที่เกิดกับยวดยานที่รถเลี้ยวขวา มากกว่าความล่าช้าที่เกิดจากการรอเลี้ยวซ้าย การเคลื่อนที่ของยวดยานบริเวณทางแยก Link i ไปยัง Link j แบ่งออกเป็นรูปแบบดังนี้คือ (ดังรูปที่ 4.7)

1. In pattern คือ การไหลของยวดยานที่จุดสิ้นสุด ของทางแยกต้นกระแสของ Link i

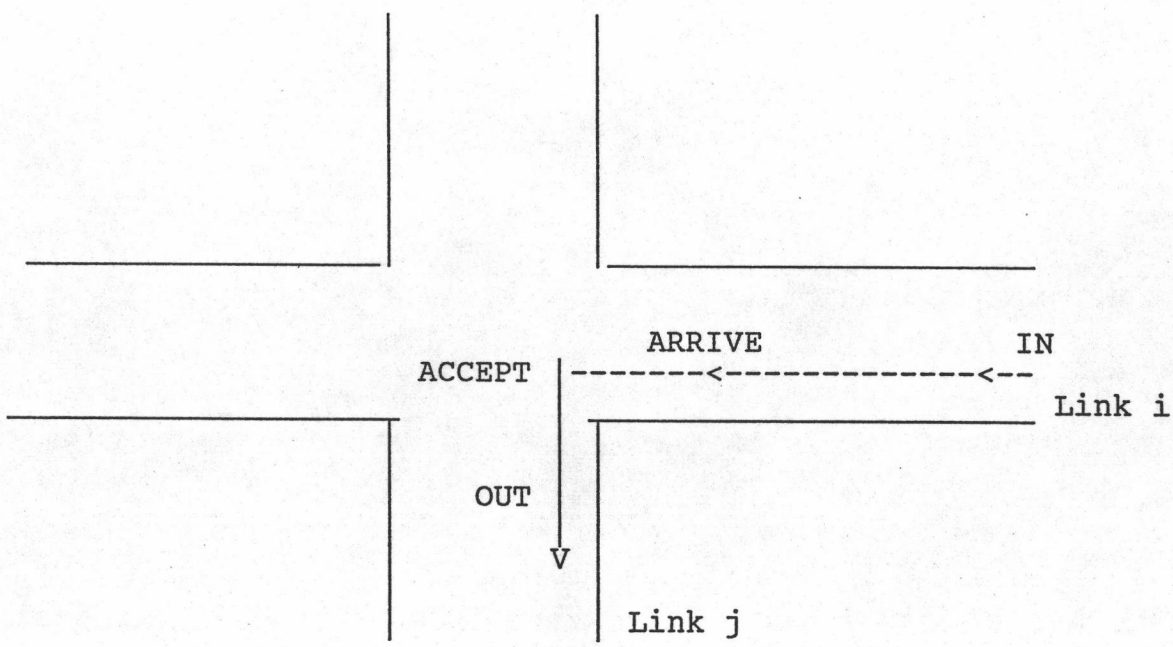
2. Arrive Pattern คือ การไหลของยวดยานที่จุดสิ้นสุดของทางแยกปลายกระแสของ Link i

3. Accept Pattern คือ ปริมาณการจราจรที่สามารถเคลื่อนที่ได้จริงในทิศทางแยก

4. Out Pattern คือ การไหลของยวดยานที่ทางแยกต้นกระแสของ Link j



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของยวดยานกับเวลาที่ทางแยกปลายกระแส



รูปที่ 4.7 รูปแบบการเคลื่อนที่ของยวดยานบริเวณทางแยก

ความสัมพันธ์ของ Profile ทั้ง 4 รูปแบบ ข้างต้น สรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการเข้าถึงทางแยก (Arrive Profile) ได้นำมาจากรูปแบบของการเข้าสู่ทางแยก (In Pattern) โดยการสมมุติให้การเข้าสู่ทางแยกมีการกระจายตัวของยวดยานเมื่อเคลื่อนที่ไปบน Link เป็นแบบ Platoon Dispersion ทำให้แบบการจราจรมีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริงๆ ของยวดยานบนท้องถนน

2. รูปแบบของการเคลื่อนที่ออกจากทางแยกจริง (Accept Pattern) ขึ้นกับความจุของช่องทาง,ช่วงเวลาสัญญานไฟและข้อจำกัดการจราจรต่างๆ

3. รูปแบบการออกจากทางแยกของยวดยาน (Out Pattern) ได้รับจาก Arrive และ Accept Pattern และบางส่วนจาก In Pattern ของการเคลื่อนที่ของยวดยานที่ตามมา (Succeeding Turn)

ในกระบวนการทำ Simulation โปรแกรม SATSIM กำหนดให้ Cyclic Flow Profile ของ Accept Pattern ใน Iteration ที่ n มาจากรูปแบบการไหลของยวดยานของ Iteration ที่ n-1 การ Convergence ของโปรแกรมให้พิจารณาจาก Out Patten มี 2 กรณีคือ

ก. เกิด Convergence เมื่อ การเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยของ Out Pattern ระหว่างIteration นั้นกับ Iteration ก่อนหน้า มีค่าน้อยและเป็นเงื่อนไขที่ยอมรับได้ในหน่วยของคันต่อชั่วโมง

ข. เกิดการ Convergence เมื่อการทำงานของโปรแกรมซิมูเลชั่นถึง Iteration สูงสุดที่กำหนด

4.3.3 ความล่าช้า (Delays) และ Flow-Delay Curve ของการทำซิมูเลชั่น

การทำซิมูเลชั่นหาความสัมพันธ์ของ Flow-Delay Curve ของการเคลื่อนที่ของยวดยานที่ทางแยก ซึ่งผลของความสัมพันธ์นี้ หากนำไปใช้ในกระบวนการจัดเส้นทางการจราจร (Traffic Assignment) การหาความล่าช้าเฉลี่ยของการทำซิมูเลชั่น คำนวณตามสูตรดังนี้

เมื่อ $v \leqslant c$

$$d(v) = do + av^{n}$$

เมื่อ $v > c$

$$d(v) = d(c) + T(v-c)/2c$$

โดยที่ d (V) = ความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับยวดยาน

c = ค่าความจุของทางแยก (Capacity)

do = เวลาที่ยวดยานเคลื่อนที่โดยอิสระ (Free-Flow Travel Time)

T = คาบเวลาของการทำซิมูเลชั่น

v = ปริมาณการจราจรที่มาถึงทางแยก (Arrived Flows)

a , n = ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณจากโปรแกรม ใช้หาความล่าช้า 3 กรณี คือ เมื่อไม่มีปริมารการจราจร เมื่อมีปริมาณการจราจรจริง และเมื่อมีปริมาณการจราจรเท่ากับ Capacity

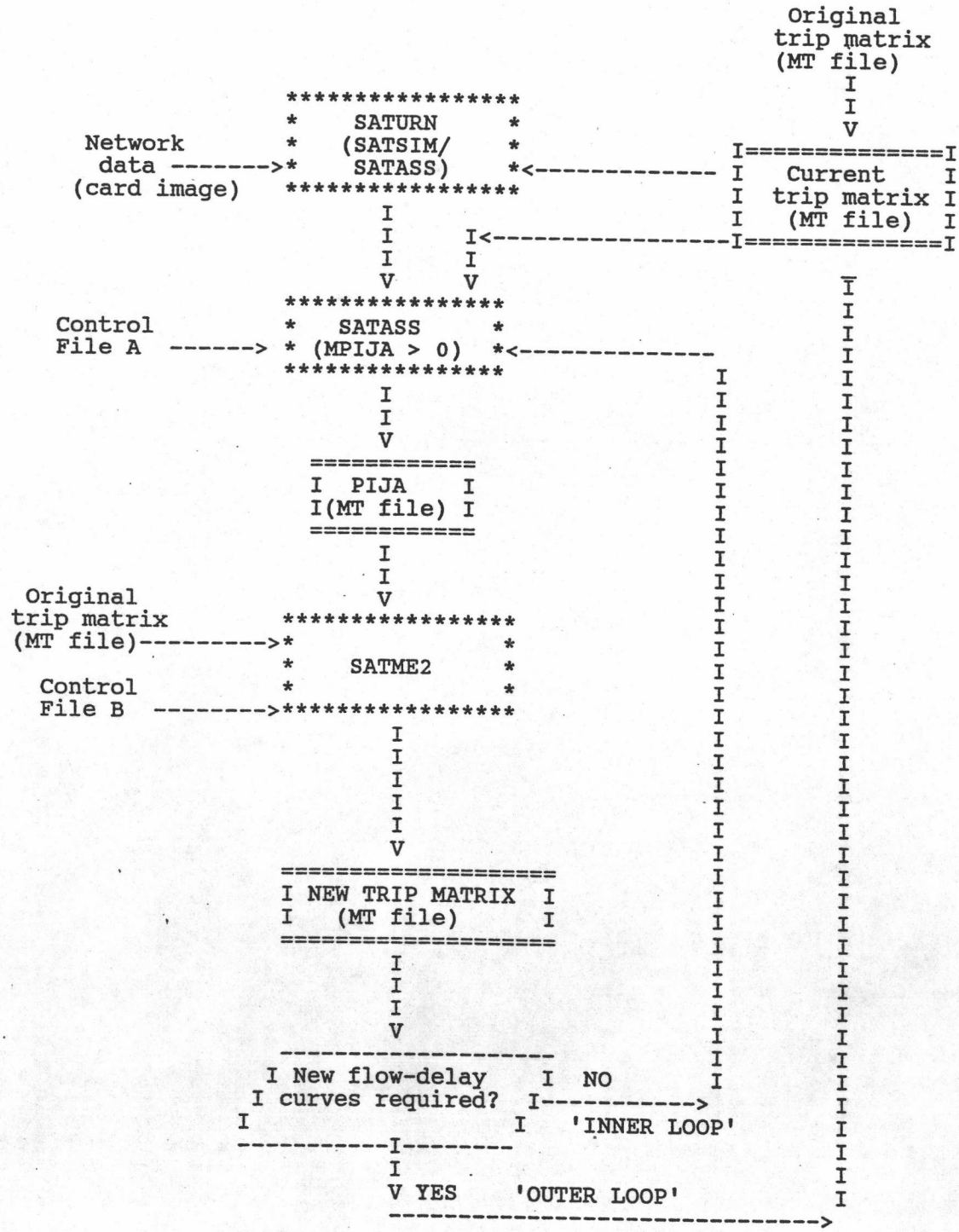
4.4 การจัดทำตารางการเดินทาง

4.4.1 ขั้นตอนของการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร ทำได้โดยใช้โปรแกรม "SATME 2" รูปที่ 4.8 ขั้นตอนของการประมาณตารางการเดินทางของ SATURN โปรแกรมนี้สามารถทำงานได้โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นคือ ข้อมูลโครงข่ายถนนในปัจจุบัน ข้อมูลปริมาณการจราจรที่สำรวจจริง และตารางการเดินทางเริ่มต้น สำหรับข้อมูลโครงข่ายถนนในขั้นตอนนี้จำเป็นที่จะต้องตัดข้อมูลในส่วนของรถประจำทางออกไป เพราะการเดินทางของรถประจำทางจะเป็นไปตามเส้นทางที่กำหนด จึงไม่สามารถนำมาจัดทำ Assignment ได้

ในส่วนของข้อมูลปริมาณการจราจรในปัจจุบัน ที่ได้ทำการจัดเก็บตามเส้นทางหลักต่างๆ กระจายทั่วพื้นที่เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากการจัดทำ Assignment แล้วไม่มียวดยานเข้ามาวิ่งบนเส้นทาง สำหรับข้อมูลการเดินทางและการจายการเดินทาง ได้นำมาจากวิทยานิพนธ์เรื่อง "แบบจำลองจำแนกความสัมพันธ์ของการเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล" จัดทำโดย นาย วัชรินทร์ บรรพต เป็นข้อมูลในปี พ.ศ.2529 นำมาดำเนินการจัดทำตารางการเดินทางเริ่มต้น เพราะสภาพการจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นสภาพการจราจรที่ติดขัดอย่างมาก จนกระทั่งยวดยานส่วนที่เพิ่มขึ้นมาในปัจจุบัน ไม่สามารถเข้ามาวิ่งในโครงข่ายได้ เนื่องจากขีดจำกัดของถนน (Capacity) หรือทางแยกที่รองรับได้

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม SATME 2 เริ่มด้วยการสร้างคู่ของ PIJA FILE หรือความน่าจะเป็นของการเดินทางจากโซน i ไปยังโซน J โดยใช้แบบจำลองการจัดเส้นทางการจราจร (Traffic Assignment) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการจราจรที่ได้จากการจัดสรรกับปริมาณการจราจรที่



รูปที่ 4.8 การประมาณตารางการเดินทางของโปรแกรม SATURN

สำรวจจริงบนเส้นนั้น โปรแกรม SATME 2 จะนำผลของความแตกต่างของปริมาณการจราจรบนเส้นทางมาคำนวณหาเซ็ตของ Balancing Factors ของเส้นทางนั้นๆ จนกระทั่งปริมาณการจราจรที่ได้จากการเปรียบเทียบมีค่าใกล้เคียงกัน ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ ตารางการเดินทางที่ปรับปรุงใหม่ และตารางการเดินทางนี้ต้องตรวจสอบหาความถูกต้องต่อไป ถ้าความผิดพลาดไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ก็จะต้องดำเนินการจัดทำตารางการเดินใหม่อีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งผลของการเปรียบเทียบความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงนำตารางการเดินทางนี้ไปใช้ในการจำลองสภาพการจราจรต่อไป

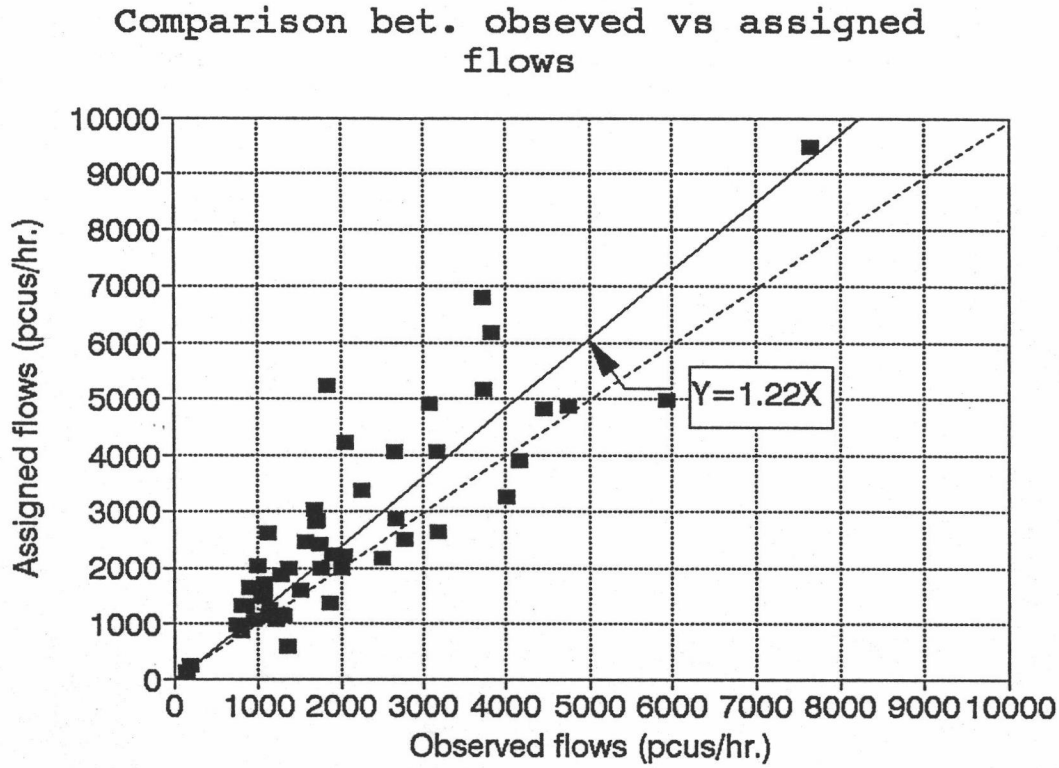
4.4.2 การตรวจสอบตารางการเดินทาง

การตรวจสอบความถูกต้องของการเดินทางที่ได้จากการปรับปรุงใหม่ด้วยวิธี ME2 ทำได้โดยการนำตารางการเดินทางที่ได้ มาจำลองสภาพการจราจรลงในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SATURN ซึ่งจะรวมเอาแบบจำลอง 2 อย่าง คือ แบบจำลองการจัดเส้นทางการจราจร และแบบจำลองซิมูเลชั่น แล้ววิเคราะห์สภาพการจราจรที่เกิดขึ้น โดยการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรที่สถานีเดียวกันจากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริง

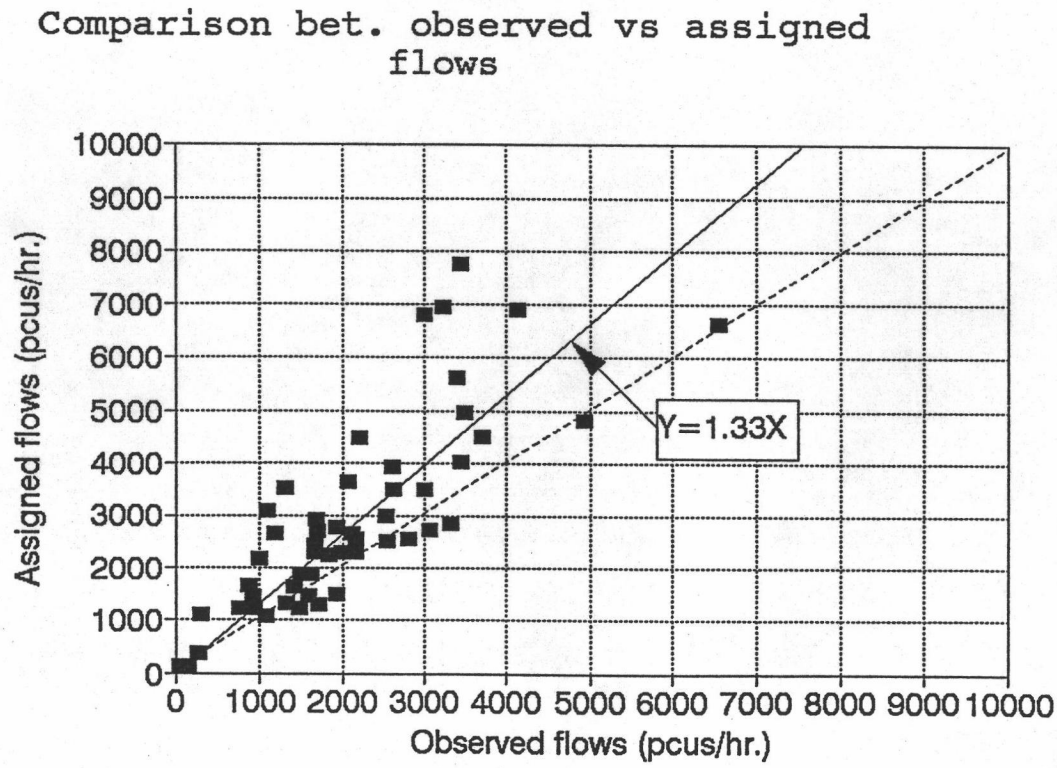
การเปรียบเทียบปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ สภาพการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า และสภาพการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น รายละเอียดของการเปรียบเทียบปริมาณการจราจร ดังแสดงในภาคผนวกที่ 3

ผลของการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลองการจัดเส้นทางการจราจร (Traffic Assignment Model) กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ดังแสดงตามรูปที่ 4.9 และในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ดังแสดงตามรูปที่ 4.10

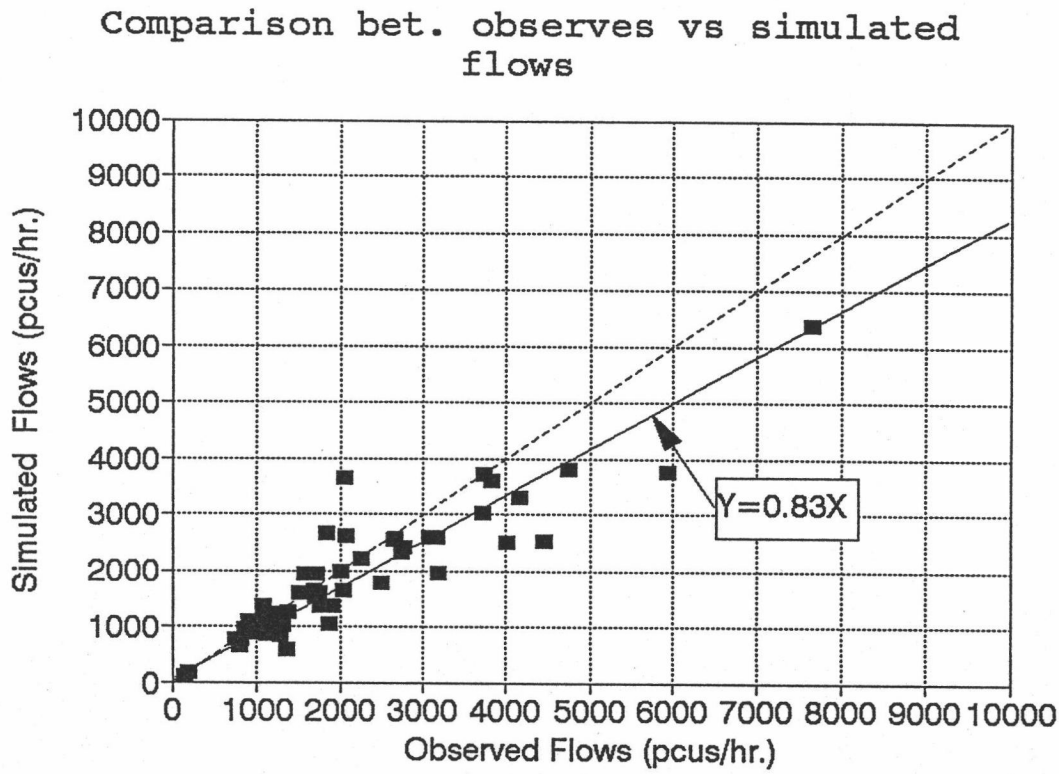
ผลของการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลองซิมูเลชั่น (Traffic Simulation Model) กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ดังแสดงตามรูปที่ 4.11 และในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นดังแสดงตามรูปที่ 4.12 ส่วนผลของการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจตามสถานีนับรถต่างๆ สรุปผลได้ตามตารางที่ 4.1



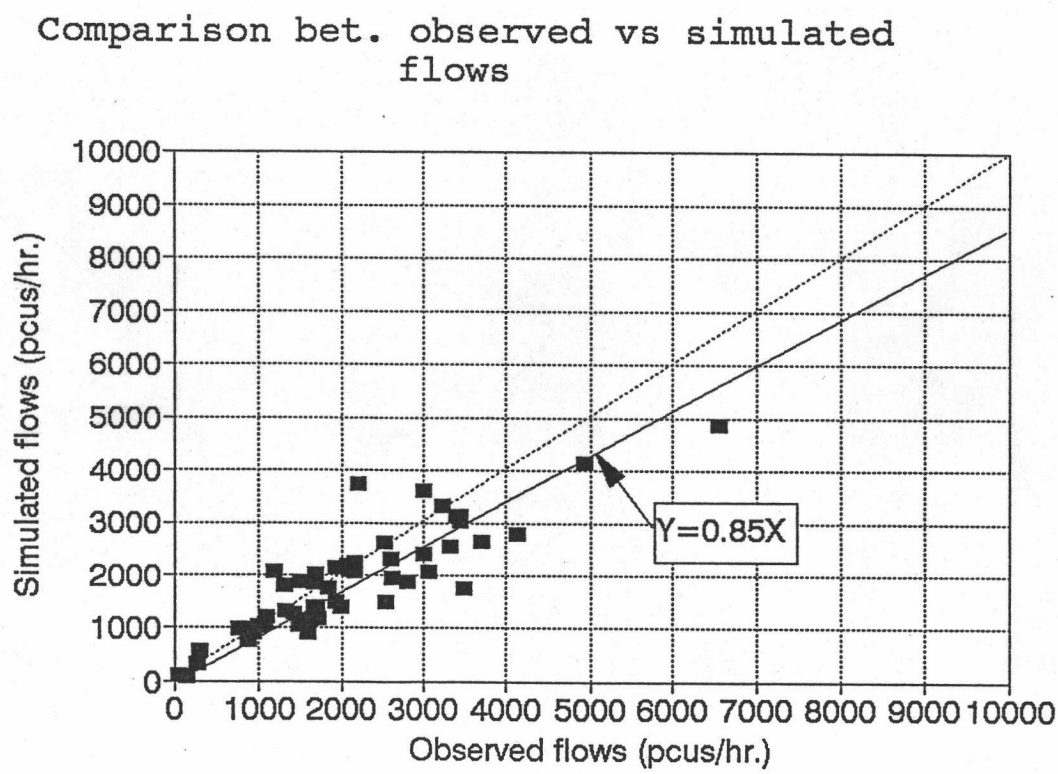
รูปที่ 4.9 แผนภาพการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง Assignment กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



รูปที่ 4.10 แผนภาพการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง Assignment กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น



รูปที่ 4.11 แผนภาพการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง Simulation กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



รูปที่ 4.12 แผนภาพการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง Simulation กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (Correlation Coefficient) โดยเฉลี่ยระหว่างปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจ

ประเภทของแบบจำลอง	ชั่วโมงเร่งด่วน	ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์
Traffic Assignment Model	AM.	1.22
	PM.	1.33
Traffic Simulation Model	AM.	0.83
	PM.	0.85

จากผลของการวิเคราะห์ค่าความแตกต่าง (Error Rate) และค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ ระหว่างปริมาณการจราจรจากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรจากการสำรวจจริง เมื่อพิจารณาผลรวมของค่ากำลังสองของผลต่างระหว่างปริมาณการจราจร พบว่าผลของปริมาณการจราจรที่ได้จาก Traffic Simulation ดีกว่า Traffic Assignment (วิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบ ผลรวมของค่าที่น้อยกว่าจะดีกว่า) และเมื่อพิจารณากราฟที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์จาก Traffic Simulation อยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ 0.83 และ 0.85 สรุปได้ว่าการจำลองสภาพการจราจรโดยการพิจารณาถึงผลกระทบของความล่าช้าที่ทางแยก จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงมากที่สุด ดังนั้นการประมาณตารางการเดินทางโดยวิธี ME2 จึงสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงการจัดการจราจรได้ดี

โดยทั่วไปแล้วความผิดพลาดของการปรับปรุงตารางการเดินทาง มักจะขึ้นอยู่กับ 3 สาเหตุใหญ่ๆ คือ

- ตารางการเดินทางเริ่มต้นที่นำมาใช้ไม่ถูกต้อง
- การจัดทำโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษาไม่เหมาะสม เช่น การกำหนดเส้นทาง ถนน ตรอก ซอย ระยะทาง ความเร็ว เป็นต้น
- หลักการและทฤษฎีไม่สามารถจำลองสภาพการจราจร ให้มีพฤติกรรมที่เหมือนจริงได้

4.5 การจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน

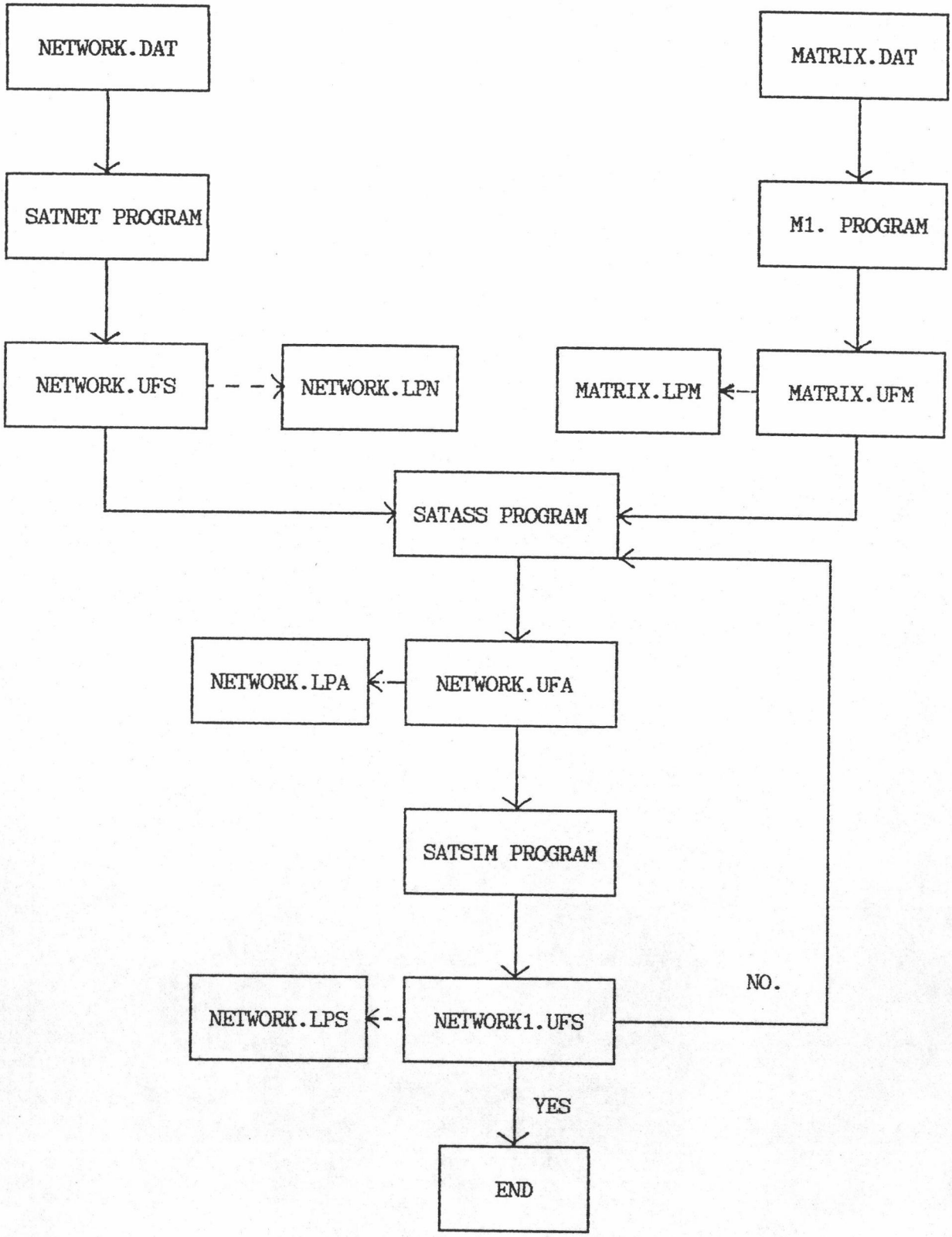
จากรูปที่ 4.13 การทำงานของโปรแกรมย่อยต่างๆ คือ โปรแกรม SATNET โปรแกรม SATASS และโปรแกรม SATSIM โปรแกรมเริ่มการทำงานโดยการใช้โปรแกรม SATNET อ่านแฟ้มข้อมูล ซึ่งการตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลเข้า-ออก ของโปรแกรมต่างๆ ทำได้โดยผู้ใช้เป็นผู้กำหนดเอง เป็นไปตามหลักการตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลทั่วๆ ไป

การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวงในขั้นตอนแรกเป็นการวิเคราะห์เพื่อจำลองสภาพโครงข่ายในกรุงเทพมหานครที่อยู่ในรูปของ Node-Link ที่ได้พัฒนาไว้แล้ว โดยใช้โปรแกรม SATNET ซึ่งโปรแกรมนี้จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่าย เช่น Node-Link ต่างๆ เชื่อมต่อกันถูกต้องหรือไม่ ลักษณะต่างๆ ถูกต้องตามข้อกำหนดของโปรแกรมหรือไม่ เป็นต้น ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น โปรแกรมจะรายงานผลพร้อมบอกตำแหน่งที่ผิดพลาด เพื่อให้ทำการแก้ไขให้ถูกต้องเสียก่อนที่จะนำข้อมูลโครงข่ายนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

เมื่อได้ทำการจำลองสภาพของโครงข่ายลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่งเก็บอยู่ในรูปของ Network file โดยโปรแกรม SATNET แล้ว ในขั้นตอนต่อไป จะทำการจำลองแนวเส้นทางการเดินทางสำหรับแต่ละคู่พื้นที่ย่อย (O-D Pairs) โดยใช้โปรแกรม SATASS ซึ่งโปรแกรมจะใช้มูลค่าของการเดินทาง (Link Cost) เป็นตัวแปรในการกำหนดแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย

ขบวนการจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบันที่ใช้ในโปรแกรม SATURN เริ่มต้นโดยการจัดทำตารางการเดินทาง (Trip Matrix) จากนั้นจึงนำตารางการเดินทางที่ได้ไปใช้ในการจัดทำ "การจัดเส้นทางการเดินทาง" (Traffic Assignment) และ "การจัดทำซิมูเลชั่น" (Traffic Simulation) ต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้คือ ปริมาณการจราจรบนถนนช่วงต่างๆ ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยก คิวของยวดยาน และความล่าช้าที่ทางแยก ผลลัพธ์ในส่วนนี้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนามที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้ (บางชนิด) เพื่อศึกษาว่าถูกต้องดีหรือไม่

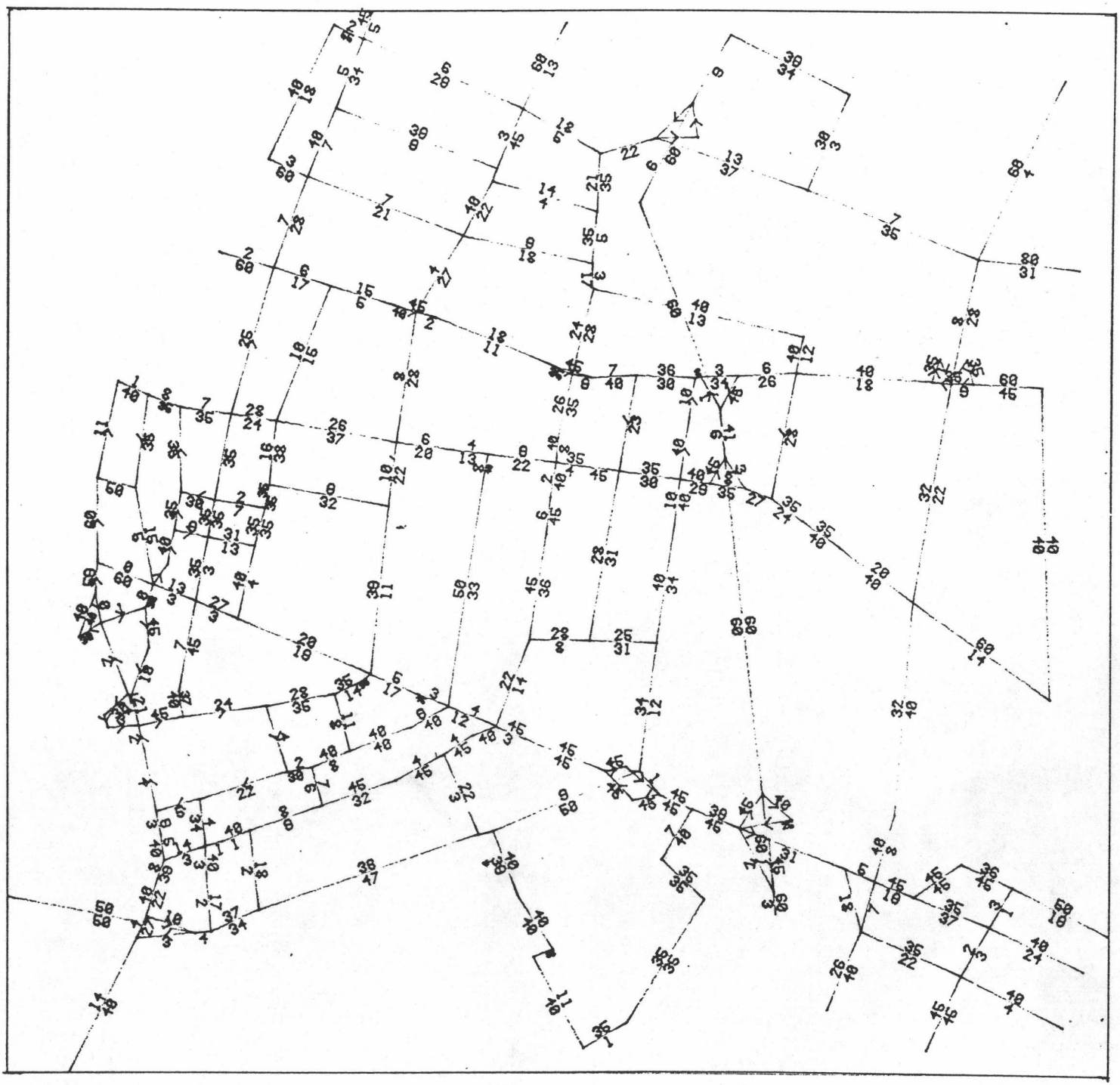
ในการจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน ได้จัดทำการจำลองออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ การจำลองสภาพการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า และสภาพการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น จากนั้นจึงทำการศึกษาตัวแปรต่างๆ ทางด้านการจราจร ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามถนนและทางแยก เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเมื่อมีการจัดการประชุมฯ ต่อไปได้



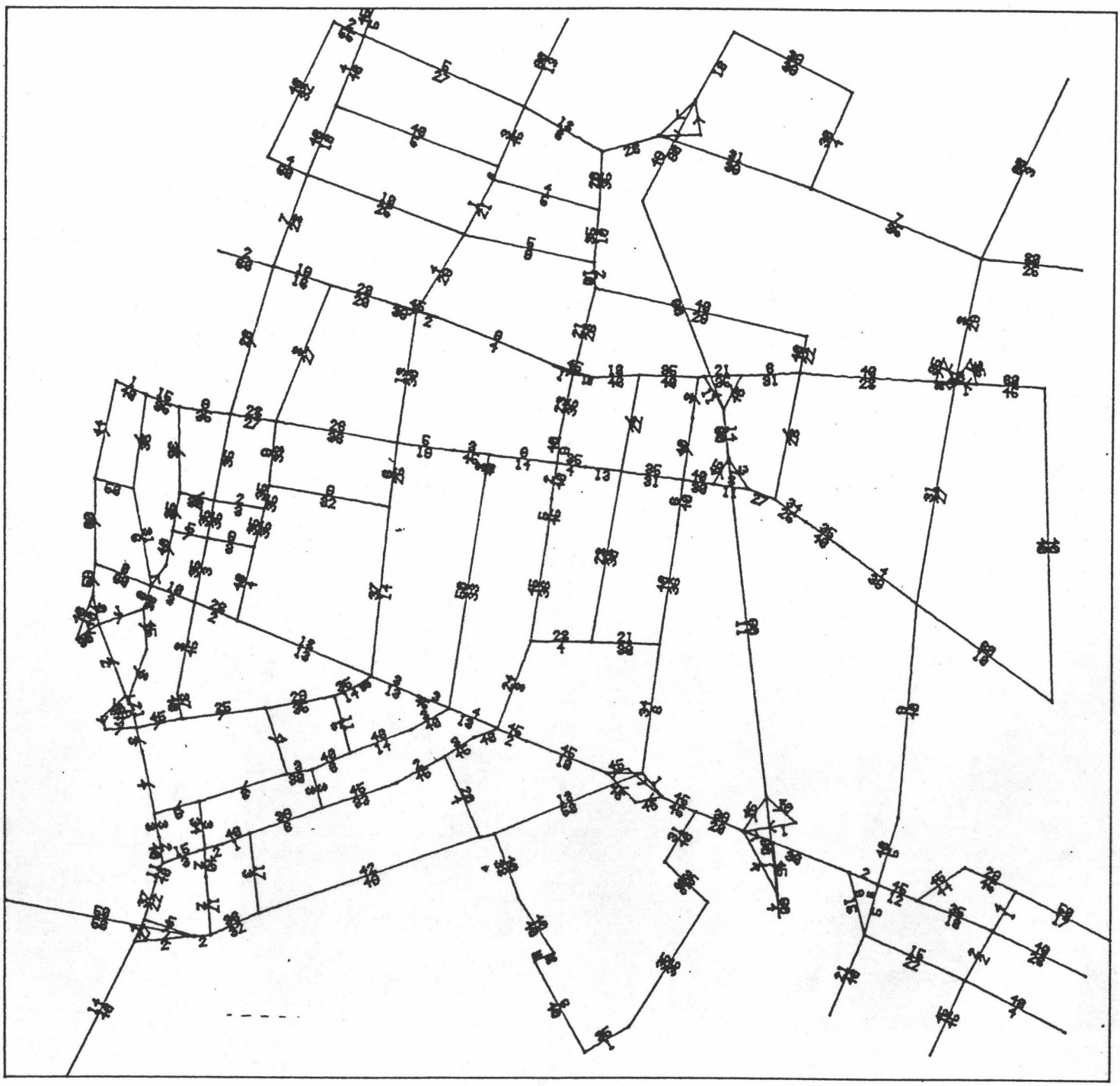
รูปที่ 4.13 ผังการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจร

เมื่อพิจารณาสภาพการจราจรทั้งระบบที่จำลองขึ้นมา ตามตารางที่ 4.2 ที่แสดงการเปรียบเทียบสภาพการจราจรปัจจุบันในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า-เย็น จะพบว่าความเร็วของการเดินทางโดยเฉลี่ยทั้งพื้นที่ในชั่วโมงเร่งด่วนประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนความเร็วบนเส้นทางต่างๆ ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นดังแสดงในรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 ตามลำดับ

การประเมินผลเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการจราจรและความยาวคิว ของสภาพการจราจรปัจจุบันในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น โดยใช้แบบจำลอง SATURN บนถนนสายสำคัญต่างๆ แสดงตามตารางที่ 4.3 ส่วนการหาความล่าช้าเฉลี่ยต่อคันบนทิศทางแยกที่มีการจราจรติดขัด และทางแยกที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.14 ความเร็วบนเส้นทางต่างๆ ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



รูปที่ 4.15 ความเร็วบนเส้นทางต่างๆ ในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบสภาพการจราจรปัจจุบันในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า-เย็น

กรณีศึกษา	ความเร็วในการเดินทาง (กม./ชม.)	เวลารวมของการจราจร คัน-ชม./ชม.	ระยะทางรวมของการจราจร คัน-กม./ชม.	ความล่าช้ารวมของการจราจร คัน-ชม./ชม.	ความยาวคิวรวมของการจราจร คัน/ชม.
สภาพการจราจรปัจจุบัน ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	8.6	38836.0	334765.7	3134.5	27830.3
สภาพการจราจรปัจจุบัน ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	8.1	41793.2	338386.9	3152.1	30632.7
ความแตกต่าง	0.5	2957.2	3621.2	17.6	2802.4

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการจราจรปัจจุบันบนถนนสายต่างๆ

ชื่อถนน	ช่วงถนน		ช่วงเวลา	ปริมาณการจราจร(pcus/hr.)		ความแตกต่าง pcus/hr.
	จาก	ถึง		Simulation	Assignment	
พญาไท	อนุสาวรีย์	ราชเทวี	เช้า	3714	9821	6107
			เย็น	3714	9900	6186
	ราชเทวี	อนุสาวรีย์	เช้า	1453	1744	291
			เย็น	1399	1530	131
	ราชเทวี	ปทุมวัน	เช้า	4237	5674	1437
			เย็น	2955	5247	2292
	ปทุมวัน	ราชเทวี	เช้า	2894	2977	83
			เย็น	3321	3634	312
	ปทุมวัน	สามย่าน	เช้า	3971	4583	612
			เย็น	3526	4352	826
	สามย่าน	ปทุมวัน	เช้า	1316	1509	193
			เย็น	1299	1572	272
ราชดำริ	พระราม 4	สุขุมวิท	เช้า	2144	2887	743
			เย็น	1703	2262	559
	สุขุมวิท	พระราม 4	เช้า	2137	2609	471
			เย็น	2574	3412	838
	สุขุมวิท	เพชรบุรี	เช้า	3296	5120	1823
			เย็น	3242	5809	2566
	เพชรบุรี	สุขุมวิท	เช้า	75	108	32
			เย็น	85	108	23

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ชื่อถนน	ช่วงถนน		ช่วงเวลา	ปริมาณการจราจร(pcus/hr.)		ความแตกต่าง pcus/hr.
	จาก	ถึง		Simulation	Assignment	
พระราม 4	สามย่าน	สีลม	เช้า	3548	7043	3495
			เย็น	3512	7420	3907
	สีลม	สามย่าน	เช้า	2098	2741	643
			เย็น	1924	2483	559
	ทางด่วน	คลองเตย	เช้า	2695	4459	1764
	พระราม 4		เย็น	2456	6316	2860
	แยกวิทยุ	สีลม	เช้า	2898	4365	1467
			เย็น	2632	3209	576
พระราม 1-สุขุมวิท	ปทุมวัน	บรรทัดทอง	เช้า	2512	3020	507
			เย็น	2878	3675	797
	ปทุมวัน	ราชดำริ	เช้า	1571	2199	628
			เย็น	1574	2490	915
	ราชดำริ	ปทุมวัน	เช้า	3941	4779	837
			เย็น	3375	4084	709
	ทางด่วน	ราชดำริ	เช้า	99	132	33
			เย็น	95	132	37
เพชรบุรี	ราชเทวี	ประตูน้ำ	เช้า	5620	7277	1657
			เย็น	6791	8803	2012
	ประตูน้ำ	ราชเทวี	เช้า	1079	1139	60
			เย็น	1607	1650	42
	ประตูน้ำ	ทางด่วน	เช้า	3362	4382	1020
			เย็น	4576	6812	2235
	ทางด่วน	ประตูน้ำ	เช้า	1686	2398	1252
			เย็น	431	633	202

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ชื่อถนน	ช่วงถนน		ช่วงเวลา	ปริมาณการจราจร(pcus/hr.)		ความแตกต่าง pcus/hr.
	จาก	ถึง		Simulation	Assignment	
สีลม	เจริญกรุง	พระราม 4	เช้า	1450	2164	714
			เย็น	1514	2588	1074
	พระราม 4	เจริญกรุง	เช้า	2187	4780	2593
			เย็น	2038	4571	2533
สาธร	เจริญกรุง	พระราม 4	เช้า	2311	2450	139
			เย็น	1956	2297	341
	พระราม 4	เจริญกรุง	เช้า	3012	4050	1038
			เย็น	4174	5997	1823
อังรีดูนังต์	พระราม 4	พระราม 1	เช้า	526	710	185
			เย็น	1002	1241	178
	พระราม 1	พระราม 4	เช้า	1624	2634	1011
			เย็น	1679	2713	1038
เจริญกรุง	สุรวงศ์	สี่พระยา	เช้า	5152	9000	3848
			เย็น	5126	4200	4074
	สุรวงศ์	เจริญกรุง	เช้า	1521	2277	755
			เย็น	1920	2958	1037
	สีลม	สุรวงศ์	เช้า	2805	8111	5306
			เย็น	2894	9000	6106
ราชวิถี	พระราม 6	อนุสาวรีย์	เช้า	6132	6167	34
			เย็น	7390	7425	34
	อนุสาวรีย์	พระราม 6	เช้า	836	1068	232
			เย็น	1068	1679	610

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ชื่อถนน	ช่วงถนน		ช่วงเวลา	ปริมาณการจราจร(pcus/hr.)		ความแตกต่าง pcus/hr.
	จาก	ถึง		Simulation	Assignment	
วิทยุ	สาธร	สารสิน	เช้า	1406	1793	387
			เย็น	1692	2124	432
	สารสิน	เพลินจิต	เช้า	1012	1341	329
			เย็น	1966	2389	422
	เพลินจิต	เพชรบุรี	เช้า	739	939	200
			เย็น	1352	1664	312
เพลินจิต	วิทยุ	ราชประสงค์	เช้า	4828	6214	1386
			เย็น	4817	6531	1713
รัชดาภิเษก	สุขุมวิท	พระราม 4	เช้า	2678	2902	224
			เย็น	3086	3254	1164
อโศก	อโศก	สุขุมวิท	เช้า	2896	3818	922
			เย็น	2913	3691	778

ตารางที่ 4.4 แสดงความล่าช้าและความยาวคิว ของสภาพการจราจรในปัจจุบัน

ชื่อทางแยก	ชื่อถนน	ความล่าช้า (วินาที)		ความยาวคิว(pcus/hr)	
		ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น
อนุสาวรีย์	ราชวิถี ขาเข้า	680	862	945	1260
	ราชวิถี ขาออก	478	379	958	852
	พหลโยธิน	934	893	1027	1666
	พญาไท	805	767	596	529
มักกะสัน	เพชรบุรี ขาเข้า	136	43	175	0
	เพชรบุรี ขาออก	419	431	1388	1865
	มักกะสัน	113	40	102	0
พระราม 6-ศรีอยุธยา	ศรีอยุธยา ขาเข้า	653	411	2084	1294
	ศรีอยุธยา ขาออก	88	54	45	0
	พระราม6 มุ่งเหนือ	452	400	1202	1021
	พระราม6 มุ่งใต้	303	151	512	215
พญาไท	ศรีอยุธยา ขาเข้า	713	425	2627	1301
	ศรีอยุธยา ขาออก	115	442	75	258
	พญาไท มุ่งเหนือ	955	959	549	827
	พญาไท มุ่งใต้	21	24	0	0
บรรทัดทอง-เพชรบุรี	เพชรบุรี ขาเข้า	181	32	1089	127
	เพชรบุรี ขาออก	360	36	277	0
	บรรทัดทอง	378	567	277	438

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ชื่อถนน	ความล่าช้า (วินาที)		ความยาวคิว(pcus/hr)	
		ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น
ราชเทวี	เพชรบุรี ขาเข้า	186	270	273	398
	เพชรบุรี ขาออก	359	464	200	212
	พญาไท มุ่งเหนือ	341	192	722	433
	พญาไท มุ่งใต้	25	19	0	0
ทางด่วนเพชรบุรี	เพชรบุรี ขาเข้า	1	0	0	0
	เพชรบุรี ขาออก	76	10	194	0
	ทางด่วน ขาลง	1604	48	1675	0
ราชประสงค์	พระราม1 ขาเข้า	167	174	191	194
	เพลินจิต	148	184	462	548
	ราชดำริ มุ่งเหนือ	175	228	241	262
อโศก–สุขุมวิท	สุขุมวิท ขาเข้า	55	1818	0	791
	สุขุมวิท ขาออก	277	1030	752	1858
	อโศก มุ่งเหนือ	52	1078	20	1146
	อโศก มุ่งใต้	100	42	193	36
สามย่าน	พระราม4 ขาเข้า	109	150	99	122
	พระราม4 ขาออก	47	80	0	58
	พญาไท	371	266	1015	578
	สี่พระยา	203	100	194	54

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ชื่อถนน	ความล่าช้า (วินาที)		ความยาวคิว(pcus/hr)	
		ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น
สุรวงศ์	พระราม4 ขาเข้า	263	258	542	562
	พระราม4 ขาออก	62	60	0	5
	อังรีดูนังต์	48	47	0	0
	สุรวงศ์	82	421	19	258
ศาลาแดง	พระราม4 ขาเข้า	362	323	852	796
	พระราม4 ขาออก	137	166	245	290
	ราชดำริ	119	290	151	528
	สีลม	132	162	113	158
แยกวิทยุ	พระราม4 ขาเข้า	340	136	304	109
	พระราม4 ขาออก	95	40	50	0
	วิทยุ	185	642	199	821
	สาธร	416	211	662	284
พระราม4-มหานคร	พระราม4 ขาเข้า	171	351	234	403
	พระราม4 ขาออก	735	874	1624	1780
	มหานคร มุ่งเหนือ	414	329	264	214
	มหานคร มุ่งใต้	766	991	485	725