บทที่ 2

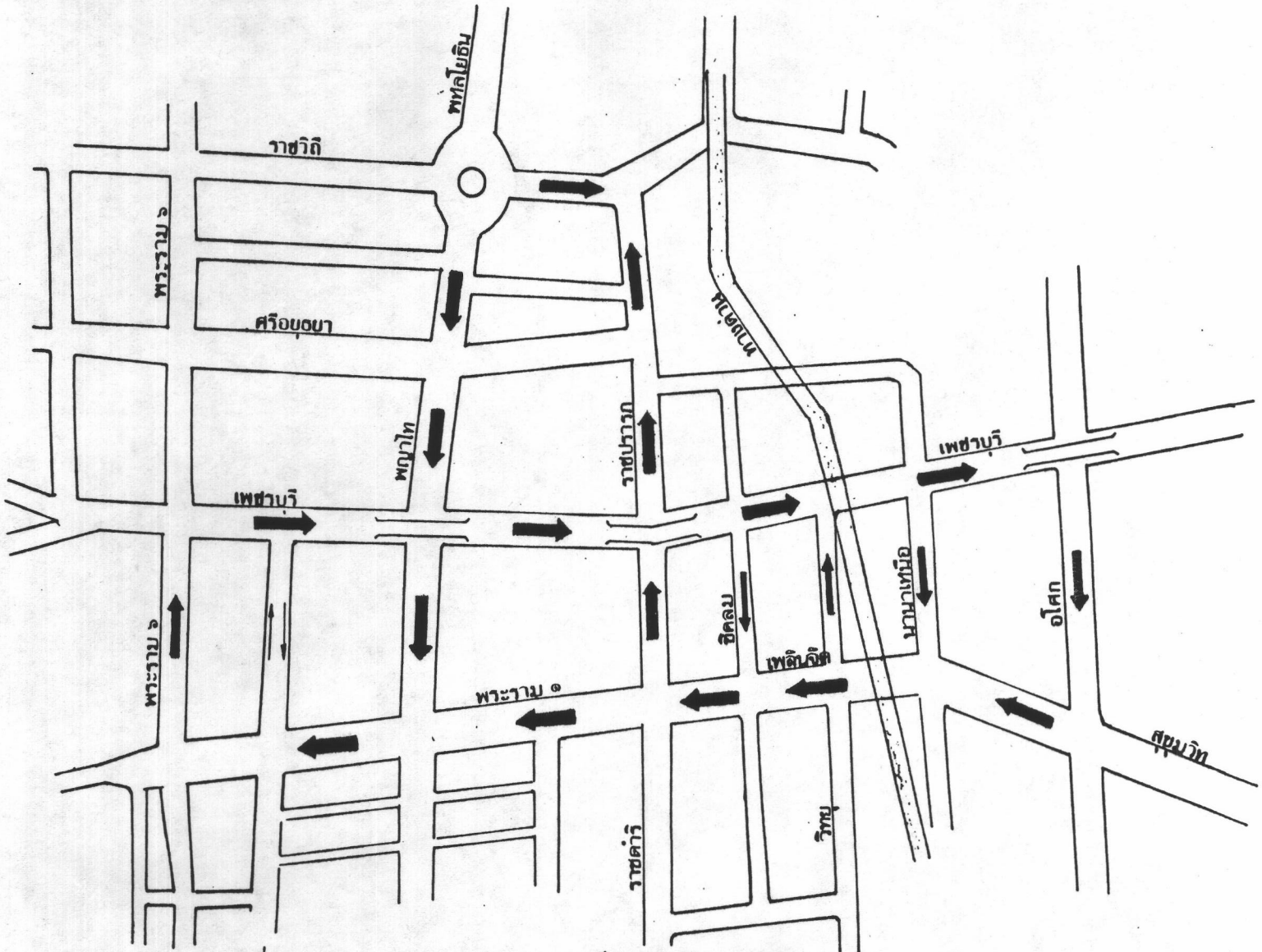
การทบทวนผลงานที่ผ่านมา

2.1 สภาพปัญหาการจราจรในปัจจุบัน

ปัจจุบันนี้ สภาพการจราจรในกทม. อยู่ในสภาพที่มีความต้องการเดินทางอยู่สูงมาก และเกินกว่าระบบคมนาคมขนส่งในปัจจุบันจะรับได้ จึงก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างมาก สาเหตุหลักๆของปัญหานี้เนื่องมาจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของประชากรจนรัฐฯไม่สามารถปรับปรุงถนนหนทาง และระบบขนส่งมวลชนขึ้นมารับกับความต้องการเดินทางได้ และเมื่อรัฐฯทำการปรับปรุง ราคาที่ดินและโครงสร้างพื้นฐานของระบบก็มีราคาสูงขึ้นมากจนการพัฒนาต่างๆที่จะดำเนินการต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก งบประมาณในแต่ละปีก็จัดทำโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาระบบฯได้น้อยลง แต่ความต้องการเดินทางก็ยังคงเพิ่มขึ้นอยู่ ปัญหาต่างๆจึงสะสมต่อเนื่องเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

สภาพการติดขัดของการจราจรในกทม. เป็นผลให้ใช้เวลาในการเดินทางยาวนานมาก ความเร็วของการเดินทางภายในพื้นที่ชั้นใน ในช่วงเช้าและเย็นไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง[๑๒] การจราจรติดขัดเป็นไปอย่างไม่มีรูปแบบที่แน่นอน บางวันที่ทางแยกแห่งหนึ่งอาจมีการจราจรติดขัดอย่างมาก แต่บางวันอาจจะติดขัดน้อยลง สภาพการณ์เช่นนี้ทำให้คาดคะเนเวลาที่ใช้ในการเดินทางลำบาก อันเป็นเหตุให้การเดินทางภายในเมืองก่อให้เกิดปัญหาทางธุรกิจต่อเนื่องตามมา

สำหรับพื้นที่ชั้นในซึ่งเป็นย่านธุรกิจที่มีความสำคัญนั้น เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2527 ที่ผ่านมา กระทรวงมหาดไทยโดยกรมตำรวจและกองบัญชาการตำรวจนครบาลในขณะนั้น ได้ทดลองใช้ระบบเดินรถทางเดียวบนเส้นทางต่างๆ ประมาณ 17 สาย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ต่อมาได้มีการปรับปรุงการเดินรถบนสายทางต่างๆไปบ้างเช่น ปรับปรุงถนนบางช่วงให้มีการเดินรถแบบ Unbalance Flow ในบางช่วงเวลา หรือปรับบางสายทางที่มีการเดินรถสองทางแต่ห้ามเลี้ยวขวาเป็นต้น จากการศึกษาเกี่ยวกับระบบการเดินรถในปัจจุบัน



รูปที่ 2.1 แสดงระบบเดินรถทางเดียวบนเส้นทางต่างๆ
เมื่อ พ.ศ. 2527

พบว่า การจัดระบบเดินรถเป็นแบบเดินรถทางเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาการจราจรติดขัดโดยส่วนรวมได้ กลับมีผลทำให้ยวดยานที่อยู่รอบนอกของระบบติดเพิ่มขึ้นและเมื่อสรุปรวมทั้งพื้นที่ ยวดยานส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการเดินทางมากขึ้น เนื่องจากระบบการเดินรถทางเดียวจะทำให้รถวิ่งอ้อมมากและต้องใช้เวลาอยู่บนถนนมากกว่าเดิม[4]

ปัญหาหลักอีกประการหนึ่งซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการติดขัดของการจราจรที่บริเวณทางแยกในกทม.ก็คือ การที่มีปริมาณรถเลี้ยวที่ทางแยกสูงซึ่งรถเลี้ยวจะมีอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow Rate) ต่ำกว่ารถทางตรงและต้องใช้เวลาในการผ่านทางแยกมากกว่าสำหรับปริมาณการจราจรจำนวนเท่ากัน ดังนั้นถ้ามีการลดปริมาณรถเลี้ยวที่ทางแยกหลักให้น้อยลง ก็จะมีผลทำให้ความจุของทางแยกเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นบนช่วงถนนก็มีความสำคัญ กล่าวคือ การใช้งานบนช่วงถนนไม่เต็มที่หรือน้อยกว่าความจุของถนนที่สามารถรับได้อันเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณการจราจรในสองทิศทางโดยเฉพาะถนนสายหลักที่ใช้เป็นเส้นทางในการเดินทางเข้า-ออก จากเมืองในช่วงเช้าจะมีปริมาณการจราจรในทิศทางเข้าเมืองสูงกว่าทิศทางออกจากเมืองขณะที่ในช่วงเย็น ปริมาณการจราจรในทิศทางออกจากเมืองจะสูงกว่าทิศทางเข้าเมือง จะเห็นได้ว่าถ้ามีการจัดระบบการเดินรถได้เหมาะสมจะช่วยให้สามารถใช้ถนนได้เต็มความจุและเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดให้ลดน้อยลง

2.2 การพัฒนาโปรแกรมในการจัดทำ Traffic Assignment

แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Model) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของแบบจำลองต่อเนื่อง (Sequencial Models) ที่จัดทำขึ้นเพื่อจำลองพฤติกรรมการเดินทางและขนส่งของคนและสินค้า โดยแบบจำลองจะอธิบายสภาพการจราจรในรูปของตัวแปรที่สำคัญคือ

- Vehicle-hour ค่านี้อธิบายถึงระยะเวลารวมที่ยวดยานทุกๆคันใช้บนถนนในพื้นที่ศึกษา และ

- Vehicle-kilometre ค่านี้จะอธิบายถึงระยะทางรวมที่ยวดยานทุกๆคันใช้ในพื้นที่ศึกษา

ในการจัดทำ Traffic Assignment นี้ต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานหลัก 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network), ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณการจราจร (Speed-Flow Curve) และข้อมูลความต้องการเดินทางหรือตารางการเดินทาง (Origin-Destination Matrice) รายละเอียดของข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวแสดงในภาคผนวก ก.

2.2.1 การจัดทำ Traffic Assignment ที่ผ่านมา

ตามปกติ แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเกี่ยวข้องกับการเลือกเส้นทางเพื่อเดินทางหรือขนส่ง และส่วนที่สองเกี่ยวข้องกับการจัดจำนวนการเดินทางลงบนเส้นทางที่คัดเลือกไว้ ซึ่งจำนวนการเดินทาง (Trips) อาจจะเป็นจำนวนคนเดินทาง (Person Trips) หรือจำนวนรถ (Vehicle Trips) ก็ได้

ส่วนแรกซึ่งเกี่ยวข้องกับการเลือกเส้นทาง ในบางครั้งจะถูกนำไปรวมอยู่ในเนื้อหาการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) แต่อย่างไรก็ตามลักษณะของงานในเนื้อหาส่วนนี้คือ การเลือกเส้นทางที่ผู้ขับขี่จาก Zone หนึ่งจะใช้เดินทางไปยังอีก Zone หนึ่ง ซึ่งตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่นิยมใช้กันมากคือ มูลค่าการเดินทาง (Travel Cost) โดยมูลค่าการเดินทางจะสะท้อนค่าของ "เวลา" ค่าของ "ค่าใช้จ่ายโดยตรง (ค่าผ่านทาง)" และ "ค่าใช้จ่ายของยวดยาน" (Vehicle Operating Cost ในรูปของ Behavioral Cost) โดยเส้นทางที่จะถูกเลือกใช้ในการเดินทางจะเป็นเส้นทางที่มี Cost ต่ำที่สุด ใน Assignment ค่า Link Cost คำนวณ ได้จากสมการ

$$\text{Link Cost} = a\,(\text{time}) + b(\text{distance}) + c(k)$$

โดย a , b , c เป็นค่าคงที่

และ k เป็นค่าผ่านทาง (toll)

ค่า a, b, c, ได้มาจากการทำ Multiple Regression กล่าวคือ เริ่มแรกทำการคำนวณค่า Link Cost ของ Links ต่างๆทั้งหมด โดยที่ Link Cost จะเท่ากับ Cost ที่ผู้ขับขี่ใช้ในการเดินทางบน Link นั้น (ได้แก่ Time Cost + Fuel Cost + Toll) ในขณะที่เรารู้ค่า เวลา ระยะทาง และ Toll ของ Link ทั้งหมด จากนั้นนำมาทำ Regression ก็จะได้ค่า a, b, c ออกมา

งานส่วนที่สองเป็นการจัดปริมาณการจราจรซึ่งอาจจะเป็นจำนวนรถหรือจำนวนคนเดินทางลงบนเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง Zone ต่อ Zone อันเป็นผลลัพธ์มาจากงานส่วนแรก ตามปกติจำนวนการเดินทางที่จะใช้งานส่วนนี้จะอยู่ในรูปของตารางการเดินทาง (Trip Matrice) ตารางการเดินทางจะแสดงจำนวนการเดินทางจาก Zone หนึ่งไปยังอีก Zone หนึ่ง เมื่อถูกจัดลงในโครงข่ายถนนจำนวนการเดินทางจะถูกจัดลงบนเส้นทางที่หามาได้จากส่วนแรก การจัดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางอาจทำได้หลายวิธี แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธี Incremental Assignment ซึ่งหลักการของวิธีนี้ก็คือการจัดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางจะทำเป็น iteration โดยทุกๆ iteration ใหม่ จะนำค่าปริมาณการจราจรและ Cost ของเส้นทางต่างๆ จาก iteration ที่ผ่านมาประกอบการคำนวณหาเส้นทางที่มีมูลค่าการเดินทางถูกที่สุดใหม่และจัดปริมาณการจราจรลงไป โดยวิธีการคำนวณจะใช้การ Minimize ค่า Objective Function ซึ่งประกอบด้วย Cost ต่างๆ ได้แก่ เวลา ค่าดำเนินการของยวดยานและค่าผ่านทาง ดังกล่าวข้างต้น

สำหรับการจัดทำ Traffic Assignment ที่ผ่านมา วิธีการคำนวณ Cost ของเส้นทางต่างๆในส่วนของเวลาจะพิจารณาเฉพาะเวลาในการเดินทางเท่านั้นโดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณการจราจร (Speed-Flow Curve) จากหลักการดังกล่าว ผลที่ได้จาก Assignment จะมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณการจราจรจริงในกรณีที่ถนนต่างๆภายในโครงข่ายมีปริมาณการจราจรไม่สูงมากนัก (Undersaturated Condition)

แต่เนื่องจากสภาพการจราจรในกทม. ปัจจุบันนี้ติดขัดมาก ทางแยกบางแห่งจะมีปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกสูง (Oversaturated Condition) ในขณะที่ปริมาณการจราจรที่สามารถผ่านทางแยกไปได้มีน้อยกว่าทำให้ยังมีรถส่วนหนึ่งติดค้างอยู่ที่ทางแยก ความล่าช้า (Delay) ที่เกิดขึ้นที่บริเวณทางแยกนี้จะมีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ในการเลือกเส้นทางการเดินทาง เมื่อมีการจัดทำ Traffic Assignment เพื่อจำลองสภาพการจราจรและขนส่งภายในกทม. ผลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการจราจรจริงที่มีอยู่จึงไม่เป็นที่น่าพอใจมากนัก

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดทำ Traffic Assignment ที่มีอยู่เดิม โดยการเพิ่มให้มีการคำนวณ Cost เนื่องจากความล่าช้าบริเวณทางแยกเข้าไปในโปรแกรมด้วย

2.2.2 การจัดทำ Traffic Assignment แบบพิจารณาความล่าช้า

สำหรับค่าความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยกในแต่ละด้านคำนวณมาจากสมการซึ่งแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความล่าช้าเฉลี่ยกับระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจร (Degree of Saturation) สมการดังกล่าวสร้างขึ้นโดยวิธี Curve Fitting และ Regression Analysis โดยมีจุดที่ทราบค่า 3 จุดคือ

- จุดแรก เป็นความล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นเมื่อปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกมีจำนวนน้อยมากได้จากการจัดรูปสมการความล่าช้าเฉลี่ยของ Webster ใหม่แล้วแทนค่าระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจรเท่ากับศูนย์
- จุดที่สอง เป็นความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นเมื่อปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกมีจำนวนสูงมาก (Oversaturated Condition) สามารถหาได้ โดยการแทนค่าระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจรที่มากที่สุดซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 1.25 ลงในสมการ Average Overflow Delay
- จุดที่สาม เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความล่าช้าเฉลี่ยและระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจร ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสำรวจข้อมูลในสนามที่บริเวณแยกคลองตันด้านถนนเพชรบุรีตัดใหม่ และถนนรามคำแหง

รูปแบบของสมการความล่าช้าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นดังนี้

$$Y = 85 + 1.40152\ (X + 0.409)^{10.69714} + 40X$$

โดย Y = ความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของทางแยก (วินาที)

X = ระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจร

รายละเอียดที่มาของสมการความล่าช้า แสดงในภาคผนวก ข.

การจัดทำ Traffic Assignment แบบพิจารณาความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยกนี้จะต้องมีการจัดทำแฟ้มข้อมูลเพื่อป้อนให้กับโปรแกรม (Data Input File) ในที่นี้ให้ชื่อว่า "Determine File" Determine File นี้จะประกอบด้วยข้อมูลหมายเลขของ Nodes ต่างๆ ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันของแต่

ละทางแยกเพื่อใช้ประกอบในการคำนวณความล่าช้าที่เกิดขึ้น ตัวอย่างการป้อนข้อมูลหมายเลข Nodes ของ Determine File แสดงดังตารางที่ 2.1

อย่างไรก็ตาม จำนวนทางแยกสัญญาณไฟในพื้นที่กทม.ทั้งหมดมีจำนวนมาก เฉพาะในเขตพื้นที่วงแหวนชั้นในมีประมาณ 220 ทางแยก การจัดทำ Determine File ของทางแยกทั้งหมดต้องสิ้นเปลืองเวลาและยุ่งยากมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาเลือกทางแยกที่จะให้มีการคำนวณ Cost เนื่องจากความล่าช้าด้วย จำนวน 28 ทางแยก โดยทางแยกเหล่านี้จะเป็นทางแยกที่มีสภาพเป็น Bottleneck Intersections และ/หรือ เป็นทางแยกที่มีข้อมูลปริมาณจราจรอยู่เพื่อใช้ในการตรวจสอบผลจากแบบจำลอง รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งทางแยกดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 2.2

2.3 เทคนิคการทำงานของ Traffic Assignment แบบพิจารณาความล่าช้า

การใช้งาน Traffic Assignment สำหรับการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นแบบ Incremental Assignment โดยแบ่งปริมาณการจราจรออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆกัน และทำการวิเคราะห์เป็น 10 iterations รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการเป็นดังนี้

1. ใน iteration แรก ทำการคำนวณหา Link Cost บนแต่ละเส้นทาง แล้วคำนวณหา Shortest Path ของการเดินทางต่างๆ (ใน iteration แรกนี้ จะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด) หลังจากนั้นทำการจัดปริมาณการจราจรลงไปบน Shortest Path ดังกล่าว

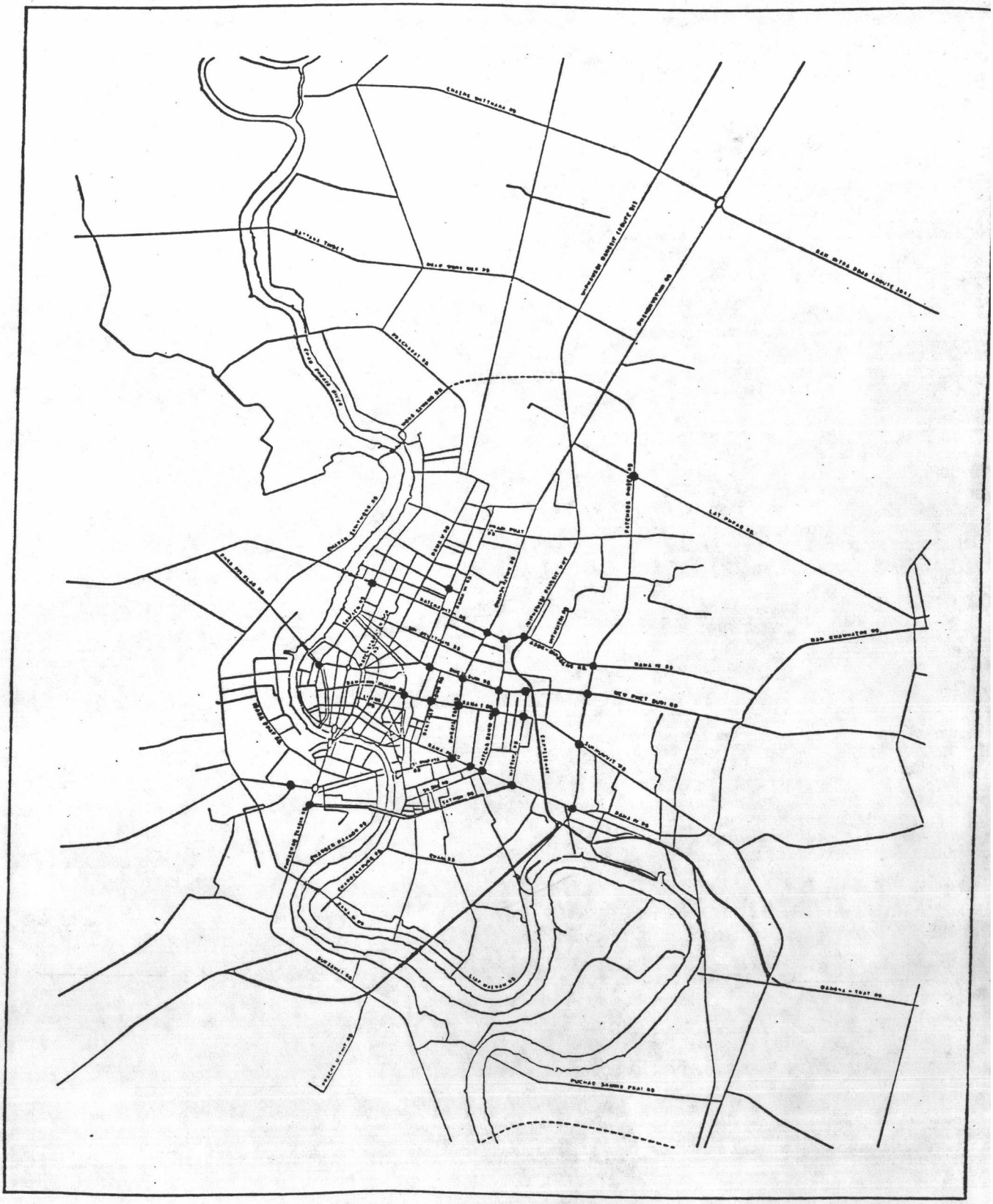
2. ใน iteration ที่ 2 ความเร็วในการเดินทางจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการจราจรโดยสัมพันธ์กับข้อมูล Speed-Flow Curve ของ Link นั้นๆ ความเร็วใหม่และเวลาในการเดินทางใหม่จะถูกคำนวณขึ้นมาสำหรับเวลาในการเดินทางกรณีที่เส้นทางนั้นผ่านทางแยกซึ่งกำหนดให้มีการพิจารณาความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยก ถ้าปริมาณการจราจรบน Link ดังกล่าว มีค่าเกินความจุของ Link นั้น (ค่า V_3 จาก Speed-Flow Curve) ก็จะคำนวณค่าความล่าช้ารวมเข้าไปด้วย

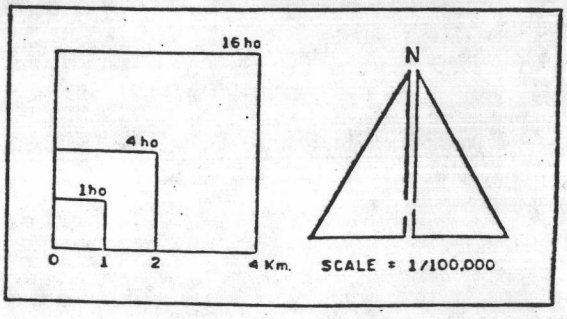
ค่าความล่าช้าดังกล่าว มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

จากรูปที่ 2.3 กำหนดให้ : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 เป็น demand ที่เข้าสู่ทาง

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลหมายเลข Node ของ Determine File

```
 56
222 221 512
520 221 509
305 223 305
185 223 672
304 902 551
903 902 619
630 275 630
663 275 633
518 244 307
540 244 836
166 248 247
301 248 301
404 166 248
306 166 306
519 404 166
845 404 845
530 524 530
432 524 181
182 217 182
431 217 432
688 235 689
246 235 322
614 515 273
502 515 502
678 241 679
236 241 236
637 240 637
616 240 617
687 513 514
636 513 833
247 2571107
258 257 246
410 230 231
229 230 531
673 234 503
322 234 909
272 502 272
612 502 612
615 236 613
610 236 610
239 615 236
627 615 627
240 239 907
615 239 615
239 501 239
834 501 308
904 216 905
612 216 215
610 237 604
664 237 904
627 664 605
405 664 237
907 405 609
506 405 664
909 901 668
209 901 505
```

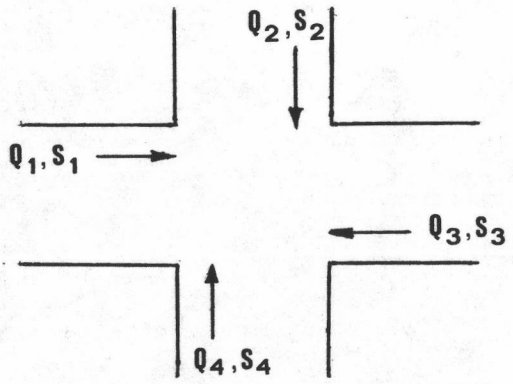




รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งทางแยกที่มีการพิจารณาความล่าช้าในการจัดทำ Traffic Assignment

แยกในแต่ละด้าน (โดยจะเป็นปริมาณการจราจรจาก iteration แรกรวมกับปริมาณการจราจรใหม่ที่จะจัดลงบนเส้นทางต่างๆจาก iteration ที่ 2)

S_1, S_2, S_3, S_4 เป็นค่าปริมาณการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) ของแต่ละด้าน ได้จากค่า V_3 ของ Speed-Flow Curve บน Link นั้นๆ



รูปที่ 2.3 แสดงตัวแปรต่างๆที่กำหนดให้ในแต่ละด้านของทางแยก

2.1 ทำการคำนวณค่า Q1/S1, Q2/S2, Q3/S3 และ Q4/S4

2.2 พิจารณา Link ที่อยู่ตรงข้ามกัน เลือกค่า Q/S ของด้านที่วิกฤต (ค่ามากกว่า) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณช่วงเวลาไฟเขียวซึ่งในที่นี้จะมีการจัดจังหวะสัญญาณไฟ (Phasing) 2 จังหวะ

สมมุติ Q1/S1, Q2/S2 เป็นค่ากฤต

2.3 คำนวณค่าช่วงเวลาไฟเขียว (g) โดย

$$g_1 = \frac{Q1/S1}{Q1/S1 + Q2/S2}$$

$$g_2 = \frac{Q2/S2}{Q1/S1 + Q2/S2}$$

2.4 จากค่า g_1, g_2 นำไปคำนวณหาค่า Degree of Saturation (X) โดย $X = Q/gS$

2.5 หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าความล่าช้าจากสมการ

$$Y = 85 + 1.40152 (X + 0.409)^{10.69714} + 40X$$

โดย X = ระดับความอิ่มตัวของปริมาณการจราจร (Degree of Saturation)

Y = ความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของทางแยก (วินาที)

3. เมื่อได้เวลาในการเดินทางแล้วก็จะทำการคำนวณค่า Link Cost ของเส้นทางต่างๆ จากนั้นจะจัดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางที่มีค่า Cost ต่ำสุด

4. ใน iteration ต่อๆไป จะดำเนินการในลักษณะเดียวกัน จนกระทั่งครบ 10 itertions