บทที่ 4

การศึกษาความล่าช้าเฉลี่ยของการมีทางแยกสัญญาณไฟใหม่

ความล่าช้า (Delay) เป็นตัวแปรทางการจราจรอย่างหนึ่ง ซึ่งแสดงถึงเวลาที่ต้องสูญเสียไป เนื่องจากการจราจรต้องหยุดหรือไม่สามารถเคลื่อนตัวตามความเร็วที่เหมาะสมด้วยเหตุใดเหตุหนึ่ง ซึ่งในกรณีของทางแยกสัญญาณไฟ ความล่าช้าจะเกิดจากการที่รถต้องหยุดติดสัญญาณไฟ ดังนั้น การหาค่าความล่าช้าของการจราจรที่จะผ่านทางแยกสัญญาณไฟนั้นถือว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งทางด้านวิศวกรรมจราจรเพราะความล่าช้านี้จะเป็นดัชนีสำคัญที่สามารถนำมาประมาณค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการติดขัดของการจราจรหรือใช้เป็นดัชนีในการพิจารณารูปแบบหรือการปรับปรุงแก้ไของค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับทางแยกเพื่อปรับปรุงให้ค่าความล่าช้าลดลงจนถึงระดับที่น่าพอใจของผู้ขับขี่

สำหรับความล่าช้าซึ่งเกิดขึ้นที่บริเวณทางแยกเนื่องจากสัญญาณไฟนี้อาจพิจารณาเฉพาะทางแยกสัญญาณไฟเดียวหรือทั้งโครงข่ายสัญญาณไฟก็ได้ กรณีที่พิจารณาเป็นโครงข่ายจะต้องมีการจัดประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟระหว่างทางแยกต่างๆด้วยเพื่อให้การควบคุมจราจรเป็นพื้นที่ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเป็นความล่าช้ารวมที่เกิดขึ้นบนโครงข่ายสัญญาณไฟภายในพื้นที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรม TRANSYT ในการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟ

TRANSYT เป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรมที่ใช้คำนวณจังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรแบบเวลาคงที่ (Fixed Time) ให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการควบคุมการจราจร โดยคำนึงให้การไหลของการจราจรในโครงข่ายสัญญาณไฟก่อเกิดความล่าช้าน้อยที่สุด โปรแกรม TRANSYT นี้คิดและพัฒนาขึ้นโดย TRRL (Transport and Road Research Laboratory) เมื่อปี 1967 และได้มีการปรับปรุงโปรแกรมหลายครั้ง ในปัจจุบันนี้ โปรแกรมล่าสุดคือ TRANSYT Version 8 คำว่า TRANSYT ย่อมาจาก "TRAffic Network StudY Tool"

แต่เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม TRANSYT Version 8 ซึ่งใช้ได้กับพื้นที่ที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ

1. สภาพการจราจรในปัจจุบัน (Existing Condition)
2. สภาพการจราจรที่มีการเพิ่มซอยร่วมฤดีเข้าไปในโครงข่ายถนน
3. สภาพการจราจรที่มีการเพิ่มซอยพญานาคเข้าไปในโครงข่ายถนน

โดยจะทำการศึกษาเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (A.M. Peak)

4.1 หลักการสำคัญของ TRANSYT

โปรแกรม TRANSYT ประกอบด้วยส่วนสำคัญๆ 2 ส่วนคือ

4.1.1 แบบจำลองทางการจราจร (Traffic Model)

ใช้ในการคำนวณหาค่า Performance Index (P.I.) ของโครงข่ายสัญญาณไฟจราจรหนึ่งๆ

4.1.2 ขบวนการ Hill-Climbing Optimization

เป็นขบวนการกำหนดการเปลี่ยนแปลงจังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้ได้ค่า Performance Index ที่ต่ำที่สุด

โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม TRANSYT แสดงดังรูปที่ 4.1

4.2 แบบจำลองทางการจราจร

4.2.1 สมมุติฐานเบื้องต้น

TRANSYT มีข้อสมมุติฐานพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพการจราจร ดังนี้

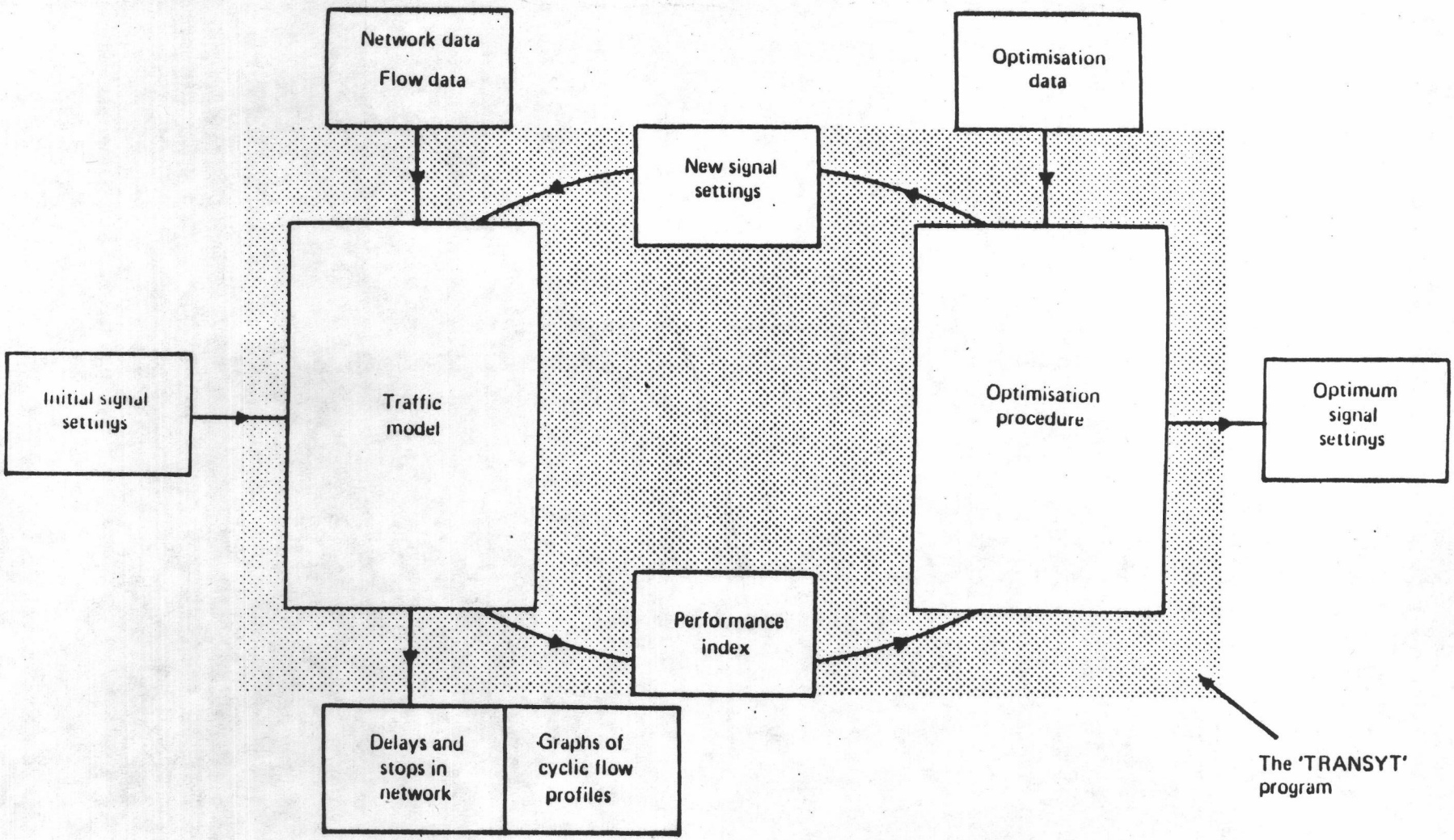
ก. ทุกทางแยกในโครงข่ายถนนจะต้องมีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร

ข. ทุกทางแยกสัญญาณไฟในโครงข่ายถนนจะต้องทราบรอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Time), จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Stages) และช่วงเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดในแต่ละจังหวะสัญญาณไฟ (Minimum Green)

ค. ต้องทราบค่าอัตราการไหลเฉลี่ยในแต่ละทิศทางของสภาพการจราจรและสมมุติให้มีค่าคงที่

4.2.2 โครงข่ายสัญญาณไฟจราจร (Signal Network)

ในโครงข่ายถนน ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรจะถูกแทนไว้ด้วย Node ทิศทางของการจราจรที่ทางแยกจะถูกกำหนดด้วย Link และปริมาณการ



รูปที่ 4.1 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม TRANSYT

จราจรในทิศทางต่างๆ (ซ้าย ตรง ขวา) จะจัดสัมพันธ์กับหมายเลข Link ที่กำหนดไว้

4.2.3 พฤติกรรมของการจราจรในแต่ละ Link

การคำนวณหาพฤติกรรมของการจราจรในแต่ละ Link จะมีการพิจารณาจากรูปแบบของการไหล (Flow Pattern) ดังนี้

ก. รูปแบบเข้า (IN Pattern) เป็นรูปแบบของการจราจรที่เข้ามาที่เส้นหยุด (Stop Line) ที่ปลาย Link

ข. รูปแบบออก (OUT Patern) เป็นรูปแบบของการจราจรที่ออกจาก Link

ค. รูปแบบไป (GO Pattern) เป็นรูปแบบของการจราจรที่ออกจากเส้นหยุดโดยมีปริมาณการไหลของการจราจรอิ่มตัว (Saturated) ตลอดไฟเขียว

ปริมาณการจราจรในแต่ละ Link หาได้จากสัดส่วนของปริมาณการจราจรที่มาจาก Upstream Link อื่นๆ

4.3 วิธีการ Optimization ของโปรแกรม TRANSYT

ในการหาจังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ดีที่สุด จะมีค่า Performance Index เป็นตัวตัดสินว่าจังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรนี้ จำเป็นต้องมีการปรับต่อไปอีกหรือไม่ โดยที่จังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ให้ค่า Performance Index (P.I.) ต่ำสุดจะเป็นค่าที่ดีที่สุด ค่า Performance Index นี้ คำนวณได้จากสมการ

$$P.I. = \sum_{i=1}^{N} (W.w_i d_i + \frac{K.k_i s_i}{100})$$

โดย N = จำนวน Link ทั้งหมด

W = ค่าใช้จ่ายต่อความล่าช้าเฉลี่ย

K = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อการหยุดของยวดยาน 100 ครั้ง

w_i = weighting factor ของค่าความล่าช้าบน Link i

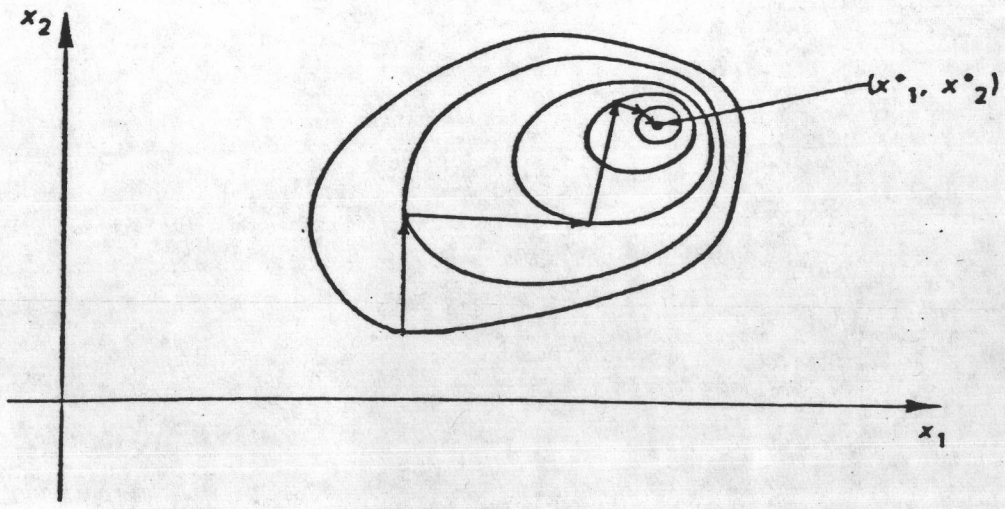
d_i = ความล่าช้าบน Link i

k_i = weighting factor ของการหยุดบน Link i

s_i = จำนวนครั้งของการหยุดบน Link i

ขบวนการในการคำนวณหาค่าจังหวะเวลาสัญญาณไฟที่ดีที่สุดในการควบคุมการจราจรสำหรับโปรแกรม TRANSYT ก็คือ ขบวนการ Hill-Climbing โดยเริ่มแรกคำนวณหาค่า Performance Index (P.I.) ของจังหวะเวลาสัญญาณไฟเริ่มต้น (Initial Setting) ก่อน จากนั้นจะทำการเปลี่ยน offset ของทางแยกใดทางแยกหนึ่งแล้วคำนวณหาค่า P.I. ของโครงข่ายใหม่ ถ้าค่า P.I. ใหม่ที่ได้ลดลงก็จะเปลี่ยนค่า offset อีก (ในทิศทางเดียวกับค่าแรก) โดยใช้ค่ารอบเวลาสัญญาณไฟเท่าเดิม กระทำไปจนได้ค่า P.I. ต่ำสุด แต่ถ้าในขั้นแรกที่ทำได้ค่า P.I. เพิ่มขึ้น ค่า offset ที่ใช้คำนวณต่อไปจะเป็นค่าในทิศทางตรงข้ามกับค่าแรกที่ใช้ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปจนได้ค่า P.I. ต่ำสุด โปรแกรม TRANSYT นี้จะทำการ Optimization ทั้งค่า offset และ Split

หลักการการทำงานของขบวนการ Hill-Climbing แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หลักการการทำงานของขบวนการ Hill-Climbing

4.4 ข้อมูลให้ (Data Input) สำหรับโปรแกรม TRANSYT

ข้อมูลสำคัญที่จะเป็นข้อมูลให้ (Data Input) กับโปรแกรม ได้แก่

4.4.1 ปริมาณการจราจร (Demand Flow)

ค่าปริมาณการจราจรบนโครงข่ายถนนต่างๆ ใช้ค่าที่ได้จากการจัดทำ Traffic Assignment มาทำการปรับแก้เพื่อให้ข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด รายละเอียดวิธีการปรับแก้ค่าปริมาณการจราจรที่ได้จาก Assignment แสดงในภาคผนวก ค.

จากค่าปริมาณการจราจรดังกล่าวนำมาคำนวณหาปริมาณการจราจรในทิศทางต่างๆ (ซ้าย ตรง ขวา) โดยพิจารณาจากสัดส่วนของปริมาณการจราจรในทิศทางต่างๆของข้อมูลปริมาณการจราจรเดิมที่มีอยู่

4.4.2 สภาพทางกายภาพของบริเวณทางแยก

ข้อมูลสภาพทางกายภาพของแยก ได้แก่ ขนาดความกว้าง จำนวนช่องทางจราจร การใช้ช่องทางจราจร ฯลฯ ได้จากการทำการสำรวจในสนามและข้อมูลเดิมที่รวบรวมจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (สจร.) และกทม. เป็นต้น

4.4.3 ความเร็วของยวดยาน (Speed)

ความเร็วของยวดยานบนโครงข่ายถนนภายในพื้นที่ศึกษาได้จากผลการจัดทำ Traffic Assignment

4.4.4 ปริมาณการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow)

ค่าปริมาณการไหลอิ่มตัวนี้จะบ่งบอกถึงความจุในการรับปริมาณการจราจรของทางแยก ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้

ค่าปริมาณการไหลอิ่มตัวสำหรับรถทางตรง = 1800 PCU/ชั่วโมง

ค่าปริมาณการไหลอิ่มตัวสำหรับรถเลี้ยว = 1500 PCU/ชั่วโมง

4.4.5 ลักษณะโครงข่ายถนน

เป็นข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโครงข่ายถนน ประกอบด้วยจำนวนและตำแหน่งของทางแยก ความยาวของถนน สภาพการเดินรถ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.6 ลักษณะการควบคุมการจราจรที่ทางแยก

เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณไฟจราจรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น จังหวะสัญญาณไฟจราจร (Stage) ช่วงเวลาไฟเขียวที่น้อยที่สุดในแต่ละจังหวะสัญญาณไฟ (Minimum Green) เป็นต้น

ส่วนค่ารอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Time) นั้น เนื่องจากการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟโดยใช้ TRANSYT ในแต่ละพื้นที่ย่อย จะต้องใช้ค่ารอบเวลาสัญญาณไฟเพียงค่าเดียว ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลรอบเวลาสัญญาณไฟที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งเป็นการควบคุมโดยตำรวจจราจรที่บริเวณทางแยก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 วินาที

4.5 ผลการศึกษา

ผลที่ได้จากการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟโดยใช้โปรแกรม TRANSYT ในกรณีที่พิจารณาเป็นระบบจะแสดงค่าของตัวแปรการจราจรที่สำคัญๆหลายตัว แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าความล่าช้าเฉลี่ยรวม (Total Average Delay) เท่านั้น

สำหรับค่าความล่าช้าเฉลี่ยรวม ผลที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Total Uniform Delay และ Total Random + Oversat Delay ในที่นี้จะพิจารณาเปรียบเทียบโดยใช้เฉพาะค่า Total Uniform Delay เท่านั้น เนื่องจากสภาพการจราจรในกทม. จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปริมาณยวดยานที่เข้าสู่ทางแยก (Arrival Flow) ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นแบบ Random และสภาพการจราจรที่เป็นแบบ Oversaturated Condition ต้องใช้เวลานานกว่าที่จะเปลี่ยนสภาพการจราจรเข้าสู่ปกติได้ ขณะที่การจำลองสภาพการจราจรในการศึกษาครั้งนี้มีช่วงเวลาไม่ยาวนัก (1 ชั่วโมง) ทำให้ไม่สามารถใช้ค่า Total Random + Oversat Delay ในการเปรียบเทียบได้

โดยทั่วไป ค่า Uniform Delay จะแปรผันโดยตรงกับระดับการอิ่มตัวของการจราจร (Degree of Saturation) กล่าวคือ เมื่อปริมาณการจราจรสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงมีค่าระดับการอิ่มตัวของการจราจรสูงขึ้น จะทำให้ค่า Uniform Delay ที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า Uniform Delay ที่เกิดขึ้นของกรณีศึกษาต่างๆ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า กรณีที่มีการเพิ่มถนนย่อยเข้าไปในระบบจะมีค่า Uniform Delay ต่ำกว่าสภาพการจราจรในปัจจุบัน เนื่องจากการเพิ่มถนนย่อยเข้าไป จะทำให้ความสามารถของยวดยานในการผ่านทางแยกหลักที่มีปัญหาดังกล่าวดีขึ้นกว่าเดิม ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การเพิ่มโครงข่ายถนนซึ่งเป็นถนนย่อยเข้าไปในระบบเพื่อลดปัญหาการมีปริมาณรถเลี้ยวจำนวนมากที่ทางแยกหลัก โดยมีการติดตั้งสัญญาณไฟที่บริเวณทางแยกใหม่นั้น เมื่อได้มีการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟกับทางแยกหลักให้เหมาะสมแล้ว จะทำให้สภาพการจราจรดีขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Uniform Delay ของแต่ละกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	Uniform Delay (คัน-ชั่วโมง/ชั่วโมง)
1. สภาพการจราจรในปัจจุบัน	2689.3
2. สภาพการจราจรที่มีการเพิ่มซอยร่วมฤดีเข้าไปในโครงข่ายถนน	2584.4
3. สภาพการจราจรที่มีการเพิ่มซอยพญานาคเข้าไปในโครงข่ายถนน	2519.1