

บทที่ 4

การประยุกต์ใช้โปรแกรม TRANSYT ในการวิเคราะห์ออกแบบการควบคุมการจราจรเป็นพื้นที่

โปรแกรม SCOOT เป็นระบบโปรแกรมการจัดการด้านจราจรเป็นพื้นที่ที่มีพื้นฐานโดยการนำเอาโปรแกรม TRANSYT ซึ่งเป็นโปรแกรมออกแบบคำนวณเวลาของสัญญาณไฟจราจรทั้งพื้นที่(เวลาครบรอบ เวลาไฟเขียวแต่ละจังหวะ และเวลาในแต่ละระยะเวลาเหลื่อมกันของแต่ละทางแยก) มาประยุกต์ โปรแกรม SCOOT จะมีตัวจับสัญญาณเป็นข้อมูลจราจรจากทางแยกจริงส่งเข้ามาที่ห้องควบคุม แล้วใช้โปรแกรม TRANSYT คำนวณเวลาของสัญญาณไฟจราจรส่งข้อมูลกลับไปยังทางแยกเปิดไฟตามเวลาที่คำนวณได้ตลอดเวลา (Real Time Monitoring and Control) โดยโปรแกรม SCOOT จะมีความสามารถเพิ่มเติม เช่น การเปลี่ยน mode ควบคุม การตั้งค่าเวลาต่ำสุด สูงสุดของเวลาครบรอบสัญญาณการสั่งบังคับจังหวะที่ต้องการและอื่น ๆ เป็นต้น

4.1 พื้นฐานโปรแกรม TRANSYT

TRANSYT เป็นโปรแกรมคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟจราจรของทางแยกแบบประสานสัมพันธ์ที่ดีที่สุดของทางแยกหลายทางแยกร่วมกัน เพื่อให้มีการหยุดและความล่าช้าน้อยที่สุด ด้วยการจำลองรูปแบบการจราจรที่รู้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยและค่าความจุ เวลาสัญญาณไฟจราจรที่หาออกมาได้จะเป็นเวลาครบรอบสัญญาณไฟเวลาแต่ละขา และเวลาเหลื่อมกันของแต่ละทางแยก

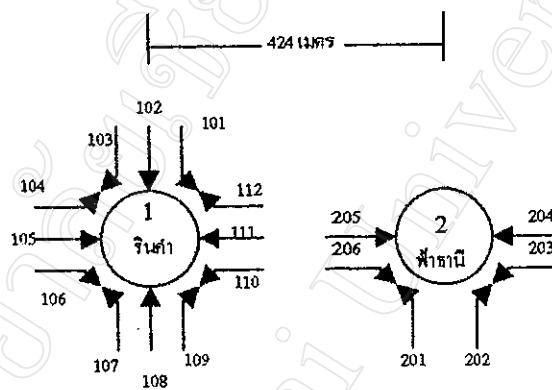
4.2 หลักการ

โปรแกรม TRANSYT จะมี 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. การจำลองรูปแบบการจราจร ซึ่งสามารถจำลองการจราจรเคลื่อนผ่านทางแยกสัญญาณไฟจราจรโดยบอกประสิทธิภาพในค่าของ ดัชนีประสิทธิภาพ (Performance Index) ของพื้นที่ควบคุม
2. Hill-Climbing Optimization เป็นขบวนการคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้ค่าเวลาที่ทำให้ดัชนีประสิทธิภาพมีค่าต่ำสุด

4.3 การจำลองโครงข่ายทางแยกของพื้นที่

โครงข่ายทางแยกจะจำลองในลักษณะของ Node และ Link โดยที่ Node จะแทน ทางแยกของสัญญาณไฟ ใช้ตัวเลขเป็นสัญลักษณ์ เช่น Node 1 Node 2 Link จะแทนขา ทิศทางของการจราจร ใช้ตัวเลขเป็นสัญลักษณ์โดยให้ตัวเลขหลักหน้าเป็นเลขเดียวกับ Node ตัวอย่างการเขียน Diagram แสดง Node และ Link ของทางแยกที่รวมกันเป็นพื้นที่ย่อยแสดงดังรูป 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการเขียน Node Link Diagram

4.4 การใส่ข้อมูลและการแสดงผลข้อมูล

4.4.1 การใส่ข้อมูล

การใส่ข้อมูลในโปรแกรม TRANSYT จะใส่ข้อมูลใน Data Card ต่าง ๆ เช่น Node Link ปริมาณการจราจร กระแสจราจรอ้อมตัว ค่าคงที่ W และ K เป็นต้น ซึ่งแต่ละ Card เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วก็จะให้เซฟเป็นไฟล์นามสกุล dat เก็บไว้

ข้อมูลสำหรับ Run TRANSYT ของพื้นที่ย่อย AA และ AB แสดงในภาคผนวก จ. ในข้อมูลชุดที่ 1 และ 2

4.4.2 การแสดงผลข้อมูล

เมื่อใส่ข้อมูลครบอยู่ในไฟล์นามสกุล dat แล้วในเมนูหลักของโปรแกรมจะมีเมนูย่อยให้

เลือก Run Quick Time Optimization หลังจากนั้นจึง Run TRANSYT โปรแกรมจะ คำนวณหา ค่าต่าง ๆ เช่น เวลาสัญญาณไฟจราจรที่มีค่าดัชนีประสิทธิภาพ (Performance Index - PI) น้อยที่สุด ค่าความล่าช้าและการหยุดแต่ละ Link เป็นต้น จากนั้นสร้างไฟล์นามสกุล prt ขึ้นมาโดยมีชื่อเดียวกับไฟล์นามสกุล dat

ผลการ Run TRANSYT แสดงในภาคผนวก จ. ในข้อมูลชุดที่ 1 และ 2 สำหรับพื้นที่ย่อย AA และ AB

4.5 ดัชนีประสิทธิภาพ (Performance Index)

เป็นดัชนีเปรียบเทียบทางตัวเลขคณิตศาสตร์แทนความหมายของค่าความล่าช้าและการหยุด ถ้าค่าดัชนีประสิทธิภาพ (PI.) มีค่ามากแสดงว่ามีความล่าช้าและการหยุดสูง ซึ่งส่งผลสะท้อนให้เห็นว่าเวลาสัญญาณไฟของทางแยกไม่เหมาะสม เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PI. = \sum_{i=1}^N (W * w_i d_i + \frac{K}{100} * k_i s_i) \dots\dots\dots(4.1)$$

โดยที่ N = จำนวนของ Link

W = Overall cost per average pcu-hour of delay

K = Overall cost per 100 pcu-stops

w_i = delay weighting on link i

d_i = delay on link i (sec/hr)

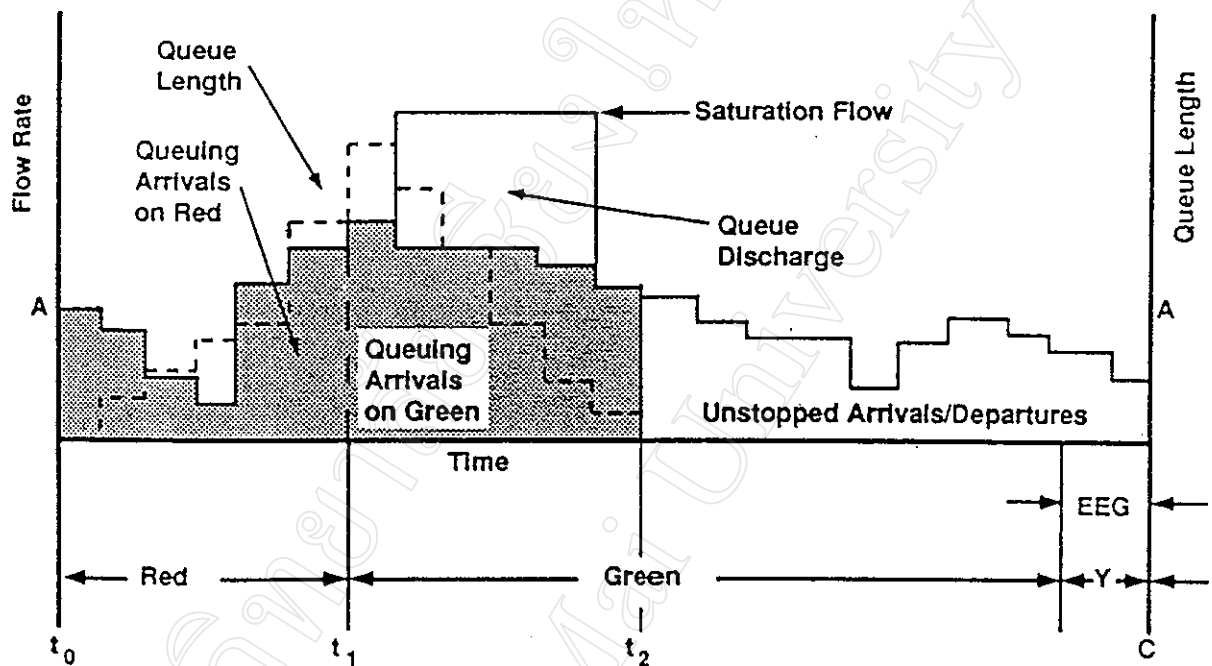
k_i = stop weighting on link i

s_i = number of stop on link i

4.5.1 ความล่าช้า (Delay)

ความล่าช้าเป็นส่วนหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพที่สำคัญในการศึกษาการจราจรของยานพาหนะที่อยู่ในระบบเพราะความล่าช้าเป็นตัวบ่งบอกถึงความสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงได้แก่ การเสียค่าน้ำมันในการที่รถต้องล่าช้า ในทางอ้อมได้แก่ การสูญเสียเวลา นอกจากนั้นความล่าช้ายังเป็นผลสะท้อนที่แสดงให้เห็นว่าการจัดไฟเวลาสัญญาณไฟมีประสิทธิภาพไม่เพียง

พอ TRANSYT ได้หาความล่าช้าออกมาโดยให้นิยาม Uniform Delay ดังแสดงตามรูป 4.2 (TRANSYT 7F, 1991)



รูปที่ 4.2 แสดง Uniform Delay

จากรูปเวลาเริ่มต้นที่ t_0 อัตราไหลเข้า (Inflow Rate) หาคด้วย อัตราปล่อยออก (Outflow Rate) ยังคงเท่ากับอัตราไหลเข้าอยู่จนถึงเวลา t_1 ยานพาหนะทุกคันที่เข้ามาในช่วงนี้ยังคงถูกให้ล่าช้าและหยุดอยู่ ซึ่งจะกลายเป็นคิวสะสมดังเป็นเส้นปะที่รูป 4.1 หลังจากนั้นการจราจรเริ่มเคลื่อนออกไปที่เวลา $t_1 + SLT$ (Start Lose Time) ยานพาหนะที่มาก็หลังก็ยังคงต่อคิวคันหลัง แต่หลังจากนั้นอัตราการปล่อยออกที่ได้รับไฟเขียวมีอัตรามากกว่า ดังนั้นคิวจึงเริ่มสั้นลงจนถึงเวลา t_2 คิวจึงหมดไปทั้งหมดและไม่มีควมล่าช้าเกิดขึ้นอีกจนกระทั่งสัญญาณไฟกลับมาเป็นแดงอีกครั้ง ซึ่งในรูปนี้ก็คือเวลากลับมาที่ t_0 อีกครั้ง

Uniform Delay คำนวณได้จากการหาพื้นที่ใต้เส้นปะซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยคิดตลอดรอบเวลาสัญญาณ ซึ่งสามารถแสดงออกมาเป็นรูปทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$D_u = \sum_{t=1}^N \frac{M_t}{N} \dots\dots\dots(4.2)$$

โดยที่ D_u = Uniform Delay หน่วยเป็น veh-hr/hr

M_t = ความยาวคิวของยานพาหนะช่วงเวลา t (คัน)

N = จำนวนของ step ในรอบสัญญาณ

นอกจากความล่าช้าที่เกิดจาก Uniform Delay แล้วความล่าช้ายังเกิดขึ้นได้จากการมาถึงทางแยกอย่างอิสระของยานพาหนะ (Random Arrival of Vehicle) และความล่าช้าที่เกินความจุ (Saturation Delay) ซึ่งสามารถแสดงออกมาเป็นรูปทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$D_{rs} = \left[\left[\frac{B_n}{B_d} \right]^2 + \left[\frac{X^2}{B_d} \right] \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{B_n}{B_d} \dots\dots\dots(4.3)$$

โดยที่ D_{rs} = Random-Plus-Saturation Delay หน่วยเป็น veh-hr/hr

B_n = $2(1-X) + XZ$

B_d = $4Z - Z^2$

Z = $(2x/v) * (60/T)$

X = Degree of Saturation (%)

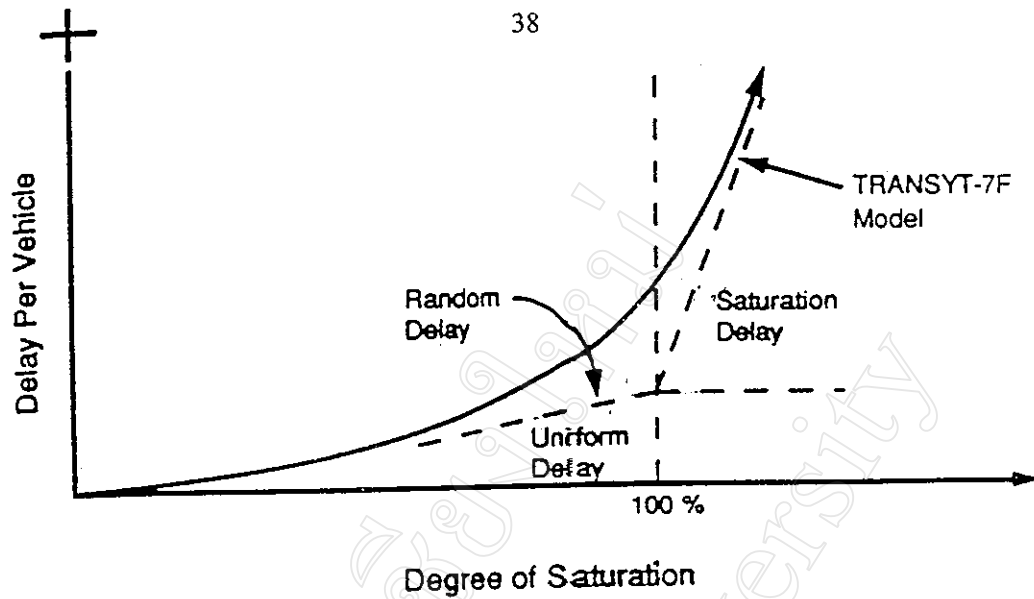
V = ปริมาณจราจรแต่ละขา (คันต่อชั่วโมง)

T = ความยาวช่วงเวลารูปสัญญาณ 60 นาที สำหรับเงื่อนไขที่ไม่อ้อมตัว

ความล่าช้าทั้งหมด (D) หาได้ดังนี้

$$D = D_u + D_{rs} \dots\dots\dots(4.4)$$

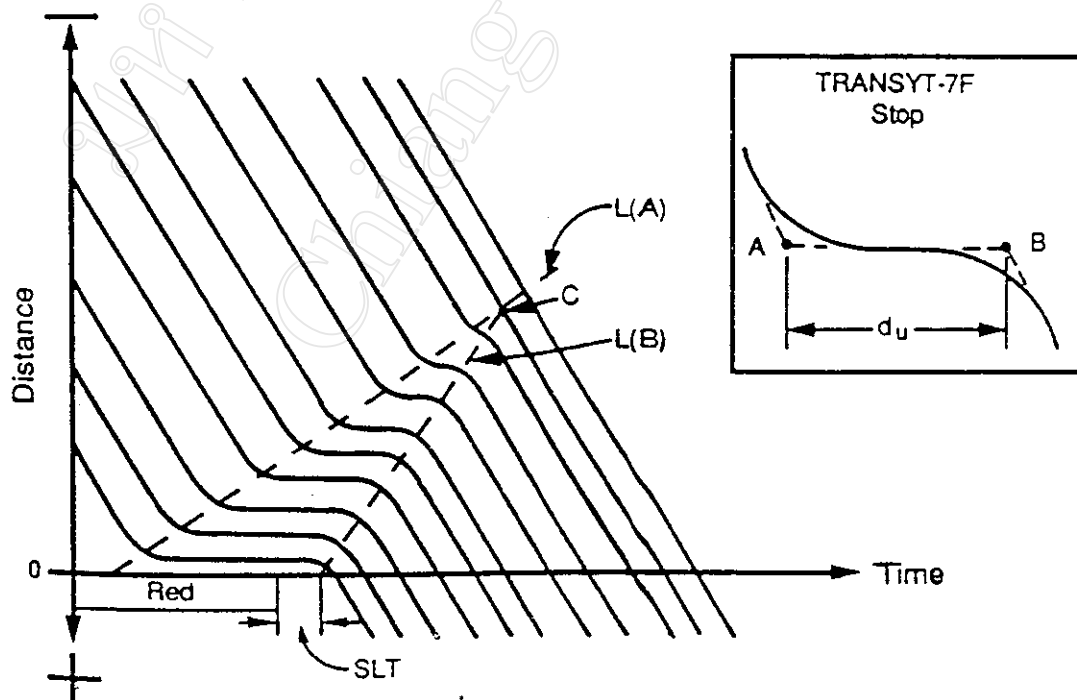
เมื่อนำค่าความล่าช้าทั้งหมดที่ได้รับจากการนำ Uniform Delay รวมกับ Random และ Saturation Delay มาเขียนเป็นกราฟแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 (TRANSYT 7F, 1991)



รูปที่ 4.3 แสดงการประมาณความล่าช้าของโปรแกรม TRANSYT

4.5.2 การหยุด (Stop)

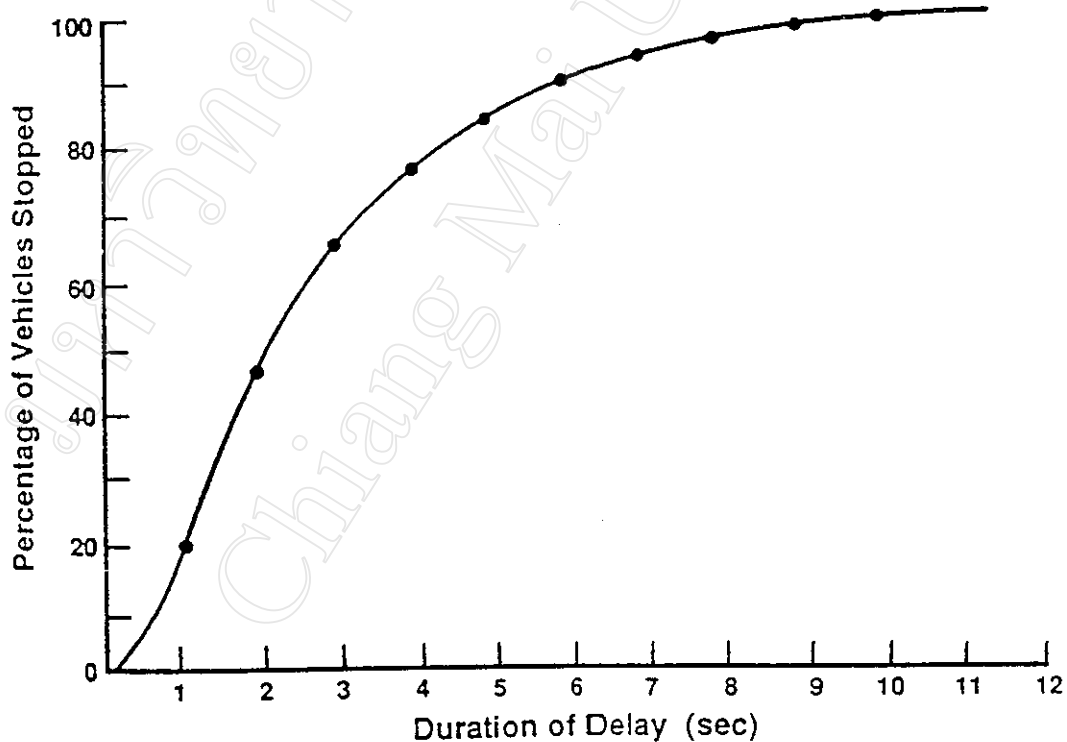
โปรแกรม TRANSYT สมมติฐานว่ายานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยกแล้วติดความล่าช้า จะเกิดการหยุดทุกคัน ซึ่งจริง ๆ แล้วบางกรณีอาจไม่มีการหยุดก็ได้ แต่ปัญหาอยู่ที่ยังไม่มีแบบจำลองใดที่จำลองการชะลอความเร็ว (Slowdown) ในกรณีที่ไม่มีรถหยุด ดังรูปที่ 4.4 (TRANSYT 7F, 1991)



รูปที่ 4.4 แสดงพฤติกรรมรถหยุด

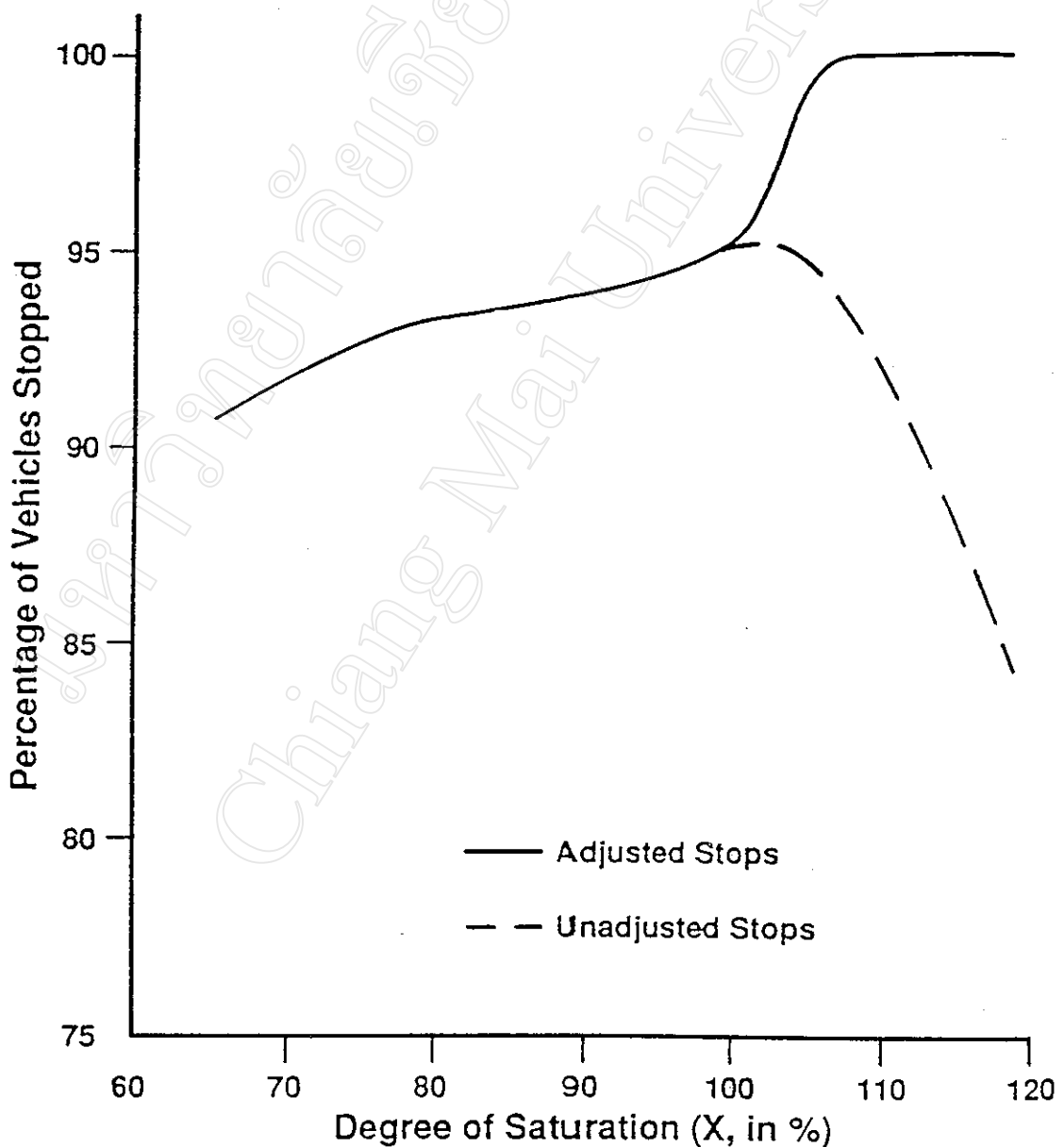
รูปที่ 4.4 แสดงเวลา-การมาถึง/คิว/การออกจากทางแยก ของขาหนึ่งของทางแยก Uniform Delay สมมติฐานว่ายานพาหนะที่มาถึงที่เส้นหยุดหรือต่อหลังคิวได้หยุดทันที และเริ่มเคลื่อนที่ออกไปทันที จากรูป ที่จุด A และ B สำหรับการหยุดและออกไปของยานพาหนะทุกคันที่ถูกเขียนขึ้น จะเป็นรูปสามเหลี่ยม (เส้นประ) สามเหลี่ยมนี้แทนจุด A ด้านหลัง (เมื่อมาถึง) จุด B ด้านหน้า (เมื่อออกไป) ตั้งแต่หลังจุดมุม C ลงมาจะเป็นคิวเริ่มเคลื่อนที่และยานพาหนะที่มาถึงไม่ได้หยุดอย่างสมบูรณ์ เพียงแต่เปลี่ยนความเร็วลดลง

จากการศึกษาแนะนำว่าช่วงความล่าช้าสั้น ๆ สามารถหาการหยุดได้โดยเป็นส่วนเปอร์เซ็นต์ของผลกระทบจากความยาวของความล่าช้าและได้นำแบบจำลองที่แสดงออกมาในสูตร Empirical ของ TRRL ที่หาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การหยุดและช่วงเวลาความยาวของความล่าช้าแสดงดังรูปที่ 4.5 (TRANSYT 7F, 1991)



รูปที่ 4.5 แสดงวิธีหาค่าการหยุดจากความล่าช้า

แต่เดิม TRANSYT คำนวณจำนวนของการหยุดจากการคูณเปอร์เซ็นต์ของยานพาหนะที่ถูกหยุดกับจำนวนของยานพาหนะที่ออกจากเส้นหยุดซึ่งในกรณีที่การหยุดใกล้เคียงหรือมากกว่าความจุ เมื่อมีปริมาณการจราจรของขาเกินความจุทำให้ยานพาหนะบางคันไม่สามารถออกไปจากเส้นหยุดได้หมดในช่วงเวลาไฟเขียว โปรแกรม TRANSYT ยังไม่สามารถหาได้เมื่อมีปริมาณของจราจรแต่ละขามากกว่าความจุนี้ เพื่อที่จะทำส่วนที่ขาดนี้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ การหยุดทั้งหมดจึงต้องรวมส่วนที่กล่าวถึงข้างบน และส่วนที่ใกล้เคียงหรือเกินความจุโดยถูกคำนวณได้ออกมาดังรูปที่ 4.6 (TRANSYT 7F, 1991)



รูปที่ 4.6 แสดงวิธีหาค่าการหยุดจากค่า Degree of Saturation