สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

นางสาวธีราภรณ์ กุลเกียรติประเสริฐ
นางสาวยุสดี ยีรวงศ์ชัยชัย
นายเลอศักดิ์ คุ้มม่วง
นางสาวศรัญญา การุณวรรธนะ

ว/วท.
ส6855
2536
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....
6125861 8

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM

Miss Teraporn Kulkietprasert

Miss Phusadee Pherawongvanich

Mr. Lersak Koonmoung

Miss Saranya Karoonwattana

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bechelor of Science

Department of Applied Mathematics and Computer Science

Faculty of Science

Kingmongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

(TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM)

โดย	นางสาวธีราภรณ์	กุลเกียรติประเสริฐ	รหัสประจำตัว	33501012
	นางสาวยุสดี	ทีรางศ์วสิษย์	รหัสประจำตัว	33501020
	นายเลอศักดิ์	คุ้มม่วง	รหัสประจำตัว	33501025
	นางสาวศรัญญา	การุณวรรธนะ	รหัสประจำตัว	33501027

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศรัณย์ อินทโกสุม

รองศาสตราจารย์ ภัคนี ยิมเรวัต

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ กรรมการสอบปัญหาพิเศษได้ตรวจพิจารณาแล้ว เห็นชอบแล้ว จึงอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2536

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไมตรี โพธิ์สุข)

หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

(อาจารย์ พรชัย เจนจิระพงศ์เวช)

ประธานกรรมการสอบปัญหาพิเศษ

(อาจารย์ วีระ บุญจริง)

กรรมการสอบปัญหาพิเศษ

(อาจารย์ ศรัณย์ อินทโกสุม)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รองศาสตราจารย์ ภัคนี ยิมเรวัต)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

(TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM)

โดย	นางสาวธีราภรณ์	กุลเกียรติประเสริฐ	รหัสประจำตัว	33501012
	นางสาวยุสดี	ทีรวงศ์วิชช์	รหัสประจำตัว	33501020
	นายเลอศักดิ์	คุ้มม่วง	รหัสประจำตัว	33501025
	นางสาวศรัญญา	การุณวรรธนะ	รหัสประจำตัว	33501027

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศรัณย์ อินทโกสุม

รองศาสตราจารย์ ภัคนี ยิมเรวัต

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรที่สำคัญสาเหตุหนึ่ง คือ การควบคุมสัญญาณไฟจราจร ปัญหาพิเศษเรื่องนี้ คือการแก้ปัญหาการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยการจำลองระบบการจราจร โดยใช้สูตรในการหาค่ารอบเวลาของสัญญาณไฟ สูตรที่ใช้ในการคำนวณรอบเวลามี 2 สูตร คือ สูตรของ WEBSTER และสูตรของ DONALD การจำลองแบบนี้กระทำบนเครื่องเพอร์ซันอลคอมพิวเตอร์ภายใต้ทฤษฎีของการจำลองแบบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาที่ในการเขียนโปรแกรม พื้นที่ที่ใช้ทำการทดลอง คือ บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผลที่ได้จากปัญหาพิเศษ คือ สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณหาค่ารอบเวลาที่เหมาะสม และ สามารถทำการจำลองปริมาณการจราจร บริเวณพื้นที่ที่ทำการทดลองได้เป็นผลสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Nowaday one source of the problem come from improper traffic light switching. This project proposes to solve the problem by simulating traffic using cycle time formular.There are 2 formulaars used in the project for finding cycle time WEBSTERS's and DONALD's. The simulation developed on Personal Computer under Simulation theory using C languages. The testing area is Victory Monument. The result is the cycle time of Victory Monument and simulate the flow of vehicles .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก

1. อาจารย์ ศรัณย์ อินทโกสุม ท่านช่วยแนะนำแนวคิดในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบ
2. รองศาสตราจารย์ ภัคคินี อิมเรวัต ท่านช่วยแนะนำในการคำนวณสูตรและให้คำปรึกษาที่เกี่ยวกับการคำนวณ
3. เจ้าหน้าที่กองวิศวกรรมจราจร สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร ท่านช่วยให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนด้านข้อมูล

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำต่างๆอันเป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาคคณิตศาสตร์ที่ให้ความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์และการใช้ห้องคอมพิวเตอร์ในการทำงาน

นางสาวธีราภรณ์ กุลเกียรติประเสริฐ
นางสาวผุสดี พีรวงศ์วณิชย์
นายเฉลิมศักดิ์ คุ้มม่วง
นางสาวศรัญญา การุญวรรธนะ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทนำ	1
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	5
ตัวอย่างการคำนวณโดยสูตรของ WEBSTER	19
ตัวอย่างการคำนวณโดยสูตรของ DONALD	24
การออกแบบระบบ	45
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	57
ภาคผนวก	
คู่มือการใช้งาน	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางแสดงช่วงตัวเลขที่สอดคล้องกับ F(x)	10
ตารางแสดงจำนวนลูกค้าที่ได้จากเลขสุ่ม	10
ตารางแสดงค่าความผิดพลาดและค่าสัญญาณไฟเขียว	15
ตารางแสดงข้อมูลปริมาณรถบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	17
ตารางแสดงค่าสัญญาณไฟเขียวและค่าผิดพลาดที่ได้จากค่า m	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพแสดงกราฟไม่มีทิศทาง (รูปที่ 1) 5

ภาพแสดงตัวอย่างของไดกราฟ (รูปที่ 2) 6

ภาพแสดงกราฟที่มีลูป (รูปที่ 3) 7

ภาพแสดงกราฟความน่าจะเป็นสะสมของจำนวนรถ (รูปที่ 2.4) 9

ภาพเส้นทางเดินรถบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ 16

ภาพการเปิดสัญญาณไฟ (รูปที่ 2.5) 18

ภาพแสดงปริมาณรวมของรถแต่ละเส้นทาง(รูป 2.6) 24

ภาพแสดงสัดส่วนปริมาณของรถในช่วงเช้า (รูป 2.7) 24

ภาพแสดงปริมาณรถเฉลี่ยในช่วงเช้า (รูป 2.8) 25

ภาพแสดงสัญญาณไฟบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ (รูป 2.9) 28

ภาพกราฟที่วาดจากเส้นทางทั้งหมด 47

ภาพเส้นทางการจราจร (รูปที่ 2.10) 49

ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของสูตร WEBSTER 50

ภาพแสดงขั้นตอนทำงานของสูตร DONALD 51

ภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยรวม 54

ภาพแสดงการทำงานของเมนู Operation 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในหลาย ๆ ด้าน เช่น ประชากร เศรษฐกิจ การขยายตัวของเมือง ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความต้องการในการเดินทางของคนและสินค้า ทำให้ปริมาณรถยนต์ บนท้องถนนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกินความสามารถของระบบโครงข่ายถนนที่มีอยู่จะรองรับได้ ทำให้เกิดความไม่สมดุลของความต้องการในการเดินทางกับความจุของถนน จึงก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด ดังในสภาพปัจจุบันนี้ ปัญหาการจราจรที่สำคัญ เห็นได้ชัดเจนและเกิดขึ้นสม่ำเสมอ คือปัญหาการจราจรติดขัดที่ทางแยก ทางแยกในกรุงเทพมหานครเกือบทั้งหมดใช้ระบบสัญญาณไฟในการควบคุมการจราจร ดังนั้น ถ้าระบบสัญญาณไฟมีการควบคุมไม่ดี จะทำให้เกิดการจราจรติดขัด ทั้ง ๆ ที่การจราจรมีปริมาณไม่สูงจนเกินความสามารถที่จะควบคุมได้ และเมื่อมีการติดขัดมากขึ้นอาจส่งผลไปยังทางแยกข้างเคียง อันจะทำให้เกิดการติดขัดขยายตัวออกไปเรื่อย ๆ ดังนั้นถ้าสามารถจัดระบบสัญญาณไฟได้อย่างเหมาะสมก็จะช่วยลดปัญหาได้ส่วนหนึ่ง

ปัจจุบันบริเวณทางแยกที่สำคัญและมีปัญหาการจราจรค่อนข้างมาก คือ บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ และมีเส้นทางที่สำคัญ 4 สาย คือดินแดง พญาไท ราชวิถี และพหลโยธิน ซึ่งเป็นถนนที่สำคัญทั้ง 4 สาย ซึ่งเป็นผลให้มีการใช้รถในบริเวณนี้ค่อนข้างมาก จากการควบคุมระบบสัญญาณไฟในกรุงเทพมหานครในชั่วโมงเร่งด่วน มักจะควบคุมด้วยตำรวจจราจรโดยใช้มือกด (manual control) โดยไม่มีการประสานความสัมพันธ์กับทางแยกอื่นรอบเวลาและจังหวะสัญญาณไฟขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของตำรวจจราจรที่ดูจากปริมาณรถ และความยาวของคิว ถ้าทิศทางใดมีปริมาณสูง ก็จะปล่อยรถในทิศทางนั้นนานและบ่อยครั้งกว่าทิศทางอื่น ทำให้รอบเวลาและจังหวะสัญญาณไฟไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมด้วยมือมีทั้งข้อดีและข้อเสียคือ

ข้อดี

1. รอบเวลาและจังหวะสัญญาณไฟแปรเปลี่ยนไปได้ตามปริมาณรถในขณะนั้น
2. ผู้ขับขี่ไม่กล้าฝ่าฝืนกฎระบบ เนื่องจากมีตำรวจจราจรควบคุมอยู่และในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือมีสิ่งกีดขวางการจราจร ก็จะสามารถแก้ปัญหาไปได้ในเวลาอันสั้น

ข้อเสีย

1. การควบคุมขึ้นอยู่กับตัวบุคคลที่ต้องอาศัยประสบการณ์ ถ้ามีทางแยกใดทางแยกหนึ่งที่ควบคุมไม่ดี ก็จะส่งผลไปทางแยกอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ เมื่อทำงานมากชั่วโมงทำให้เกิดความเหนื่อยล้า เป็นเหตุให้การตัดสินใจอาจผิดพลาดไป
2. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟไม่สามารถถูกใช้งานได้อย่างเต็มที่ ทั้ง ๆ ที่ประสิทธิภาพในการใช้งานสูงกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
3. ใช้กำลังเจ้าหน้าที่ตำรวจจำนวนมาก
4. การทำงานบนท้องถนนเป็นเวลานาน เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจจากก๊าซพิษของยวดยานและความเครียดในการทำงาน

ระบบสัญญาณไฟแบบอัตโนมัติ

การใช้ระบบควบคุมสัญญาณไฟอัตโนมัติจะช่วยลดข้อเสียที่เกิดขึ้นและในปัจจุบันสามารถปรับรอบเวลาให้แปรเปลี่ยนตามปริมาณรถได้ แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าระบบอัตโนมัติเพียงอย่างเดียวจะแก้ปัญหาทั้งหมดได้ แต่ยังคงต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ตำรวจในการควบคุมความประพฤติของผู้ขับขี่ด้วย อันเป็นการประสานการทำงานร่วมกัน ที่ก่อให้เกิดผลดีมากที่สุด

การใช้ระบบควบคุมสัญญาณไฟอัตโนมัติ ต้องมีการออกแบบรอบเวลาและจังหวะสัญญาณไฟที่เหมาะสม โดยการศึกษาคุณลักษณะ พฤติกรรมของการจราจรและความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่าง ๆ ของการจราจรที่ทางแยกให้ชัดเจน

เนื่องจากการออกแบบระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้การออกแบบทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงปัญหาการจราจรบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

1.2.2 ศึกษาถึงวิธีการควบคุมและปล่อยสัญญาณไฟบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

1.2.3 สามารถนำทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา

1.2.4 เพื่อเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปรับทราบถึงปัญหาการจราจรในกรุงเทพมหานคร

1.2.5 ศึกษาเทคนิควิธีในการจัดการจราจรแบบต่างๆให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร

1.2.6 สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบปัญหา

1.2.7 ประเมินผลการจัดการจราจรแบบต่างๆที่ได้ทดลองขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์เส้นทางเป็นเส้นทางจริงจากแผนผังบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

1.3.2 พิจารณาเส้นทางเฉพาะถนนใหญ่เท่านั้น

1.3.3 การเดินทางที่ใช้ในปัญหานี้เศษนี้พิจารณาเฉพาะการเดินทางโดยรถยนต์

1.3.4 อัตราความเร็วของรถ กำหนดให้รถทุกคันมีอัตราความเร็วเท่ากันตามช่วงเวลาการเดินทาง

1.3.5 เนื่องจากสภาพความเป็นจริง การจราจรในวันธรรมดาและวันหยุดราชการไม่มีความแตกต่างกันจึงไม่คำนึงถึงปัจจัยดังกล่าว

1.4 แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาศึกษานี้เป็นตัวอย่างปริมาณรถที่บริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ ทำการสำรวจเมื่อ 4 มีนาคม 2535 สภาพอากาศปกติ แบ่งปริมาณการจราจรเป็นช่วงๆ ช่วงละ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 7.00 - 19.00 แบ่งการจราจรเป็นแต่ละช่องทางเดินรถตามแต่ละถนน ซึ่งประกอบด้วยถนนสำคัญ 4 สาย คือ ดินแดง พญาไท ราชเทวีและพหลโยธิน ประเภทของรถที่สำรวจ คือรถยนต์ รถตู้ ปิกอัพ รถเมล์ใหญ่ รถบรรทุก และรถสามล้อ ไม่รวมรถจักรยานยนต์ นอกจากข้อมูลทางด้านปริมาณรถแล้วยังมีรอบเวลาสัญญาณไฟอัตโนมัติที่ปัจจุบันตำรวจได้ใช้อยู่ ซึ่งบางครั้งการจราจรติดขัดมากก็จะควบคุมไม่ได้ ต้องใช้กดมือเองเพื่อแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อช่วยให้การจราจรบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีสภาพคล่องตัวขึ้น

1.5.2 เป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟให้เหมาะสมกับจำนวนรถที่ใช้เส้นทางผ่านบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่ต้องการศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษฉบับนี้แยกออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

2.1 ทฤษฎีกราฟ

2.2 เทคนิคการจำลองแบบ (Simulation Technique)

2.3 การคำนวณหาอรอบเวลาสัญญาณไฟ

2.1 ทฤษฎีกราฟ (GRAPH)

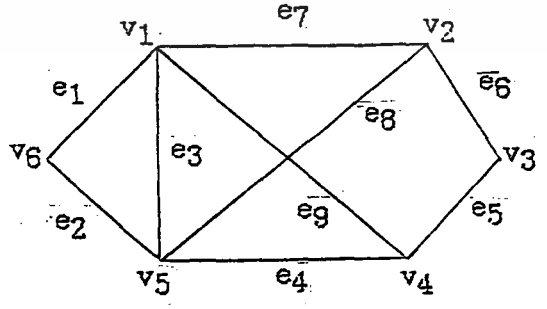
คำว่า "กราฟ"ในวิชาคณิตศาสตร์มีความหมายต่าง ๆ เช่น กราฟของฟังก์ชัน ความสัมพันธ์กราฟแท่งทางสถิติ เป็นต้น แต่เรากำลังจะใช้คำว่ากราฟในความหมายอีกอย่างหนึ่งจากนิยามต่อไปนี้

2.1.1 กราฟ G (หรือกราฟที่ไม่แสดงทิศทาง) จะประกอบด้วยเซต 2 เซต คือ

1. เซต V ที่มีสมาชิกเรียกว่า <u>จุดยอด</u> (Vertices หรือ Points หรือ Nodes)

2. เซต E เป็นเซตของคู่จุดยอดที่ไม่เป็นอันดับกัน ซึ่งเรียกว่า <u>ด้าน</u> (edges หรือ arcs) ทั้งนี้ยอมให้เขียนด้านซ้ำกันได้และถือเป็นด้านที่ต่างกัน

ถ้าด้าน e เชื่อมจากจุดยอด v ไปจุดยอด w เราเขียนแทนด้วย {v,w} และเราจะเขียนแทนกราฟ เช่นนี้ด้วย G = {V,E} เมื่อเราต้องการเน้นทั้ง 2 ส่วนของ G เราเขียนกราฟโดยใช้แผนภาพบนระนาบตามธรรมชาติ กล่าวคือ เราแทนจุดยอด v ใน V ด้วยจุดหรือวงกลมเล็ก ๆ และแทนด้วย e = {v1,v2} ด้วยเส้นที่เชื่อมจุด v1 และ v2



รูปที่ 1 แสดงกราฟ G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

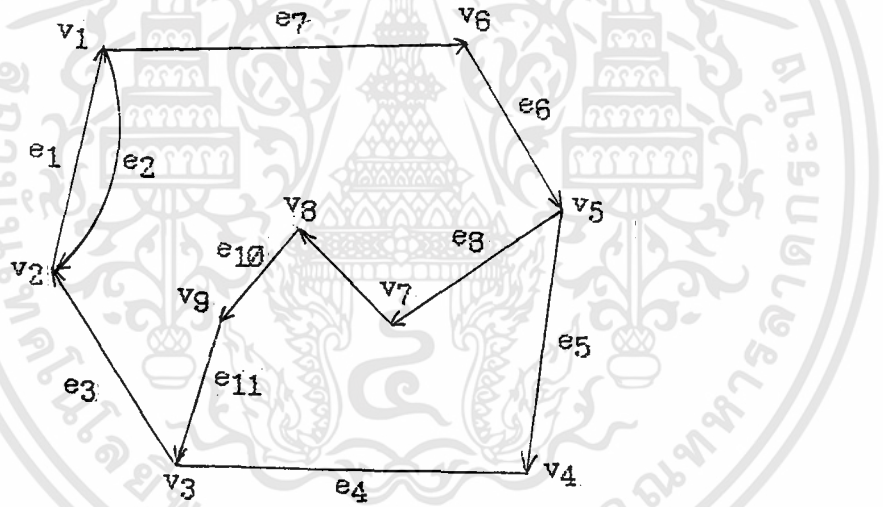
2.1.2 ไดกราฟ G(กราฟที่แสดงทิศทาง) ประกอบด้วยเซต 2 เซต คือ

1. เซต V ที่มีสมาชิกเรียกว่า จุดยอด

2. เซต E ของคู่อันดับของจุดยอดซึ่งเรียกว่า ด้าน

ถ้าด้าน e เชื่อมจากจุดยอด v ไปจุดยอด w เราเขียนแทนด้วย (v,w) เช่นเดียวกัน เราแทนกราฟ G นี้ด้วย G = (V,E) เมื่อต้องการเน้นทั้ง 2 ส่วนของ G เราจะกล่าวว่าด้าน e = {v,w) ในกรณีของกราฟที่ไม่แสดงทิศทาง หรือ e = (v,w) ในกรณีของกราฟที่แสดงทิศทางตามลำดับ ตกกระทบ (incident) บน v และ w จุดยอด v และ w เป็นจุดยอด ที่อยู่ติดกัน (adjacent)

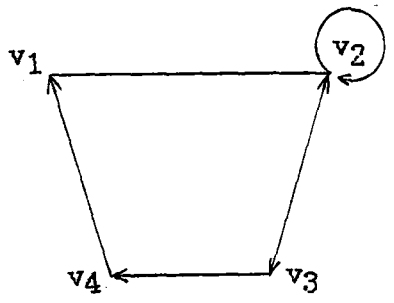
กรณีไดกราฟ เราเขียนกราฟโดยใช้แผนภาพบนระนาบเหมือนเดิม เพียงแต่มีลูกศรกำกับทิศทางบนด้าน



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างของไดกราฟ

2.1.3 ด้านขนาน หมายถึงด้านที่ต่างกันจากคู่ของจจุดยอดชุดเดียวกัน เช่นในรูปที่ 3 ด้าน e1 และ e2 ตรงกับคู่ (v1,v2) ของจุดยอด ด้านเช่นนี้เรียกว่า ด้านขนาน (Parallel edges)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3

2.1.4 <u>ลูป</u> หมายถึงด้านที่อยู่ในรูป (v,v) ซึ่งจะเรียกว่า ลูป (loop) เช่นในรูปที่ 3 ด้าน (v2,v2) เป็นลูป

2.1.5 <u>กราฟอย่างง่าย</u> (Simple graph) หมายถึงกราฟที่ไม่มีลูปหรือด้านขนาน

2.1.6 <u>สับกราฟของ G</u> ถ้า G = (V,E) และ G' = (V',E') เป็นกราฟที่มี V' เป็นสับเซตของ V และ E' เป็นสับเซตของ E เราเรียก G' ว่าเป็นสับกราฟของ G

2.1.7 <u>กราฟสมบูรณ์</u> (Complete graph) เราจะเรียก K_n ว่าเป็นกราฟสมบูรณ์บนจุดยอด n จุด หมายถึง กราฟที่มีจุดยอด n จุด และแต่ละจุดยอดจะเชื่อมกันด้วยด้านกับจุดอื่น ๆ ทุกจุดโดยไม่มีลูปหรือด้านขนาน

เราสามารถนำเอาทฤษฎีกราฟมาประยุกต์ใช้ในปัญหาต่าง ๆ ได้ เช่นการหาทางเดินที่สั้นที่สุด

2.2 เทคนิคการจำลองแบบ

2.2.1 ความหมายของการจำลองแบบ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) คือ กระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กโลบาย (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

จะเห็นได้ว่า กระบวนการของจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การสร้างแบบจำลอง
2. การนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้ในงานเชิงวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

2.2.2 การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

ในปัญหาที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาทั่วไป โดยเฉพาะในการจำลองแบบปัญหาซึ่งแบบจำลองสามารถแทนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้วยค่าเชิงปริมาณ ซึ่งโดยปกติข้อมูลเชิงปริมาณมักจะมีค่าไม่แน่นอนตายตัว ดังนั้นจึงทำให้เป็นปัญหาในการคำนวณ ทำอย่างไรจึงจะสามารถใส่ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนข้อมูลจริงในแบบจำลอง ซึ่งมีเทคนิคที่ช่วยในการแก้ปัญหาลักษณะความไม่แน่นอนของค่าเชิงปริมาณ คือ เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โล คือ เทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขแบบสุ่มที่ใช้อาจได้มาจากตารางตัวเลขแบบสุ่ม (Random Number Table) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ลูกเต๋า ฯลฯ ซึ่งสามารถสร้างตัวเลขที่มีลักษณะการแจกแจงความน่าเป็นแบบสม่ำเสมอ ส่วนค่าความน่าเป็นสะสมคือค่าความน่าเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ อาจได้มาจากข้อมูลในอดีต จากการทดลอง จากการเก็บข้อมูล หรือทราบจากลักษณะการแจกแจงความน่าเป็น จากตัวเลขที่ได้จะนำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการดังนี้

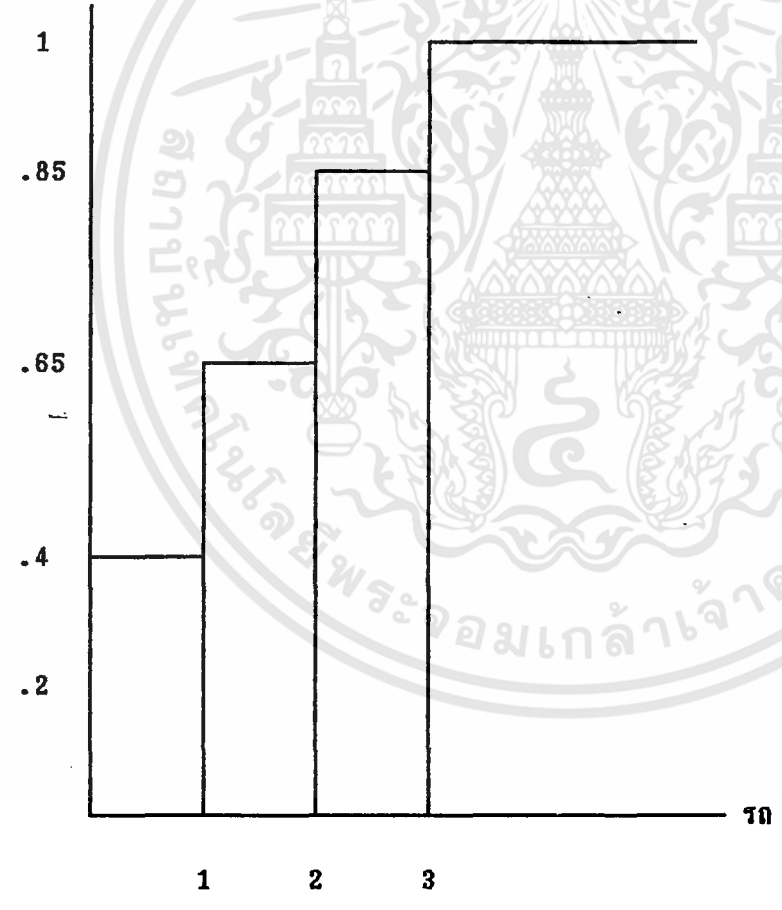
1. สร้างกราฟหรือตารางของค่าความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูลที่ต้องการ
2. เลือกตัวเลขสุ่ม ใส่จุดทศนิยมเพื่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
3. ใช้ตัวเลขแบบสุ่มในข้อ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
4. อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟหรือตารางซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขในข้อ 3 ค่าที่ได้นี้คือค่าของข้อมูลที่ต้องการ

และเพื่อความสะดวกในการหาตัวแปรสุ่ม จึงมักกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มสำหรับแต่ละค่าของตัวแปรแบบสุ่ม เพื่อให้ดูง่ายขึ้น โดยไม่ต้องใส่ทศนิยมในตัวเลขสุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนรถ	ความน่าเป็น	ความน่าเป็นสะสม
0	0.40	0.40
1	0.25	0.65
2	0.20	0.85
3	0.15	1.00

ตารางที่ 2.1 แสดงความน่าเป็นสะสมที่จำนวนรถเข้าสู่ระบบงานในแต่ละช่วง 10 นาที



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงค่าความน่าเป็นสะสมเมื่อจำนวนรถต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าความน่าจะเป็นสะสม ซึ่งมีทศนิยม 2 ตำแหน่ง จะกำหนดช่วงตัวเลขที่สอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็นสะสม F(x) ได้ดังตาราง

จำนวนรถ	ช่วงตัวเลขที่สอดคล้องกับ F(x) (Tag number)
0	00 - 39
1	40 - 64
2	65 - 84
3	85 - 99

ตารางที่ 2.2

เลือกตัวเลขสุ่มชนิด 2 หลักขึ้นมา สมมติว่าถ้าได้เลขสุ่ม 5 ค่าเป็น 34,67,99,13, 41 ตามลำดับ จะได้ช่วงเวลาที่ 1 ถึงช่วงเวลาที่ 5 มีรถเข้ามาต่างๆกันดังแสดงในตาราง

ช่วงเวลา	เลขสุ่ม	จำนวนรถ
1	34	0
2	67	2
3	99	3
4	13	0
5	41	1

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงจำนวนรถที่ได้จากเลขสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การคำนวณหารอบเวลาสัญญาณไฟ

หลักการการควบคุมสัญญาณไฟ

การควบคุมสัญญาณไฟที่ทางแยก ทำได้โดยการจัดตั้งช่วงเวลาจังหวะสัญญาณไฟเขียวและไฟเหลืองสำหรับแต่ละทิศทาง (ในขณะที่ทิศทางใดๆของการจราจรได้สัญญาณไฟเขียว ทิศทางอื่นจะได้ไฟแดง) และสามารถจัดสัญญาณไฟเขียวในแต่ละทิศทางได้ ประเด็นที่สำคัญคือการคำนวณจังหวะสัญญาณไฟเขียวสำหรับแต่ละทิศทาง ซึ่งทำได้หลายหลักการ ดังต่อไปนี้

1.การออกแบบสัญญาณไฟให้ทางแยกนั้น มีความล่าช้าเฉลี่ยของยวดยานทุก ๆ ทิศทางรวมกันต่ำสุด ซึ่งจะมีผลให้ทางแยกมีความจุสูงสุด

2.การออกแบบสัญญาณไฟให้ทางแยกนั้น มีความล่าช้าเฉลี่ยของยวดยานแต่ละคันแต่ละทิศทางมีค่าใกล้เคียงกัน และพยายามให้ต่ำสุด ซึ่งจะมีผลให้ยวดยานแต่ละคันต้องคอยที่ทางแยกทุกด้านด้วยระยะเวลา (มีความล่าช้า)ใกล้เคียงกัน

3.การออกแบบสัญญาณไฟให้ทางแยกนั้น มียวดยานติดเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งน้อยกว่าด้านอื่นๆเป็นครึ่งหนึ่ง หรือเป็นสัดส่วนขนาดใดๆ ก็ได้ หรือเป็นประมาณเท่าใดก็ได้ ในรอบเวลาสัญญาณไฟหนึ่งๆ เป็นต้น

จากหลักการดังกล่าว แต่ละหลักการมีความเหมาะสมกับสภาพการจราจรแตกต่างกันดังนี้

หลักการที่ 1 เหมาะกับสภาพจราจรหนาแน่นมาก การควบคุมการจราจรที่ทางแยกมักจะมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ทางแยกมีความจุสูงสุด และความล่าช้าเฉลี่ยต่ำสุด โดยเฉพาะที่บริเวณทางแยกวิกฤตภายในโครงข่ายถนนใดๆ เพื่อป้องกันมิให้ทางแยกนี้เป็นตัวก่อให้เกิดสภาพการจราจรติดขัดต่อเนื่องเป็นโครงข่าย

หลักการที่ 2 เหมาะกับพื้นที่นอกตัวเมืองหรือในเมืองขนาดเล็กที่ความต้องการเดินทางและปริมาณการจราจรไม่สูงนัก

หลักการที่ 3 เป็นหลักการที่ใช้ในกรณีที่มีความจำเป็นพิเศษ อันเนื่องมาจากสภาพของทางแยกไม่ดีนัก โดยมักจะใกล้ชิดกับทางแยกอื่นมากเกินไปและมีความต้องการ หรือปริมาณการจราจรผ่านทางแยกนั้นสูงมาก

นอกเหนือจากหลักการทั้ง 3 ข้อ ยังมีหลักกการอื่นๆ อีกมาก สุดแต่ว่าผู้จัดการจราจรหรือวิศวกรต้องการจะให้ทางแยกทำงานในลักษณะใด ก็จะต้องออกแบบให้เป็นไปตามหลักการนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณเวลาสัญญาณไฟ แบ่งเป็น 2 วิธี

2.3.1วิธีคำนวณโดยใช้สูตรของ WEBSTER

2.3.2วิธีคำนวณโดยใช้สูตรของ DONALD

2.3.1 การคำนวณโดยใช้สูตรของ WEBSTER

รอบเวลาสัญญาณไฟ สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร หรืออาจจะกำหนดขึ้นตามความเหมาะสมของสถานที่ก็ได้ ตามปกติจะนิยมใช้สูตรคำนวณขึ้นมาแล้วปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

การคำนวณออกแบบทางแยกสัญญาณไฟ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- การคำนวณหารอบเวลาสัญญาณไฟ
- การคำนวณจังหวะสัญญาณไฟเขียว

การคำนวณหารอบเวลาสัญญาณไฟ

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

โดยที่ C_o คือ รอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม

L คือ ผลรวมของเวลาที่สูญเสียในระหว่างการเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟทุกๆ จังหวะใน 1 รอบเวลา

Y คือ ผลรวมของค่าองศาของการไหลอิ่มตัวของทุก ๆทิศทางการจราจรของทางแยกนั้นๆ

โดย

$$L = \sum_{i=1}^{n} l_i$$

n คือ จำนวนจังหวะสัญญาณไฟในรอบเวลา

$$Y = \sum_{i=1}^{n} y_i$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

y คือ ค่าองศาการไหลอิ่มตัว หรือ สัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมง ต่อ ปริมาณรถใน 1 วัน

การคำนวณจังหวะสัญญาณไฟเขียว

$$G_i = \frac{(C_o - L) * y_i}{Y}$$

G_i คือ จังหวะสัญญาณไฟเขียว

2.3.2 การคำนวณโดยใช้สูตรของ DONALD

ถ้าให้รถจำนวน x-1 คันผ่านแยกไปได้ด้วยเวลา $G-(K_1+K_2)$ จะได้ค่าเฉลี่ยสัญญาณไฟของรถแต่ละคัน D คือ

เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุด = $\frac{\text{เวลา}}{\text{ปริมาณ}}$ หรือ $D = \frac{G-K}{X-1}$

เมื่อ

G = เวลาไฟเขียว + ไฟเหลือง

X = จำนวนรถที่สามารถผ่านแยกนั้นได้

$K = K_1+K_2$

K_1 = เวลาที่รถใช้ออกตัว

K_2 = เวลาที่รถคันสุดท้ายผ่านแยกนั้น

เพราะว่ารถคันสุดท้ายสามารถผ่านได้ตอนไฟเหลือง เพราะว่า G มีค่าเท่ากับไฟเขียว + ไฟเหลือง เขียนได้เป็น

$G = (X-1)D + K$

หรือ $G = XD + (K-D)$

จากการวิเคราะห์ค่าความจุ จะได้ปริมาณรถในช่องทางวิกฤติต่อรูป คือ V ค่านี้คือค่าปริมาณรถที่มากที่สุดในหนึ่งชั่วโมงต่อหนึ่งช่องทาง ที่สามารถผ่านแยกนั้นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \frac{3600}{C} x$$

เมื่อ $x = [G-(K-D)]/D$

ผลรวมของปริมาณรถที่ช่องทางวิกฤติ ΣV สำหรับทุกๆเฟส คือ ปริมาณที่ผ่านแยกนั้นต่อหนึ่งชั่วโมง

$$\Sigma V = \frac{3600}{C} \Sigma x$$

$$\Sigma V = \frac{3600}{C} \frac{\Sigma G-\phi(K-D)}{D}$$

เมื่อ $C = \Sigma G$

ϕ = จำนวนรูป

$$\Sigma V = \frac{3600}{C} \frac{C-\phi(K-D)}{D}$$

$$\Sigma V = \frac{3600}{C} - \frac{3600\phi(K-D)}{CD}$$

ถ้าแทนค่า K = 6.0 sec และ D = 2.0 sec จะได้ค่า ΣV ในเทอมของความยาวรอบเวลา C สำหรับสี่แยกที่แบ่ง 3 และ 4 รูป

$$\Sigma V (\phi=3) = 1800 - \frac{21600}{C}$$

$$\Sigma V (\phi=4) = 1800 - \frac{28800}{C}$$

จะเห็นว่า ถ้าค่า C มีค่าอนันต์ จะได้ ΣV มีค่า 1800 vph ต่อช่องทาง เราสามารถหารอบเวลา C ได้จาก

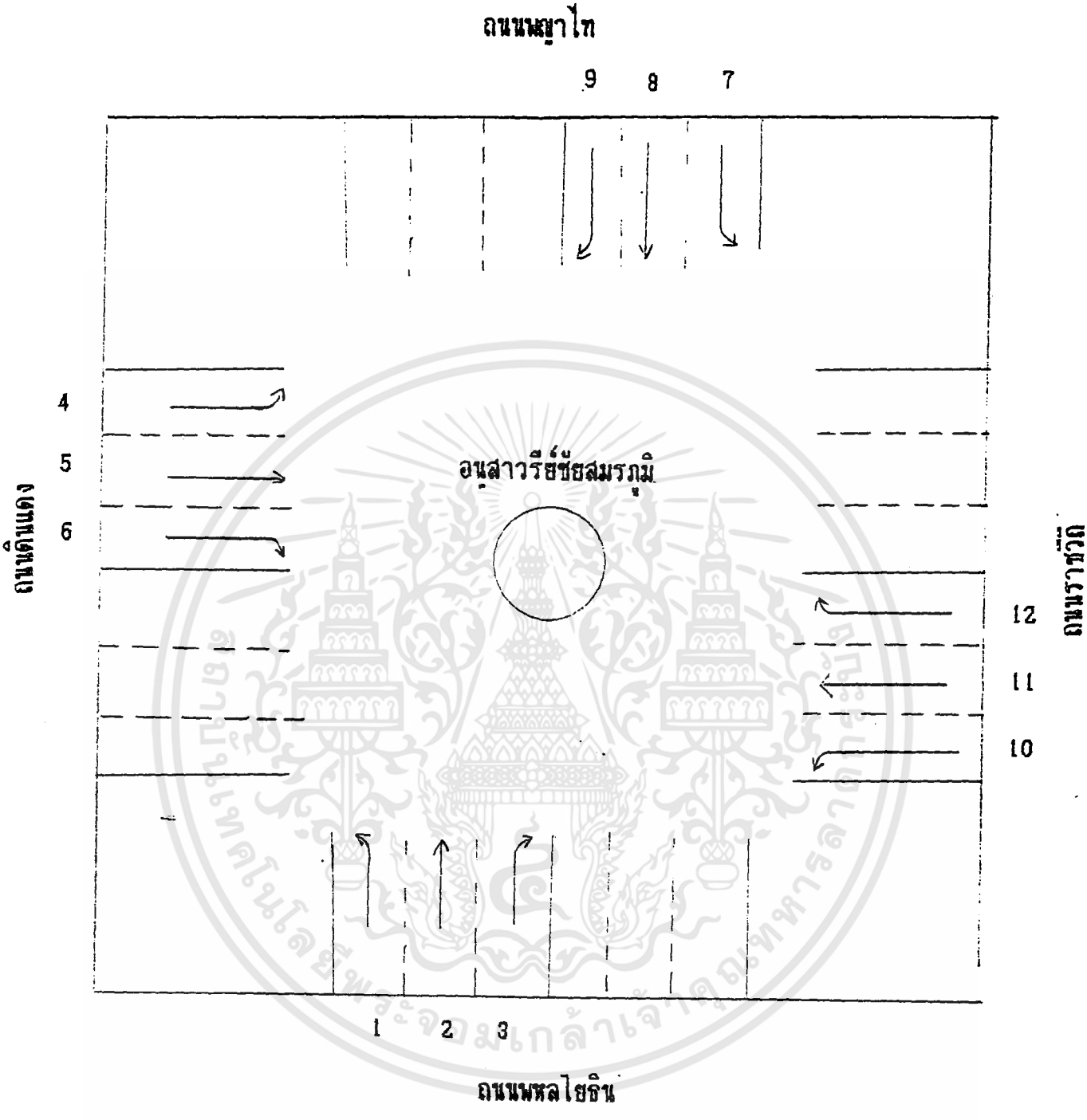
$$C = \frac{3600\phi(K-D)}{3600-D\Sigma V} \qquad (*)$$

จากสมการข้างต้นนี้เราสมมติให้เป็นการมาแบบ ปัวซอง ซึ่งเราจะหาค่าความน่าจะเป็นของการมาของรถ x+1 คันหรือมากกว่านั้นต่อรอบ ค่าความน่าจะเป็นของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2.4

70%
60%
50%
40%
30%
20%
15%
10%
5%
2%
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
ค่าเฉลี่ยการมาต่อรอบต่อเส้นทางวิกฤต, m
G=6 G=8 G=10 G=12 G=14 G=16 G=18 G=20 G=22 G=24 G=26 G=28 G=30 G=32 G=34 G=36 G=36 G=40 G=42 G=44 G=46 G=48 G=50 G=52 G=54 G=56 G=58
X=1 X=2 X=3 X=4 X=5 X=6 X=7 X=8 X=9 X=10 X=11 X=12 X=13 X=14 X=15 X=16 X=17 X=18 X=19 X=20 X=21 X=22 X=23 X=24 X=25 X=26 X=27



เส้นทางเดินรถบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Input Vehicle Flow During 07.00 - 19.00

Victory Monument

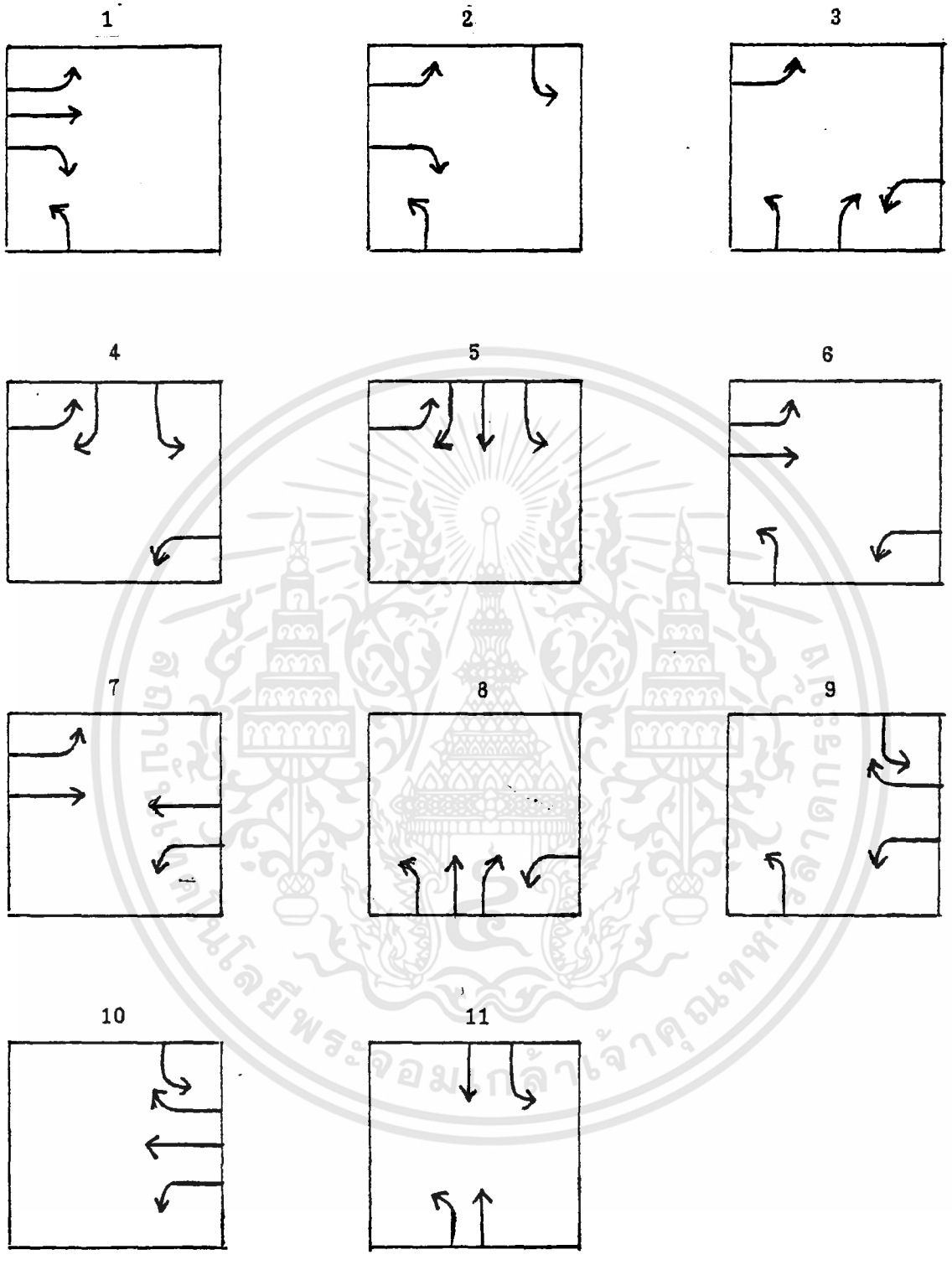
Volumn Of Vehicle Flow (arrivals/hr)

Direction

Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
07-08	155	285	343	696	1227	487	144	2053	634	1054	1600	253
08-09	177	253	392	523	649	367	208	2662	653	1650	1274	240
09-10	150	347	281	548	619	461	242	2257	545	1801	1100	313
10-11	120	392	237	518	485	530	243	1508	237	1833	1219	910
11-12	92	510	279	423	509	621	171	1263	171	1500	1055	480
12-13	123	558	410	463	465	605	233	1258	244	1674	958	412
13-14	144	519	425	700	1218	555	198	1008	303	2216	1369	565
14-15	201	539	391	455	1528	367	171	1673	388	2400	1258	470
15-16	251	615	468	465	1745	322	183	1095	427	2141	1778	536
16-17	170	495	391	518	1468	542	41	792	582	2518	1555	513
17-18	221	483	458	479	1655	554	45	1104	550	2155	1616	525
18-19	210	259	369	575	1636	489	98	751	568	1760	1072	433
Total	2072	5144	4420	6428	13144	5900	1977	17504	5200	22937	15774	5550

ตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพการเปิดสัญญาณไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยการมา m วินาทีต่อรอบ จะได้

$$P(x+1) = \sum_{x+1}^{\infty} m^{x+1} e^{-m} / (x+1)!$$

เมื่อ $m = V/3600/C$

จากสมการนี้เราสามารถหาค่าประมาณได้จากตารางค่าความน่าเป็นแบบ ปัวซอง ดังตารางที่ 2.4

<u>ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้สูตรของ WEBSTER</u>

1. เลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟ 4-6 ภาพ จากรูปที่ 2.5

เลือกภาพที่ 1, 8, 10 และ 5 และ เลือกเวลาช่วงเช้าในการคำนวณ

จากตารางข้อมูลปริมาณการจราจรดังตารางที่ 2.5 บริเวณทางแยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ และจากภาพการเปิดสัญญาณไฟ รูปที่ 2.5 สามารถหาค่าสัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมงต่อปริมาณรถใน 1 วัน ได้ดังนี้

ภาพที่ 1 ค่าสัดส่วนปริมาณใน 1 ชั่วโมงต่อปริมาณรถใน 1 วัน

$(y_{1.1})$ = (696+523+548+518+473+463)/6/2072 +
(1227+649+619+425+509+465)/6/13144 +
(487+367+461+530+621+605)/6/5900
= 0.21936

และ $(y_{1.2})$ = (155+177+150+120+92+123)/6/5144
= 0.06563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 ค่าสัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมงต่อ ปริมาณรถใน 1วัน

$(y_{2.1})$ = (155+177+150+120+92+123)/6/2072 +

(285+253+347+392+510+558)/6/5144 +

(343+392+281+237+259+411)/6/4420

= 0.21383

และ $(y_{2.2})$ = (1054+1650+1801+1833+1500+1679)/6/22937

= 0.06914

ภาพที่ 10 ค่าสัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมงต่อ ปริมาณรถใน 1วัน

$(y_{3.1})$ = (1054+1650+1801+1833+1500+1679)/6/22937 +

(1600+1274+1100+1219+1155+958)/6/15774 +

(253+240+313+910+430+412)/6/5550

= 0.22304

และ $(y_{3.2})$ = (144+208+242+243+171+233)/6/1977

= 0.10419

ภาพที่ 5 ค่าสัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมงต่อ ปริมาณรถใน 1วัน

$(y_{4.1})$ = (144+208+242+243+171+233)/6/1977 +

(2053+2662+2257+1508+1263+1258)/6/17504 +

(634+653+545+237+171+244)/6/5200

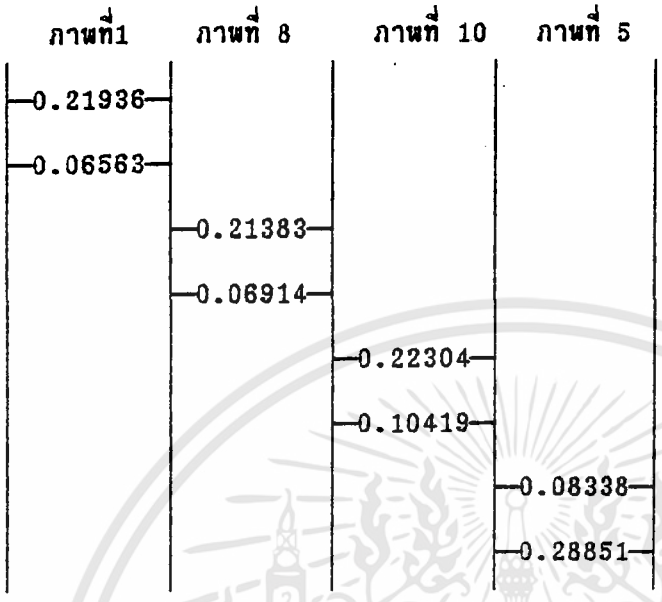
= 0.08338

และ $(y_{4.2})$ = (696+523+548+518+473+463)/6/6428

= 0.28851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าผลรวมสัดส่วนปริมาตรใน 1 ชั่วโมงต่อ 1 วัน (Y)



Y_1 = 0.21936+0.21383+0.22304+0.08338 = 0.739610

Y_2 = 0.21936+0.21383+0.22304+0.28851 = 0.944740

Y_3 = 0.21936+0.21383+0.10419+0.08338 = 0.620760

Y_4 = 0.21936+0.21383+0.10419+0.28851 = 0.825860

Y_5 = 0.21936+0.06914+0.22304+0.08338 = 0.594920

Y_6 = 0.21936+0.06914+0.22304+0.28851 = 0.800050

Y_7 = 0.21936+0.06914+0.10419+0.08338 = 0.476070

Y_8 = 0.21936+0.06914+0.10419+0.28851 = 0.681200

Y_9 = 0.06563+0.21383+0.22304+0.08338 = 0.585880

Y_{10} = 0.06563+0.21383+0.22304+0.28851 = 0.791010

Y_{11} = 0.06563+0.21383+0.10419+0.08338 = 0.467030

Y_{12} = 0.06563+0.21383+0.10419+0.28851 = 0.672160

Y_{13} = 0.06563+0.06914+0.22304+0.08338 = 0.441290

Y_{14} = 0.06563+0.06914+0.22304+0.28851 = 0.646320

Y_{15} = 0.06563+0.06914+0.10419+0.08338 = 0.322340

Y_{16} = 0.06563+0.06914+0.10419+0.28851 = 0.527470

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หาค่ารอบเวลา C_o

$$C_1 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.739610} = 105.610794$$

$$C_2 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.944740} = 497.647461$$

$$C_3 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.620760} = 72.513443$$

$$C_4 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.825860} = 157.946136$$

$$C_5 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.594920} = 67.887825$$

$$C_6 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.800050} = 137.534393$$

$$C_7 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.476070} = 52.487926$$

$$C_8 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.681200} = 86.260971$$

$$C_9 = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.585880} = 66.445869$$

$$C_{10} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.791010} = 131.585220$$

$$C_{11} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.467030} = 51.597649$$

$$C_{12} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.672160} = 83.882378$$

$$C_{13} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.441290} = 49.211720$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{14} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.646320} = 77.753899$$

$$C_{15} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.322340} = 40.580822$$

$$C_{16} = \frac{1.5*(4*3)+ 5}{1-0.527470} = 58.197361$$

4. เลือกค่ารอบเวลาที่มากที่สุด

การเลือกค่ารอบเวลาที่มากที่สุด จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ถ้าค่ารอบเวลาที่มากที่สุด มีค่ามากกว่า 200 วินาที จะกำหนดให้ค่ารอบเวลาที่มากที่สุดเท่ากับ 200 วินาที

จากตัวอย่าง ค่ารอบเวลาที่มากที่สุด เท่ากับ 497.647461 วินาที ดังนั้นจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 200 วินาที

5. คำนวณค่าจังหวะสัญญาณไฟเขียว

$$G_1 = \frac{(300-4*3) * 0.21936}{0.944740} = 44.741600$$

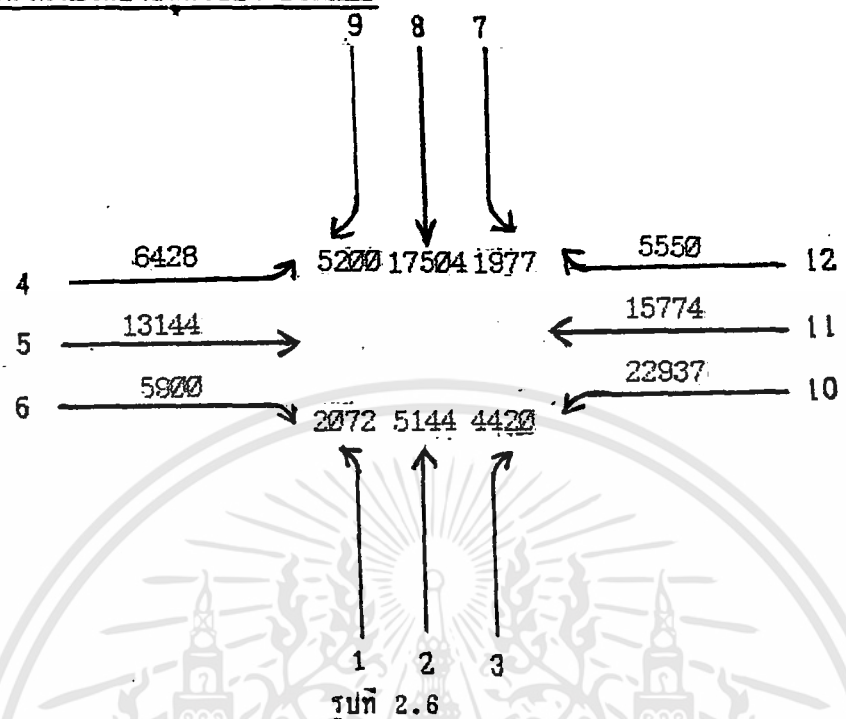
$$G_2 = \frac{(300-4*3) * 0.21383}{0.944740} = 44.588468$$

$$G_3 = \frac{(300-4*3) * 0.22304}{0.944740} = 46.508965$$

$$G_4 = \frac{(300-4*3) * 0.28851}{0.944740} = 60.160964$$

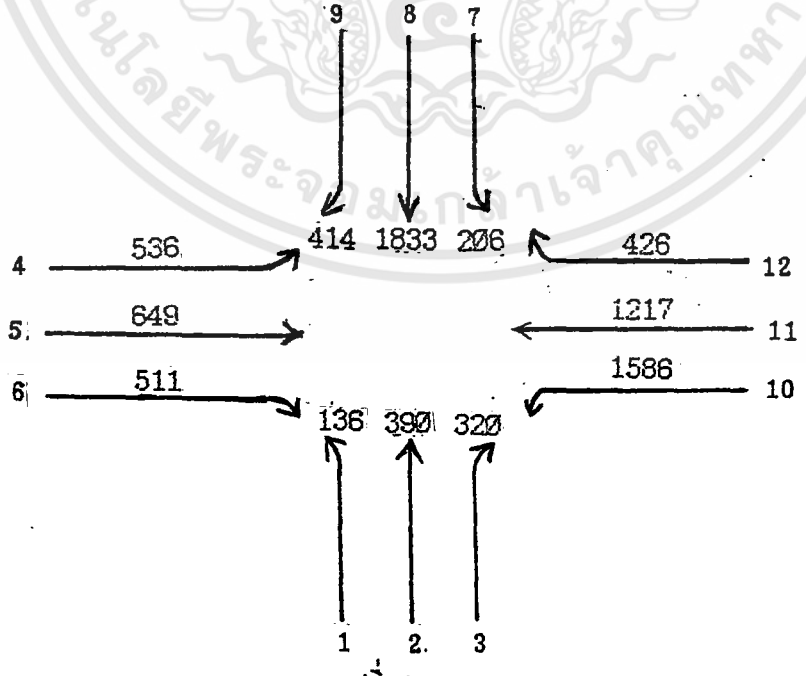
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้สูตรของ DONALD



รูปที่ 2.6

ข้อมูลนี้เป็นปริมาณรวมของการจราจรแต่ละเส้นทางจากตารางที่ 2.4 เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องนำข้อมูลไปหาปริมาณรถเฉลี่ย โดยแบ่งเวลาออกเป็นช่วงเช้าคือ เวลา 7.00 น ถึง 13.00 น และช่วงบ่าย เวลา 13.00 น ถึง 19.00 น ในที่นี้จะใช้เวลาช่วงเช้าเป็นตัวอย่าง



รูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณรถที่ได้ในแต่ละเส้นทางนี้ เป็นปริมาณรถเฉลี่ย โดยนำเอาปริมาณรถทั้ง 6 ชั่วโมงช่วงเช้ามารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนชั่วโมง

แล้วนำปริมาณรถนี้ไปหาอัตราส่วนของรถในช่วงเช้า โดยนำเอาค่าเฉลี่ยที่ได้ในช่วงเช้าและช่วงบ่ายมาคำนวณ

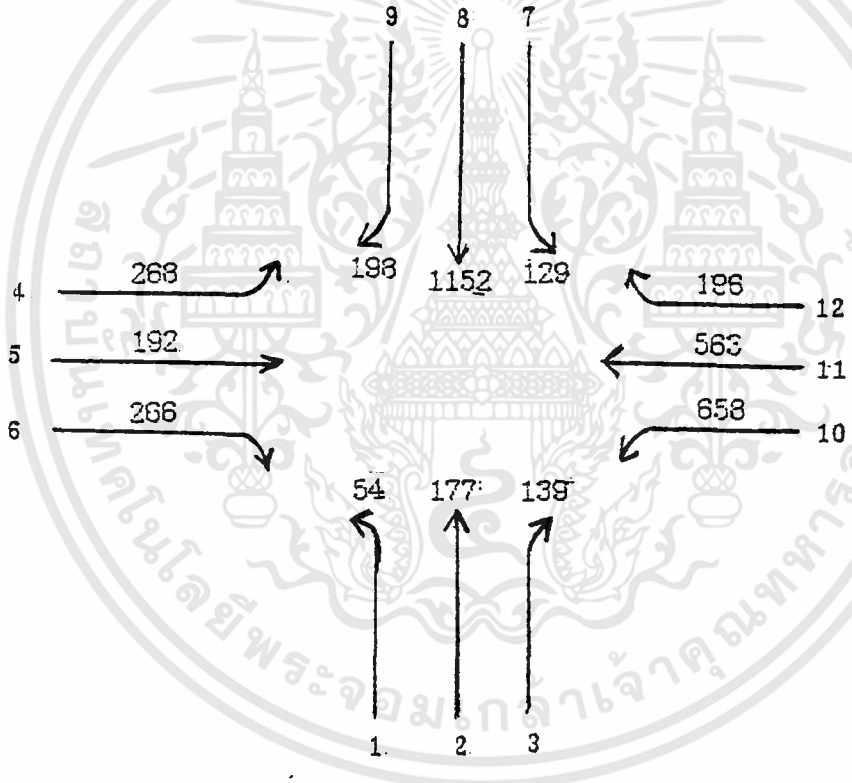
จากรูปที่ 2.2

ในเส้นทางที่ 1 ปริมาณรถเฉลี่ยในช่วงเช้า คือ 136

ปริมาณรถเฉลี่ยในช่วงเช้า คือ 209

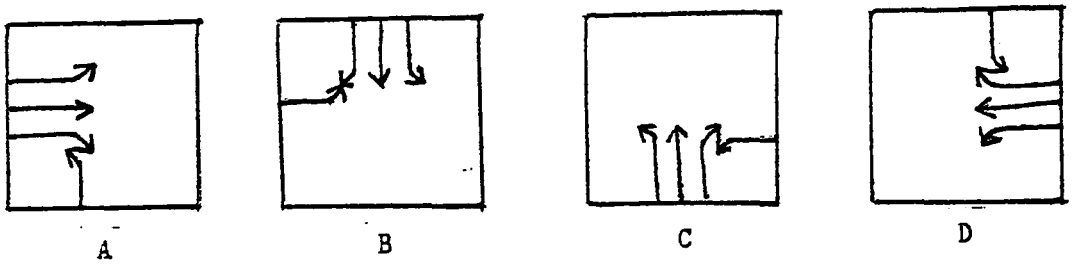
อัตราส่วนปริมาณรถในช่วงเช้า คือ 136/136+209

จากการคำนวณดังกล่าวจะได้ปริมาณรถใหม่ดังนี้



รูปที่ 2.8

เลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟจากรูปที่ 2.5 ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นหาค่าที่มากที่สุดของ V ในแต่ละภาพ จะได้

V_A = 268

V_B = 1152

V_C = 658

V_D = 658

ΣV = 2736

นำค่า ΣV ไปแทนค่าหา C ในสูตร

$$C = \frac{3600\ \phi\ (K-D)}{3600-D\Sigma V}$$

เมื่อ $\phi = 4$, $K = 8$, $D = 1$

$$= \frac{3600*4*7}{3600-2736}$$

$$= 166.6666$$

นำค่า C ไปแทนค่าหา m ในสูตร

$$m = V/3600/C$$

จะได้ m ของรูป A คือ 268/3600/166.6666 = 8.685185

m ของรูป B คือ 1152/3600/166.6666 = 37.333332

m ของรูป C คือ 658/3600/166.6666 = 21.324074

m ของรูป D คือ 658/3600/166.6666 = 21.324074

นำค่า m ที่ได้ไปหาค่าประมาณความผิดพลาดจากตารางที่ 2.4 และจะได้ค่า G ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป	ค่าเฉลี่ยการมา	ค่าประมาณความผิดพลาดของ G								
ϕ	ต่อรอบ	2%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
	m									
A	8.685185	22	21	20	18	17	16	16	15	14
B	37.333332	57	55	52	49	47	46	44	43	41
C	21.324074	38	36	34	32	31	29	28	27	26
D	21.324074	38	36	34	32	31	29	28	27	26

ค่า C ที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกับ 166 ดังนั้น ค่าประมาณความผิดพลาดจะได้ประมาณ 50% และค่า G สำหรับแต่ละรูปที่ได้มีดังนี้

รูป A ได้ 16 วินาที

รูป B ได้ 44 วินาที

รูป C ได้ 28 วินาที

รูป D ได้ 28 วินาที

จากรูปเส้นทาง 11 รูป ใช้ในการคำนวณ โดยจะกำหนดให้เลือกรูปเส้นทางได้ 4-6 รูป หลักเกณฑ์ในการเลือกรูป คือ พยายามเลือก ให้ทุกเส้นทางมีการเปิดสัญญาณไฟเขียวใน 1 รอบเวลา

จากทฤษฎีกราฟ จะเลือกรูปแบบการเปิดสัญญาณไฟ ได้ 11 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 คือ รูป 1, 8, 10, 5

แบบที่ 2 คือ รูป 1, 11, 3, 10, 4

แบบที่ 3 คือ รูป 7, 8, 2, 9, 5

แบบที่ 4 คือ รูป 6, 8, 2, 10, 5

แบบที่ 5 คือ รูป 6, 2, 11, 3, 10, 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 6 คือ รูป 2, 7, 8, 10, 5

แบบที่ 7 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 5

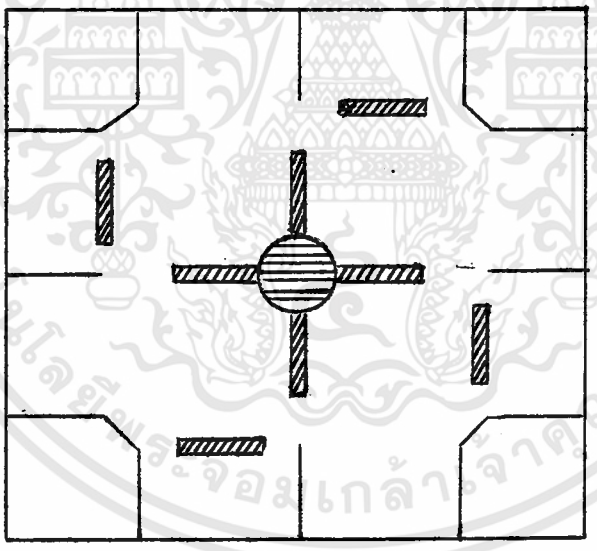
แบบที่ 8 คือ รูป 3, 7, 2, 11, 10, 5

แบบที่ 9 คือ รูป 4, 7, 2, 8, 10, 5

แบบที่ 10 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 4

แบบที่ 11 คือ รูป 6, 2, 8, 10, 5

จากข้อมูลปริมาณรถ และเส้นทางที่เป็นไปได้ เราสามารถนำไปคำนวณหารอบเวลาสัญญาณไฟ และจังหวะสัญญาณไฟเขียวของแต่ละตู้สัญญาณไฟ ซึ่งที่อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีทั้งหมด 8 ตู้ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพสัญญาณไฟบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

จากข้อมูลตามตารางที่ 2.5 และแบบการเปิดสัญญาณไฟ 11 แบบ สามารถหารอบสัญญาณไฟได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณโดยใช้สูตรของ WEBSTER

แบบที่ 1 คือ รูป 1, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 45.74 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 44.58 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 46.50 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 60.16 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 77.67 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 79.18 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 17.10 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 23.03 วินาที

แบบที่ 2 คือ รูป 1, 11, 3, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 47.71 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 30.76 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 30.02 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 48.51 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 39.98 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 65.19 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 28.75 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 19.33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 64.38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 19.33 วินาที

แบบที่ 3 คือ รูป 7, 8, 2, 9, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 54.37 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 87.58 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 26.88 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 9 0.00 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 34.15 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 47.44 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 67.64 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 23.89 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 9 44.34 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 19.67 วินาที

แบบที่ 4 คือ รูป 6, 8, 2, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 35.58 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 57.32 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 27.93 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 59.79 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 22.35 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 49.56 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 24.12 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 40.30 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 68.45 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 20.55 วินาที

แบบที่ 5 คือ รูป 6, 2, 11, 3, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 34.73 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 17.17 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 54.65 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 18.08 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 27.26 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 48.08 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 42.06 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 13.12 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 26.28 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 41.47 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 58.84 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 17.66 วินาที

แบบที่ 6 คือ รูป 2, 7, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 46.66 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 40.15 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 58.69 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 28.59 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 22.88 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 54.20 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 62.19 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 32.43 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 20.52 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 27.63 วินาที

แบบที่ 7 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 43.60 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21.55 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 70.23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 34.22 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 27.38 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 72.61 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 36.56 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 35.33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 22.36 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 30.11 วินาที

แบบที่ 8 คือ รูป 3, 7, 2, 11, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 28.98 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 27.88 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 13.78 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 43.87 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 21.88 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 60.59 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 34.70 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 35.65 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 17.95 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 21.99 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 49.23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 37.46 วินาที

แบบที่ 9 คือ รูป 4, 7, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 21.66 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 41.60 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 53.27 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 21.66 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 32.65 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 26.13 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 10.37 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 37.74 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 30.70 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 18.37 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 52.13 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 39.66 วินาที

แบบที่ 10 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 43.60 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21.55 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 70.23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 34.22 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 27.38 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 49.50 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 24.92 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 70.58 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 15.25 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 36.73 วินาที

แบบที่ 11 คือ รูป 6, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 44.26 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21.88 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 71.30 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 34.74 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 27.80 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 200 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 73.71 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 37.12 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 35.87 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 22.70 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 30.57 วินาที

การคำนวณโดยใช้สูตรของ DONALD

แบบที่ 1 คือ รูป 1, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 155 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 17 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 28 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 42 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 28 วินาที

ค่าความผิดพลาด 10%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

รอบเวลาสัญญาณไฟ 198 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 52 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 61 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 24 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 50%

แบบที่ 2 คือ รูป 1, 11, 3, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 21 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 61 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 39 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 104 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 1 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 11 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 24 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 24 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 24 วินาที

แบบที่ 3 คือ รูป 7, 8, 2, 9, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลารอบสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 9 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 143 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 13 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 9 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 16 วินาที

แบบที่ 4 คือ รูป 6, 8, 2, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 143 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 13 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 16 วินาที

แบบที่ 5 คือ รูป 6, 2, 11, 3, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 202 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 17 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 53 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 33 วินาที

ค่าความผิดพลาด 60%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 113 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 10 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 11 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 23 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 6 คือ รูป 2, 7, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 143 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 13 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 16 วินาที

แบบที่ 7 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 39 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 143 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 13 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 16 วินาที

แบบที่ 8 คือ รูป 3, 7, 2, 11, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 176 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 26 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 26 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 14 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 42 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 26 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 42 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 142 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 3 34 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 34 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 12 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 11 14 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 34 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 14 วินาที

แบบที่ 9 คือ รูป 4, 7, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 202 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 17 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 33 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 53 วินาที

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 113 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 10 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 11 วินาที

แบบที่ 10 คือ รูป 7, 2, 8, 10, 4

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 192 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 40 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 40 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 40 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 40 วินาที

ค่าความผิดพลาด 5%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลาสัญญาณไฟ 102 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 7 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 10 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 23 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 4 23 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 11 คือ รูป 6, 2, 8, 10, 5

ช่วงเวลาตอนเช้า

รอบเวลาสัญญาณไฟ 199 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 21 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 39 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 61 วินาที

ค่าความผิดพลาด 20%

ช่วงเวลาตอนบ่าย

ค่าผิดพลาดมากเกินไปที่จะหาสัญญาณไฟได้

จึงใช้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 70%

รอบเวลารอบสัญญาณไฟ 143 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 6 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 2 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 8 13 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 10 38 วินาที

สัญญาณไฟเขียวรูปที่ 5 16 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

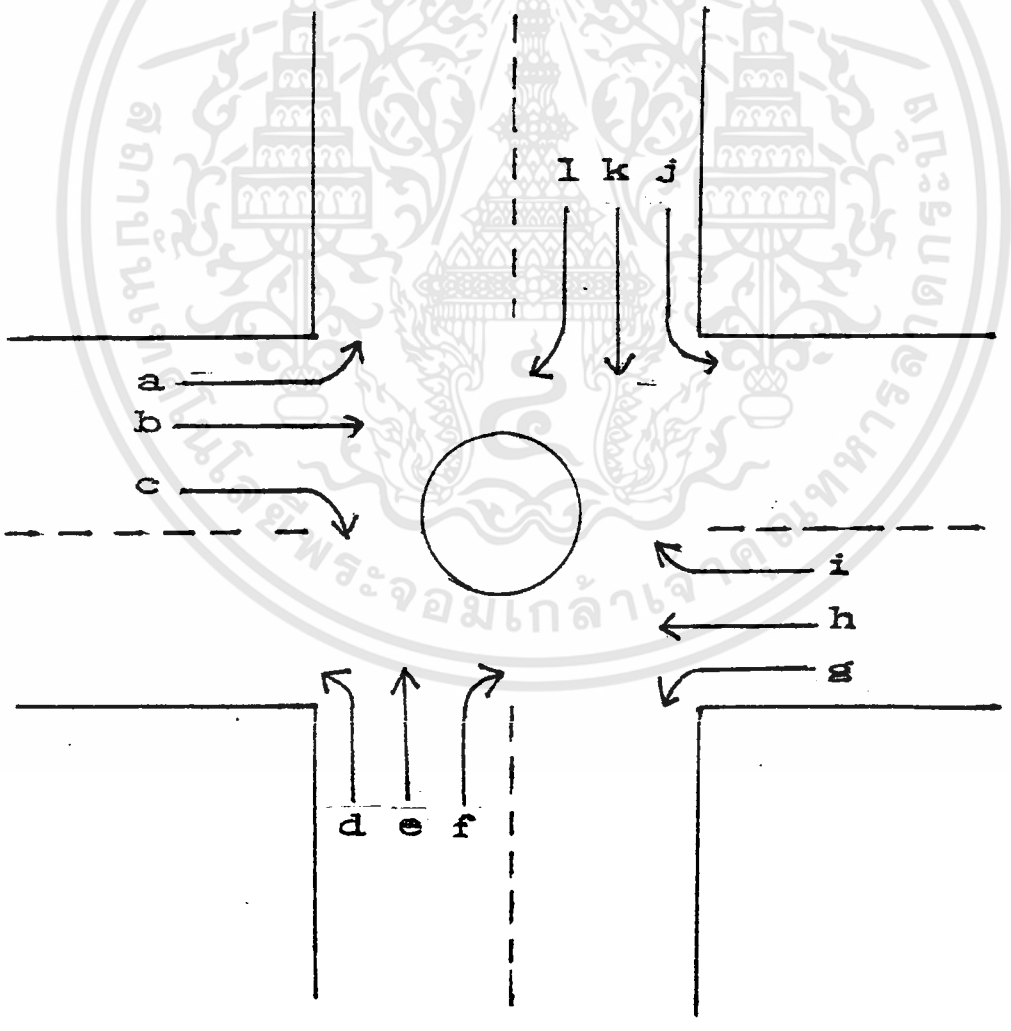
การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. การหาภาพการเปิดสัญญาณไฟ
2. การคำนวณรอบเวลาสัญญาณจราจร
3. การจำลองแบบการจราจรตามรอบเวลาที่คำนวณได้

1.การหาภาพการเปิดสัญญาณไฟ

พิจารณาการจราจร ณ บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป จะเห็นว่ามีเส้นทางการจราจรทั้งหมด 12 เส้นทาง คือ a-l

-พิจารณาเส้นทาง a ขณะที่เส้นทาง a วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ b,c,d,f,g,h,j,k,l

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ab,ac,ad,af,ag,ah,aj,ak,al

-พิจารณาเส้นทาง b ขณะที่เส้นทาง b วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,c,d,g,h

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ab,bc,bd,bg,bh

-พิจารณาเส้นทาง c ขณะที่เส้นทาง c วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,b,d,i,j

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ac,ab,cd,ci,cj

-พิจารณาเส้นทาง d ขณะที่เส้นทาง d วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,b,c,e,f,g,i,j,k

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ad,bd,cd,de,df,dg,di,dj,dk

-พิจารณาเส้นทาง e ขณะที่เส้นทาง e วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ d,f,g,j,k

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ de,ef,eg,ej,ek

-พิจารณาเส้นทาง f ขณะที่เส้นทาง f วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,d,e,g,l

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ af,df,ef,fg,fl

-พิจารณาเส้นทาง g ขณะที่เส้นทาง g วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,b,d,e,f,h,i,j,l

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ag,bg,dg,eg,fg,gh,gi,gj,gl

-พิจารณาเส้นทาง h ขณะที่เส้นทาง h วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,b,g,i,j

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ag,bh,gh,hi,hj

-พิจารณาเส้นทาง i ขณะที่เส้นทาง i วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ c,d,g,h,j

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ci,di,gi,hi,ij

-พิจารณาเส้นทาง j ขณะที่เส้นทาง j วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,c,d,e,g,h,i,k,l

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ aj,cj,dj,ej,gj,hj,ij,jk,jl

-พิจารณาเส้นทาง k ขณะที่เส้นทาง k วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,d,e,j,l

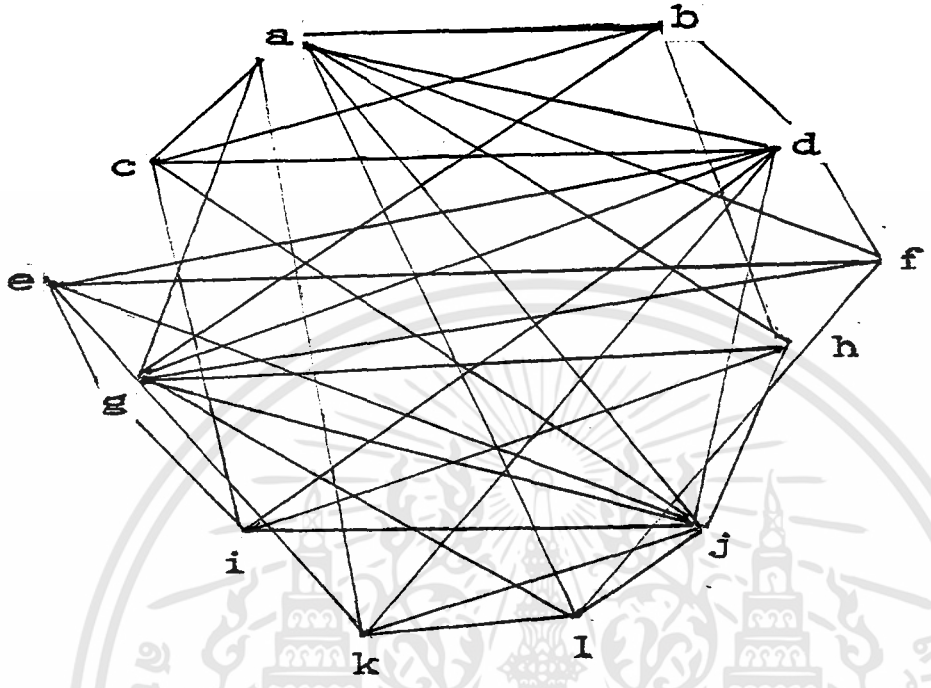
ดังนั้นทำให้เกิดขอบ ak,dk,ek,jk,kl

-พิจารณาเส้นทาง l ขณะที่เส้นทาง l วิ่ง จะไม่เกิดการชนกับ a,f,g,j,k

ดังนั้นทำให้เกิดขอบ al,fl,gl.jl,kl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้เส้นทาง a-l เป็นจุดยอดของกราฟ และวาดกราฟตามเส้นขอบที่ได้ จะได้กราฟดังรูป



-พิจารณาจุดยอด a สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี a เป็นสมาชิก คือ abcd,abdg,abgh, afgl,adfg,acdj,agjl,ajkl

-พิจารณาจุดยอด b สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี b เป็นสมาชิก คือ abcd,abdg,abgh

-พิจารณาจุดยอด c สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี c เป็นสมาชิก คือ abcd,cdij

-พิจารณาจุดยอด d สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี d เป็นสมาชิก คือ abcd,cdij,defg, adfg,dejk,dgij

-พิจารณาจุดยอด e สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี e เป็นสมาชิก คือ defg,dejk

-พิจารณาจุดยอด f สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี f เป็นสมาชิก คือ afgl,adfg,defg

-พิจารณาจุดยอด g สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี g เป็นสมาชิก คือ abdg,abgh,afgl, adfg,defg,ghij,dgij

-พิจารณาจุดยอด h สับกราฟสัมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี h เป็นสมาชิก คือ abgh,ghij

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-พิจารณาจุดยอด i สับกราฟสมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี i เป็นสมาชิก คือ cdij,dgij,ghij

-พิจารณาจุดยอด j สับกราฟสมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี j เป็นสมาชิก คือ cdij,dgij,ghij, acdj,agjl,ajkl,dejk

-พิจารณาจุดยอด k สับกราฟสมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี k เป็นสมาชิก คือ ajkl,dejk

-พิจารณาจุดยอด l สับกราฟสมบูรณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่มี l เป็นสมาชิก คือ afgl,agjl,ajkl

นำสับกราฟสมบูรณ์ทั้งหมดที่หาได้นั้น มาพิจารณาร่วมกับการจราจร ณ บริเวณ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ จะได้จำนวนการเปิดเส้นทางการจราจร ดังนี้

1.abcd
2.acdj
3.agjl
4.ajkl
5.abdg
6.abgh
7.cdij
8.defg
9.dgij
10.ghij
11.dejk

ดังแสดงในรูปที่ 2.10

2.การคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟ

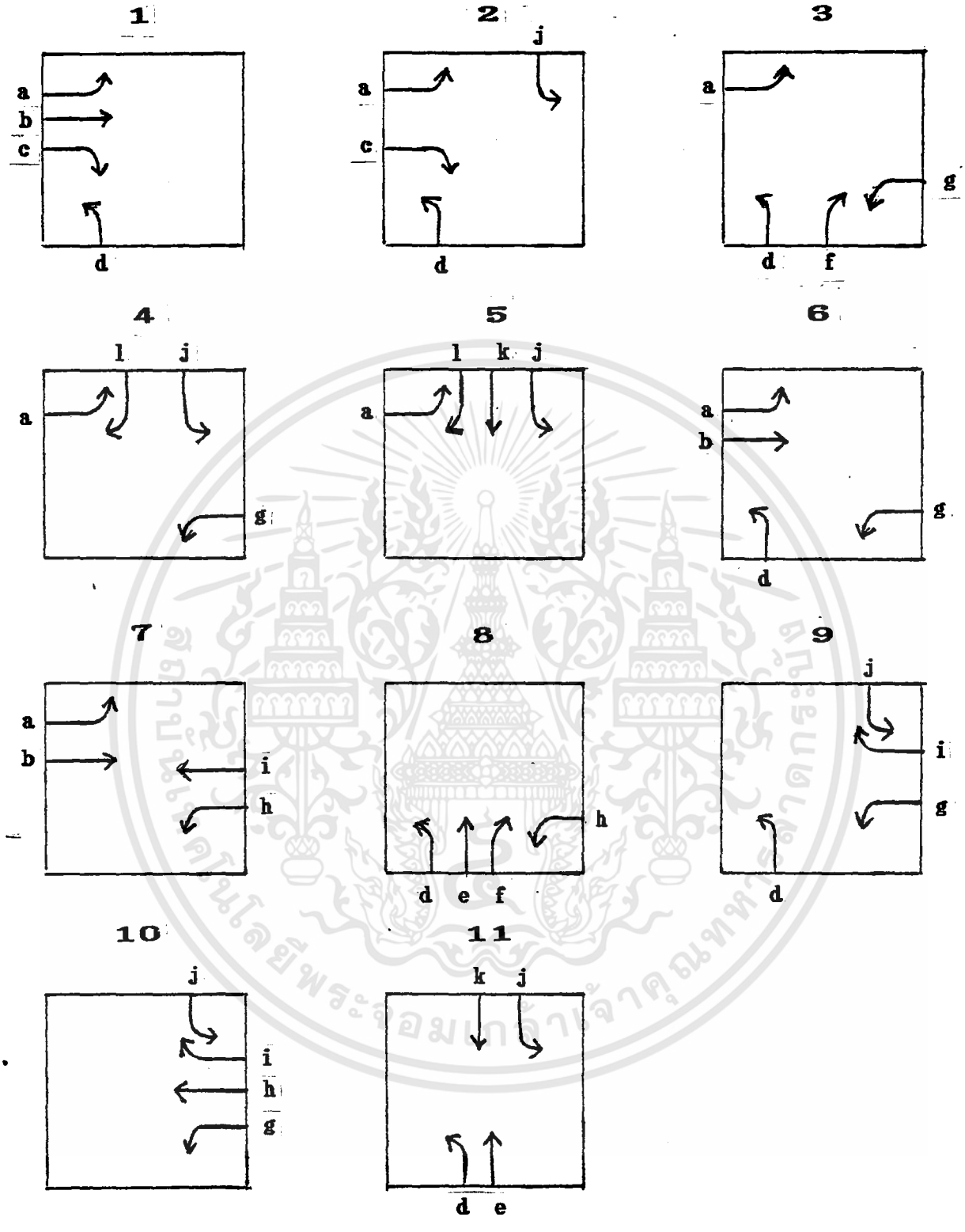
สูตรในการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟ ที่ได้ทำการศึกษา มี 2 สูตร คือ

1. สูตรของ WEBSTER
2. สูตรของ DONALD

การคำนวณรอบสัญญาณไฟมีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้ คือ

1. เลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟ
2. คำนวณค่าสัดส่วนปริมาณรถใน 1 ชั่วโมงต่อ 1 วันของแต่ละเส้นทางในแต่ละภาพการเปิดสัญญาณไฟลงในแฟ้มข้อมูล
3. เลือกสูตรที่ใช้ในการคำนวณ
4. เลือกช่วงเวลาที่ต้องการจำลองแบบ คือช่วงเช้า หรือช่วงเย็น
5. คำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟตามสูตรที่ได้ทำการเลือก
6. คำนวณจังหวะสัญญาณไฟเขียวของแต่ละภาพ
7. แสดงผลการคำนวณรอบสัญญาณไฟและจังหวะของสัญญาณไฟเขียวของแต่ละภาพ

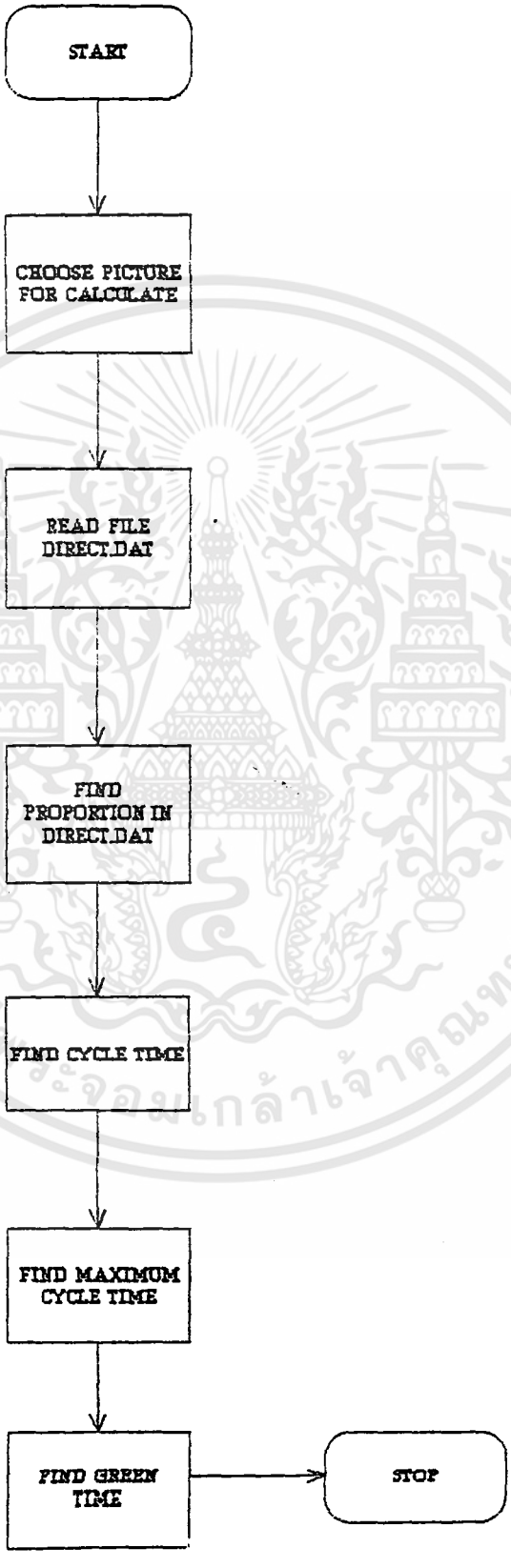
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เส้นทางการจราจร

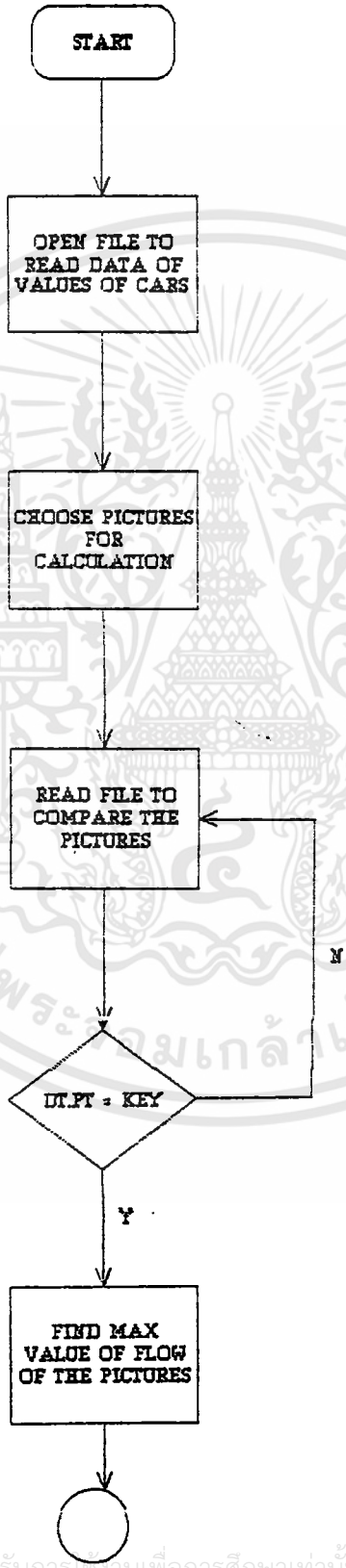
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การคำนวณรอบเวลาของ WEBSTER มีขั้นตอนการทำงาน ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การคำนวณรอบเวลาของ DONALD มีขั้นตอนการทำงานดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การจำลองแบบระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

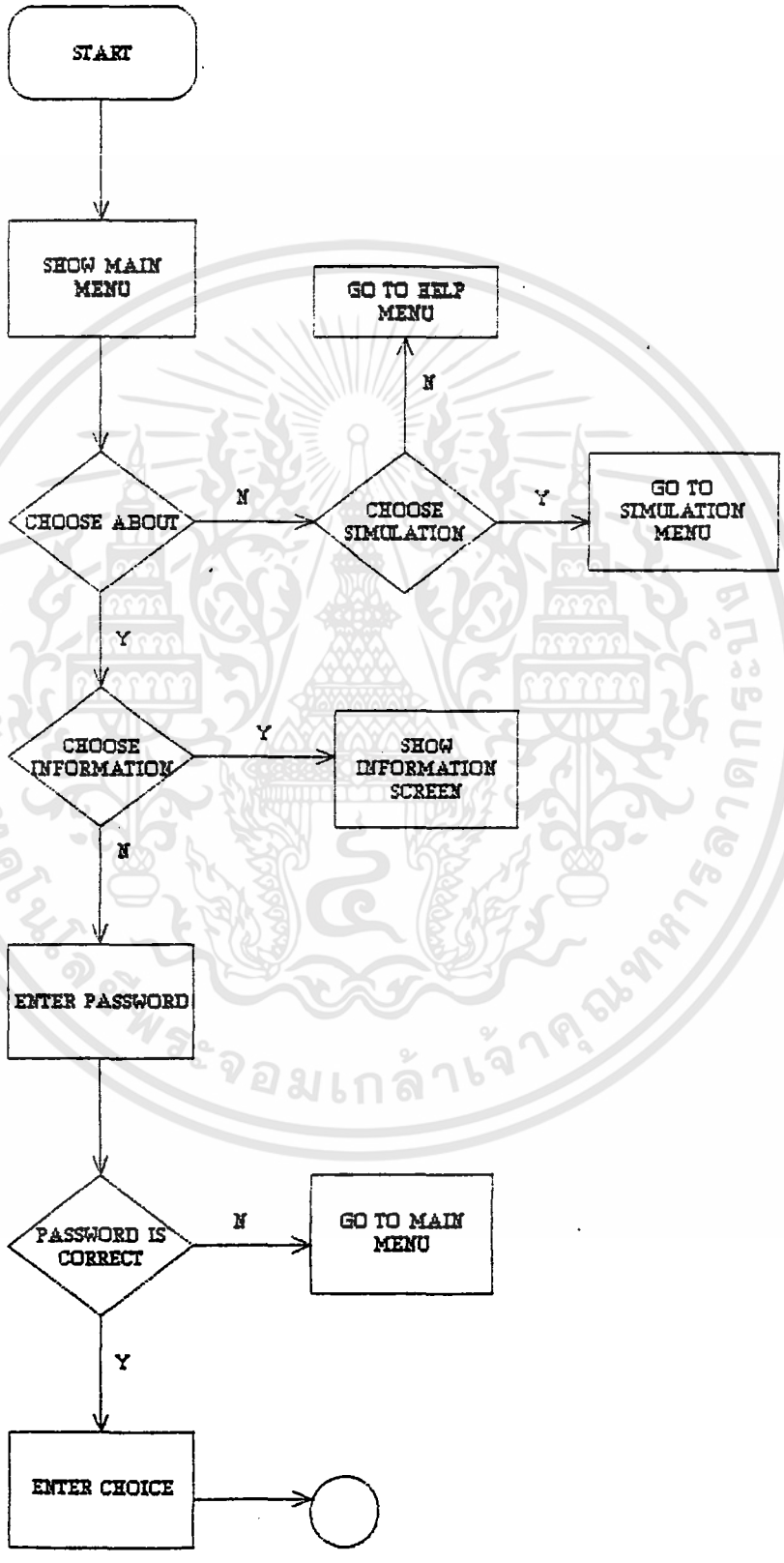
การจำลองแบบระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. การจำลองแบบจากข้อมูลปริมาณการจราจรที่เก็บรวบรวมได้ โดยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 19.00 น. ในแบบจำลองนี้ได้ทำการแบ่งการจำลองแบบเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ตั้งแต่เวลา 7.00-12.00 น. และช่วงเย็น ตั้งแต่เวลา 13.00-19.00 น.

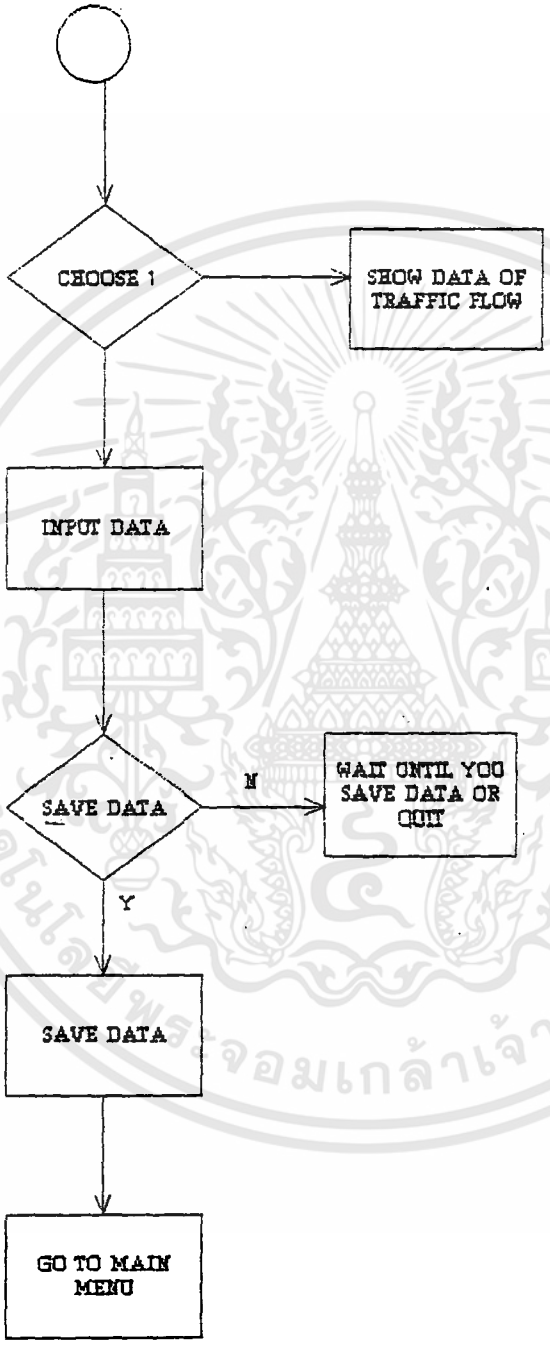
2. การจำลองแบบโดยให้เลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟด้วยตนเอง ผู้ใช้จะต้องเลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟ 4-6 ภาพ โดยมีหลักเกณฑ์ที่ว่า จะต้องให้ทุกเส้นทางได้รับสัญญาณไฟเขียวใน 1 รอบเวลา จากนั้นทำการเลือกสูตรคำนวณรอบเวลา และช่วงเวลาที่ต้องการจำลองแบบ แล้วโปรแกรมจะแสดงภาพจำลองสภาพการจราจรตามลำดับการเปิดสัญญาณไฟตามที่ผู้ใช้เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม

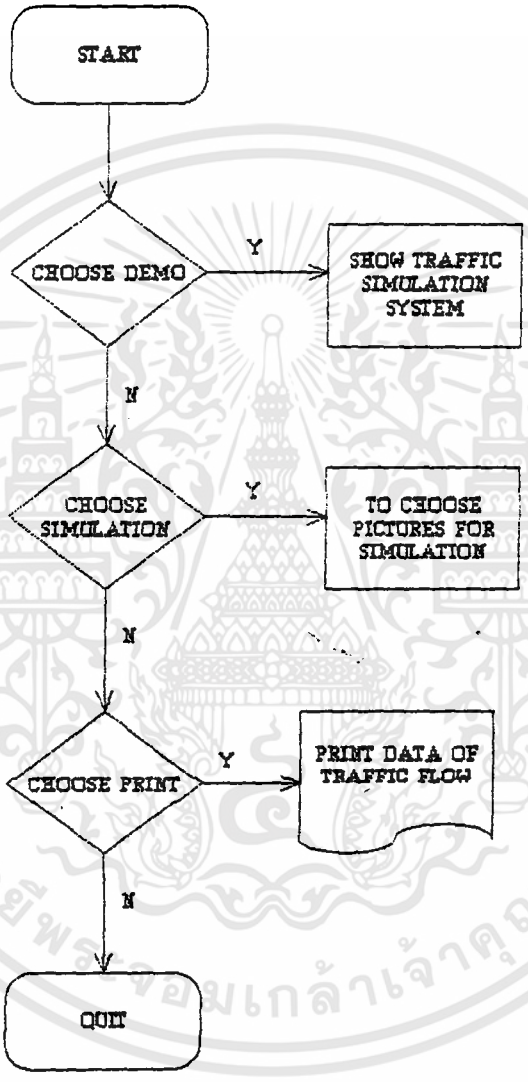


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงการทำงานของเมนู Operation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

จากการวิจัยนี้ ทำให้ได้โปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองระบบการจราจรสำหรับบริเวณสี่แยกอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ โดยสามารถเลือกใช้สูตรของ WEBSTER หรือ DONALD แต่จากการวิจัยพบว่าสูตรของ WEBSTER และ DONALD ไม่สามารถนำมาใช้กับสภาพการจราจรแบบการไหลเกินจุดอิ่มตัวได้ เช่น บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิในช่วงเย็น เนื่องจากการไหลของรถที่เข้าสู่ทางแยกตามสมมติฐานของ WEBSTER และ DONALD ต้องมีการกระจายแบบ ปัวซอง(POISSON) แต่ปริมาณรถบริเวณทางแยกในบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิในช่วงเย็นมีปริมาณที่สูง ทำให้การไหลของรถมีอัตราสม่ำเสมอ ไม่ใช่เป็นแบบปัวซอง ดังนั้น เมื่อใช้สูตรของ WEBSTER และ DONALD จึงมีค่าคลาดเคลื่อน

4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมินั้น ควรจะมีการคำนึงถึงปริมาณของรถแต่ละชนิด เช่น รถเมล์ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ รถรับจ้าง รถส่วนตัว เป็นต้น เพื่อนำมาศึกษาและสามารถทำการจำลองแบบได้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด

2. การหารอบเวลาที่เหมาะสมของการเปิดสัญญาณไฟ นอกจากจะใช้สูตรในการคำนวณแล้ว ควรหาวิธีการอื่นอีกที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ถูกจุดมากที่สุด เช่น การเพิ่มช่องทางให้รถวิ่งในช่วงเวลาที่การจราจรหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. จากการเก็บข้อมูล รถคันที่ต้องการเลี้ยวซ้ายจะอยู่ในช่องทางขวาซ้าย แต่เนื่องจากรถบางคันที่ไม่ได้เลี้ยวซ้ายได้วิ่งไปในช่องทางเดินรถเลี้ยวซ้าย ทำให้การเก็บข้อมูลปริมาณรถในช่องทางเลี้ยวซ้ายคลาดเคลื่อน

2. ในขณะเก็บข้อมูลปริมาณรถ หากมีรถเข้ามาหนาแน่นมาก อาจทำให้การบันทึกข้อมูลปริมาณรถคลาดเคลื่อนได้

3. ถ้าวันใดที่มีการจราจรหนาแน่นมากๆ หรือเกิดอุบัติเหตุขึ้น ระบบจำลองแบบนี้ก็ไม่เหมาะสมในการใช้เปิดสัญญาณไฟ ยังคงต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ตำรวจในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

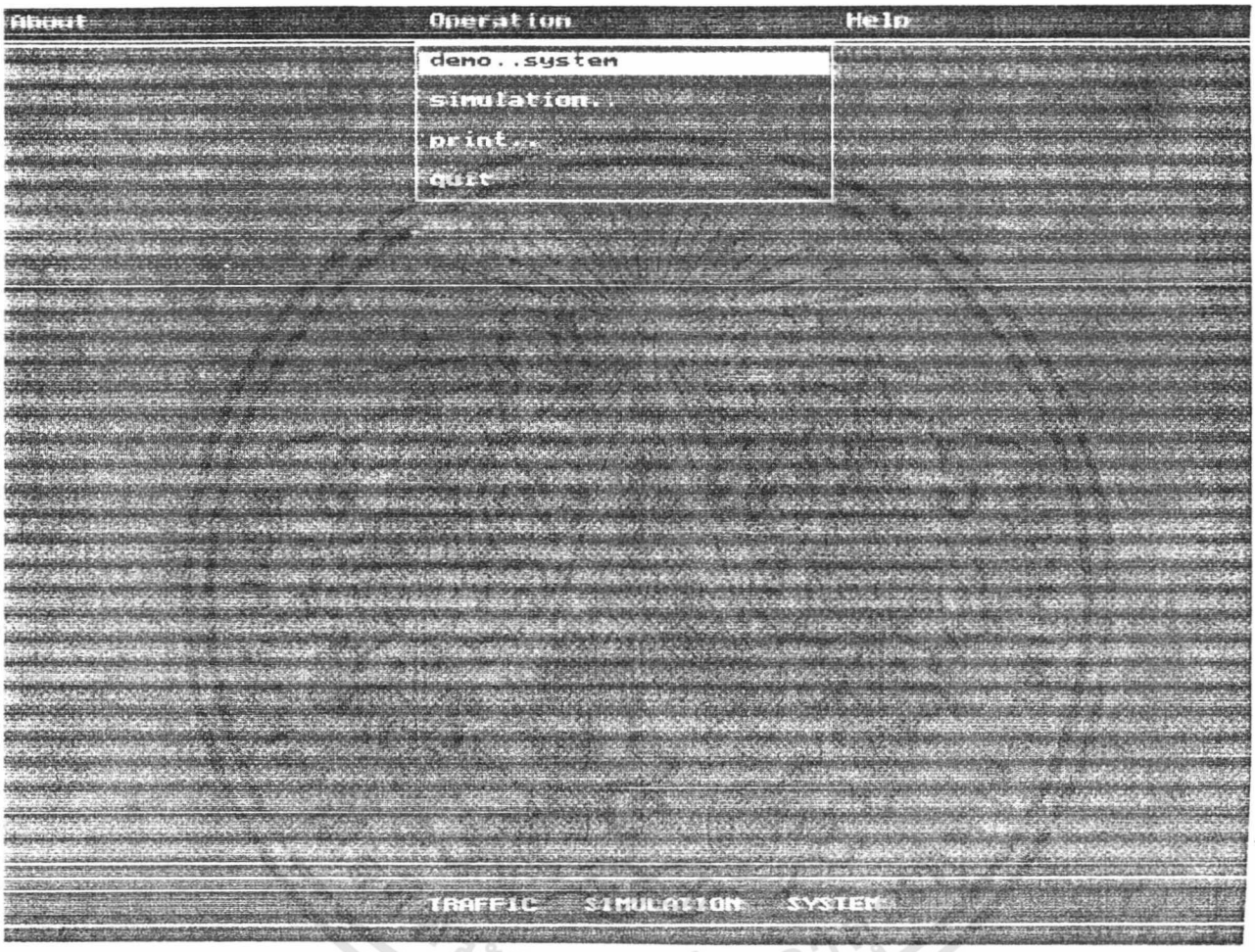
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้โปรแกรม

วิธีการใช้โปรแกรมระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร เมื่อท่านต้องการเข้าสู่โปรแกรมระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร ให้กระทำดังนี้

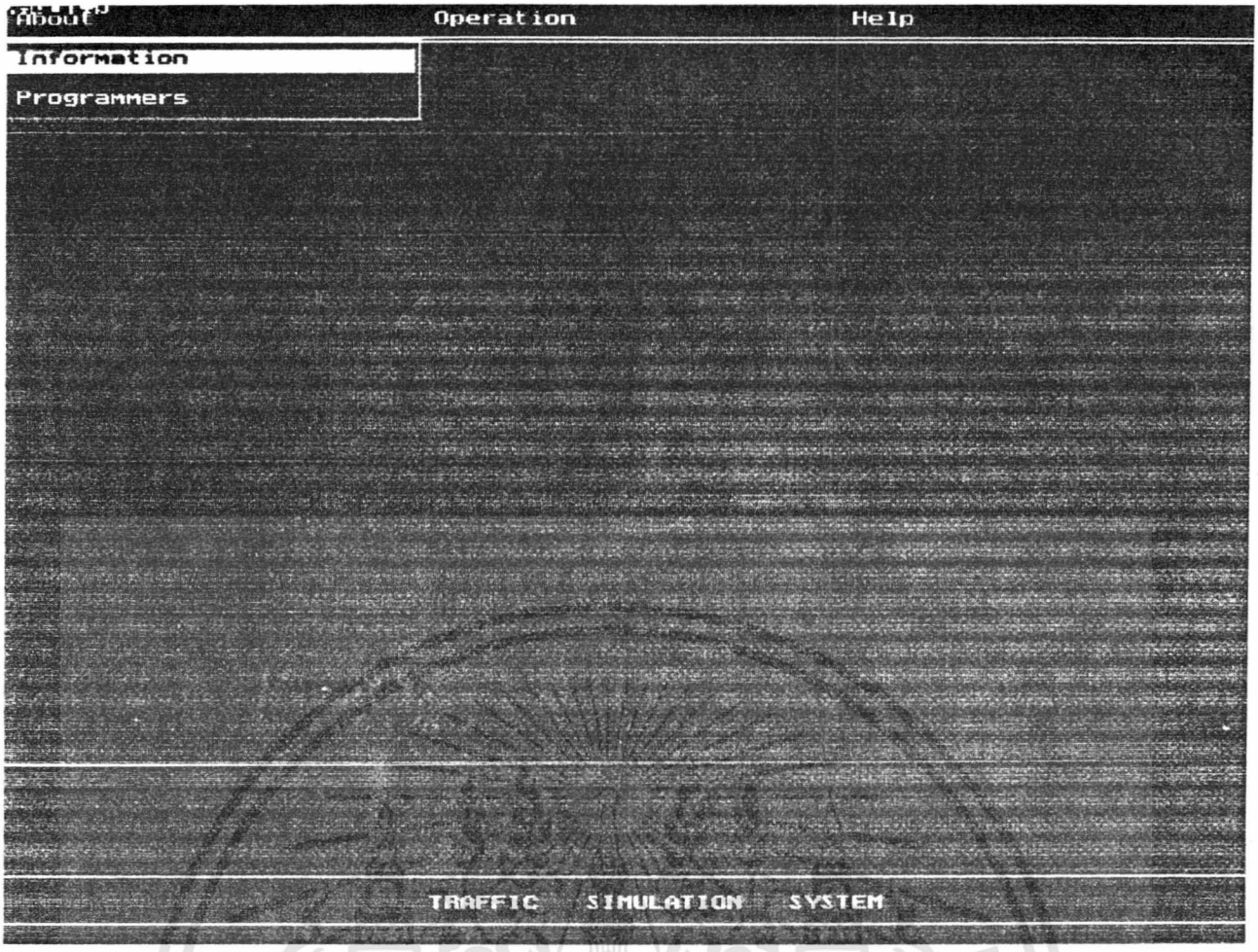
A:>SIM1

แล้วกด Enter จะปรากฏเมนูหลัก ดังรูป

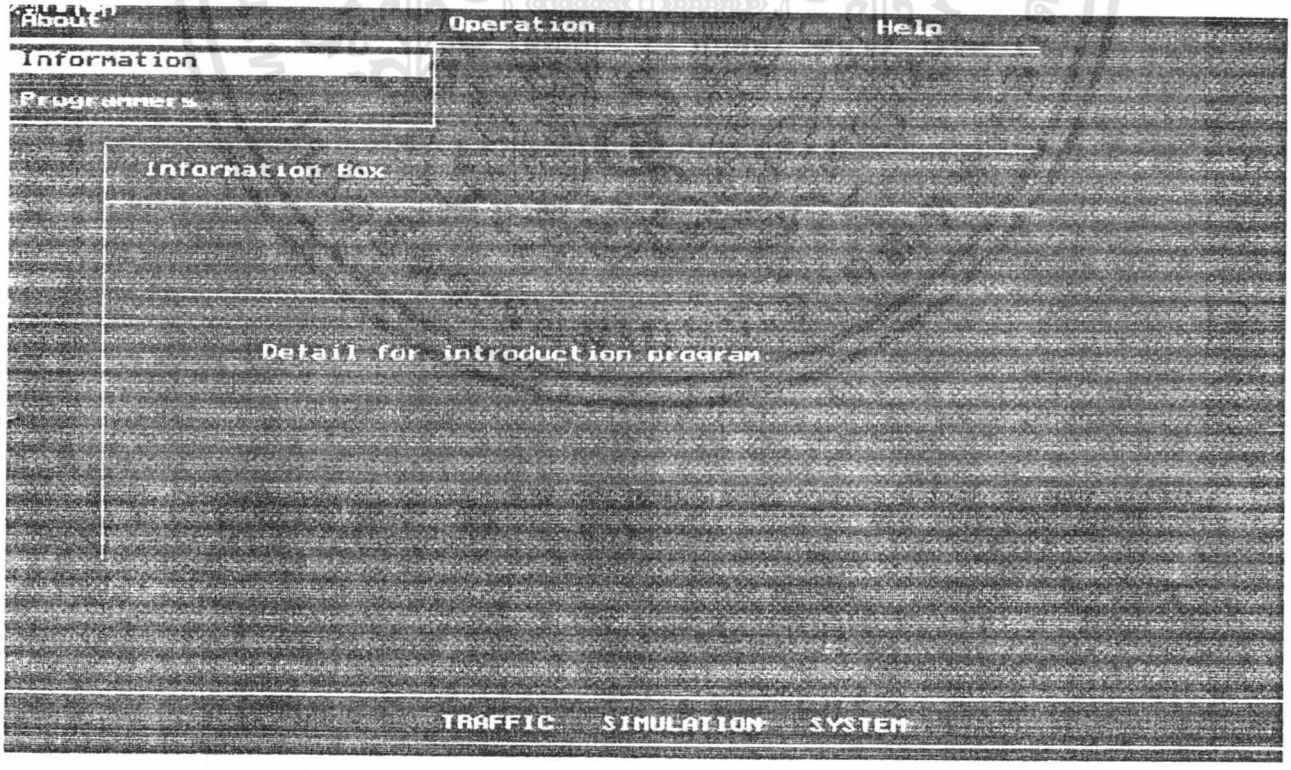


ถ้าท่านเลือก About จะปรากฏเมนูย่อย ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

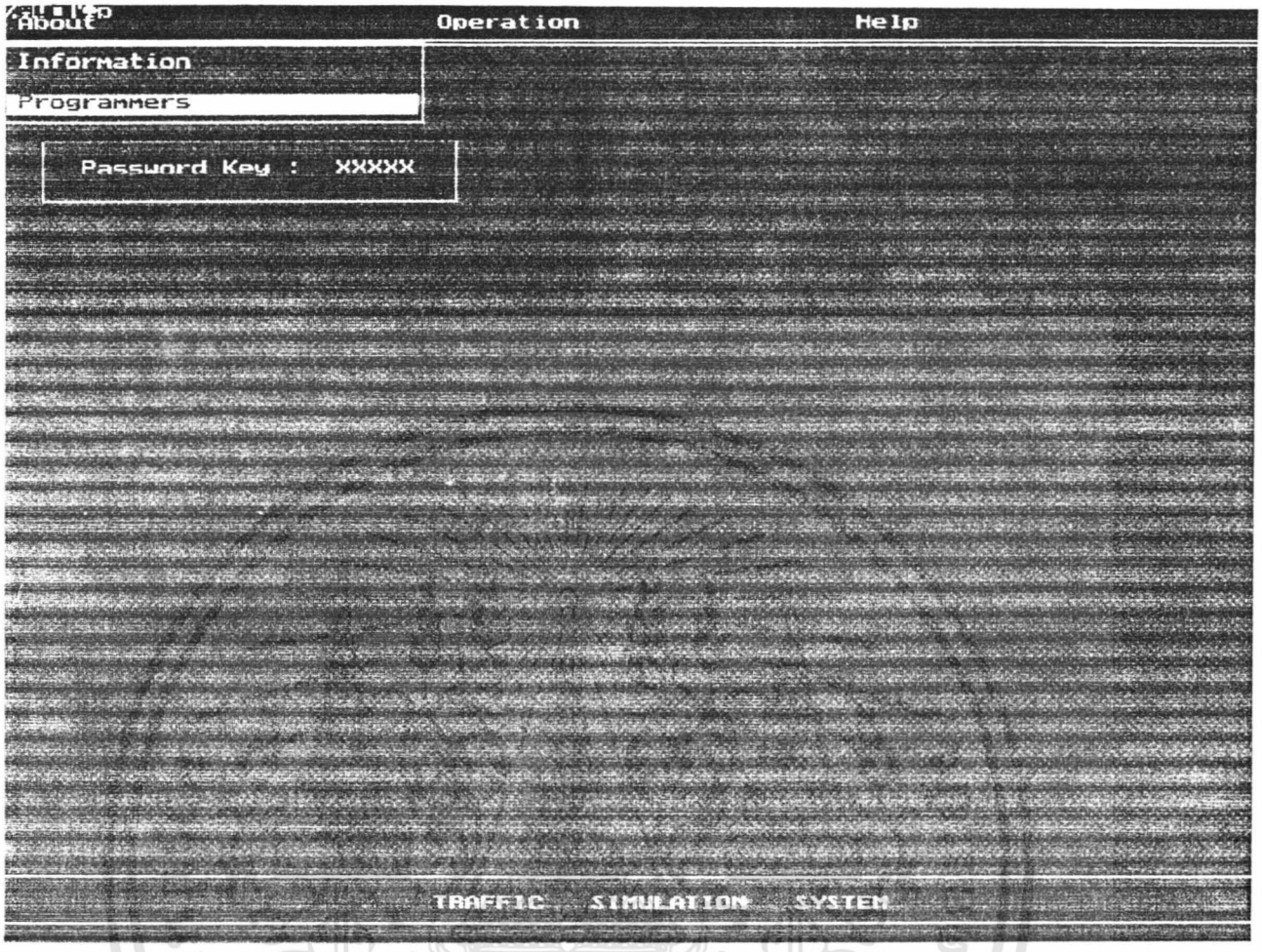


-ถ้าเลื่อนแถบสว่างไปที่ Information จะปรากฏกรอบข้อความอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรม ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ถ้าเลื่อนแถบสว่างมาที่ Programmer จะปรากฏ Password ให้ใส่เพื่อเข้าสู่การแก้ไข
โปรแกรม ดังรูป



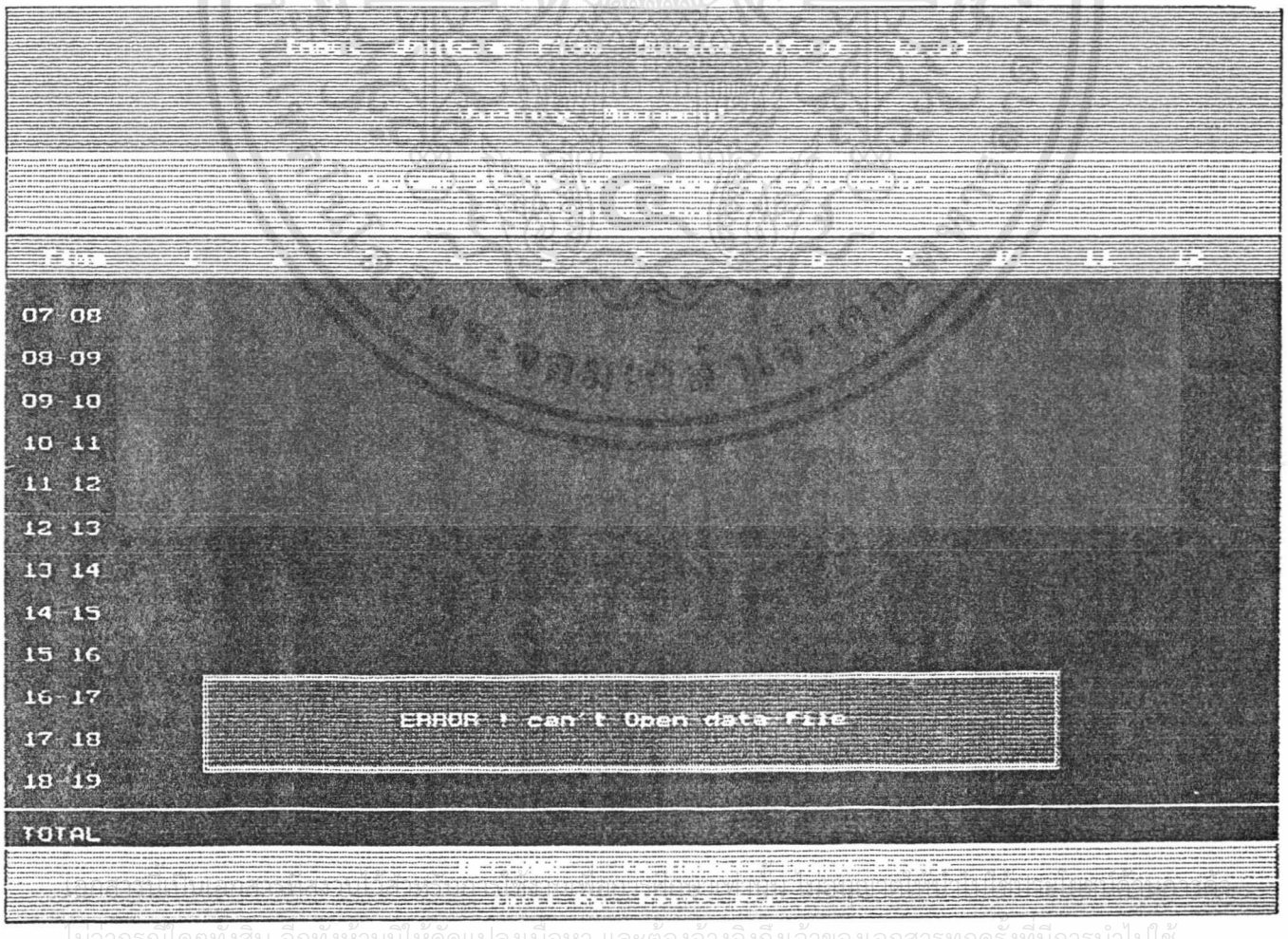
ถ้าใส่ Password ที่ถูกต้ององ จะปรากฏตัวเลือกให้ 2 ข้อ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHOICE :

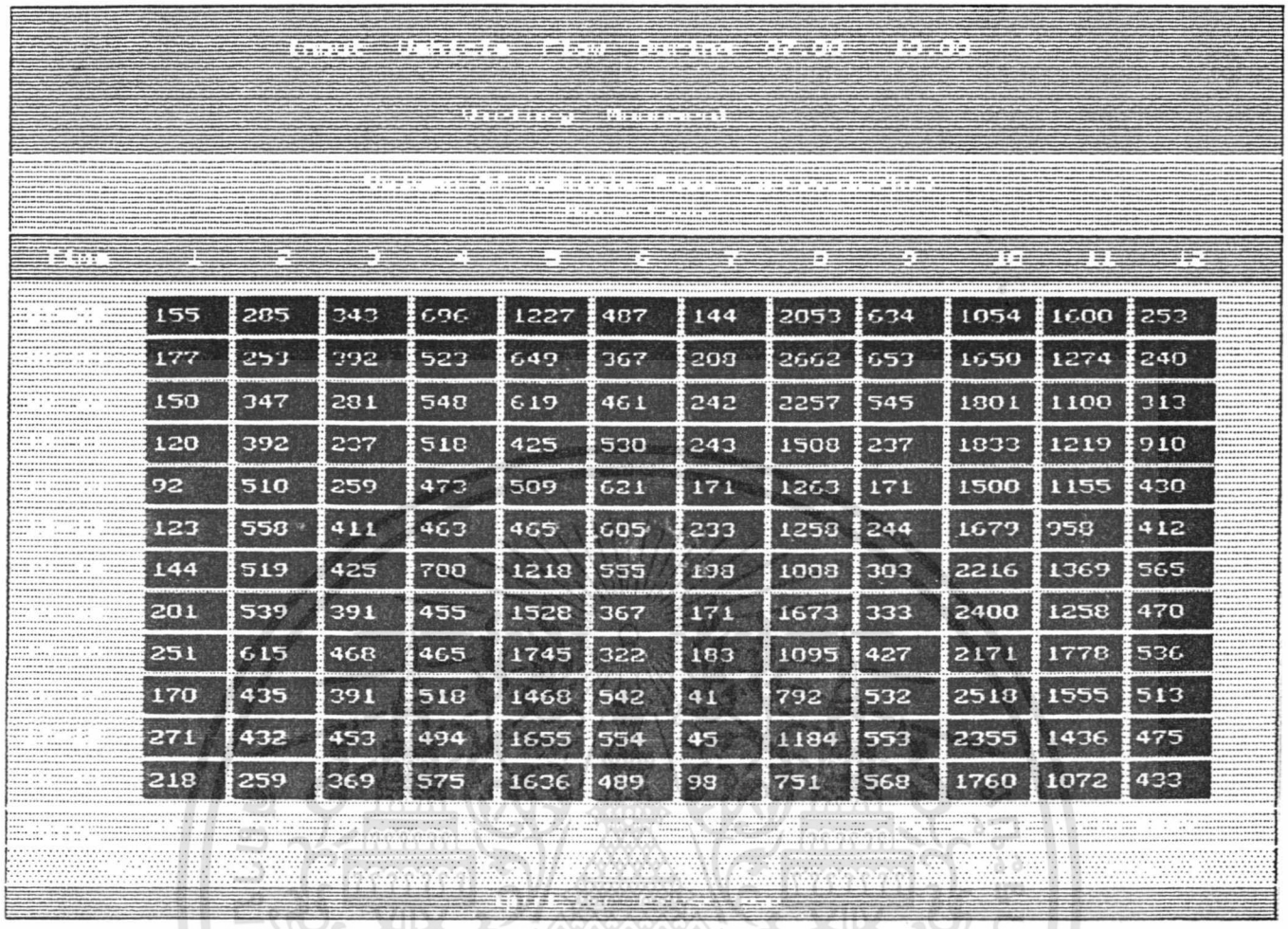
(1) For Watch Volumn of Vehicle Data

(2) For Update Volumn of Vehicle Data



ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

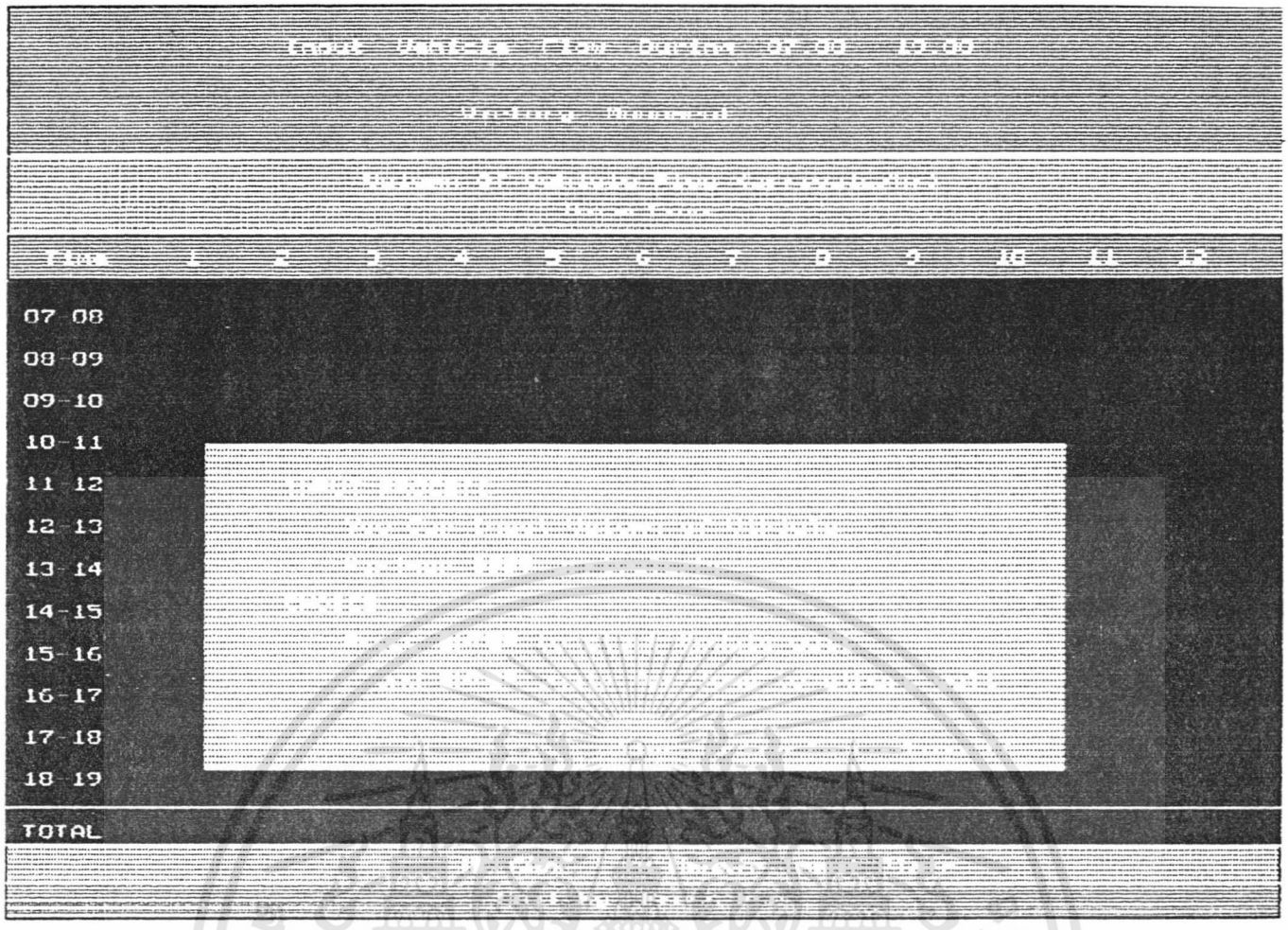
ถ้าเลือกข้อ 1 จะปรากฏตารางแสดงข้อมูลปริมาณรถ ดังรูป

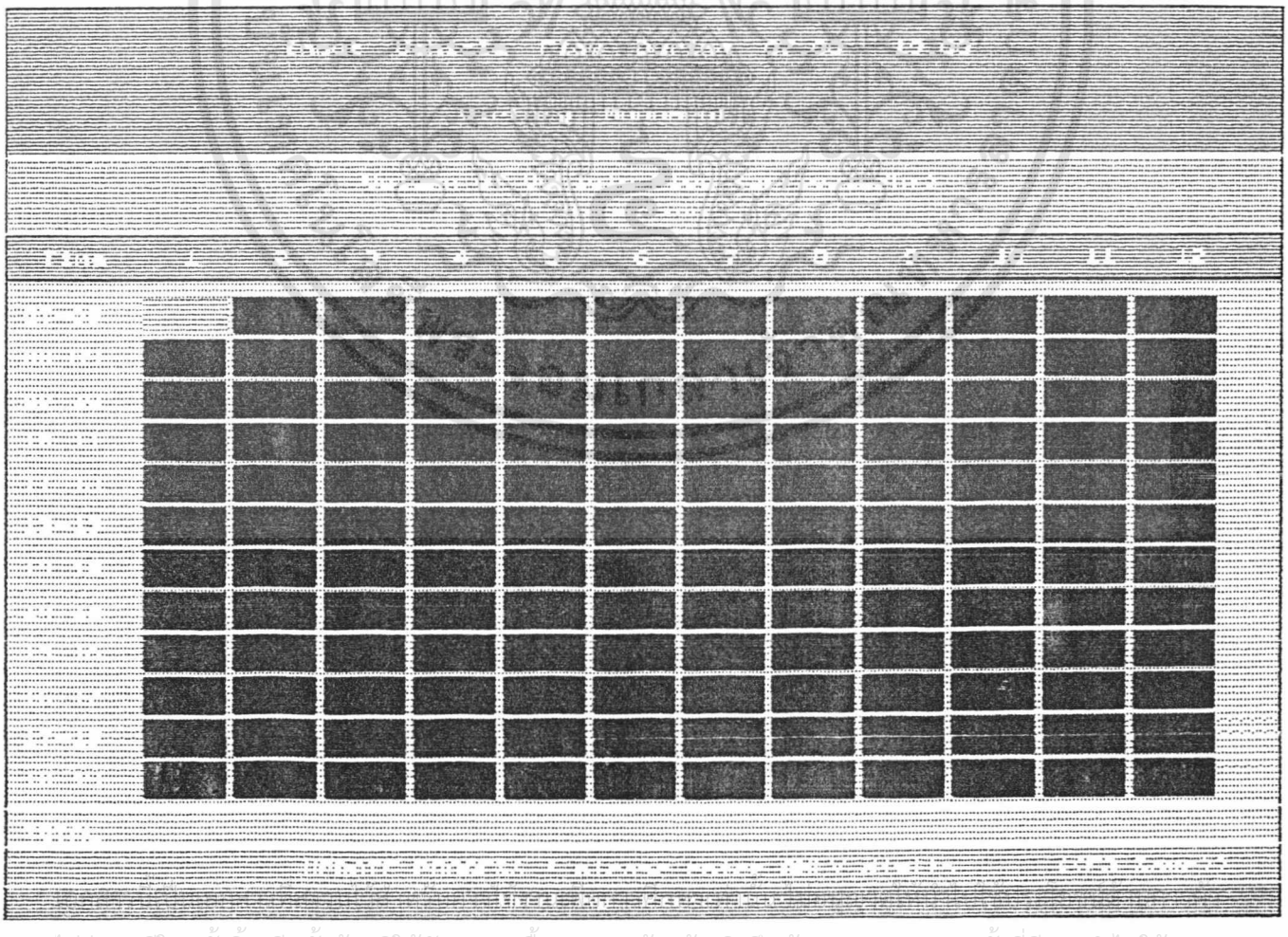


155	285	343	696	1227	487	144	2053	634	1054	1600	253
177	253	392	523	649	367	208	2662	653	1650	1274	240
150	347	281	548	619	461	242	2257	545	1801	1100	313
120	392	237	518	425	530	243	1508	237	1833	1219	910
92	510	259	473	509	621	171	1263	171	1500	1155	430
123	558	411	463	465	605	233	1258	244	1679	958	412
144	519	425	700	1218	555	198	1008	303	2216	1369	565
201	539	391	455	1528	367	171	1673	333	2400	1258	470
251	615	468	465	1745	322	183	1095	427	2171	1778	536
170	435	391	518	1468	542	41	792	532	2518	1555	513
271	432	453	494	1655	554	45	1184	553	2355	1436	475
218	259	369	575	1636	489	98	751	568	1760	1072	433

ถ้าเลือก ข้อ 2 จะปรากฏตารางเพื่อให้ใส่ข้อมูล ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

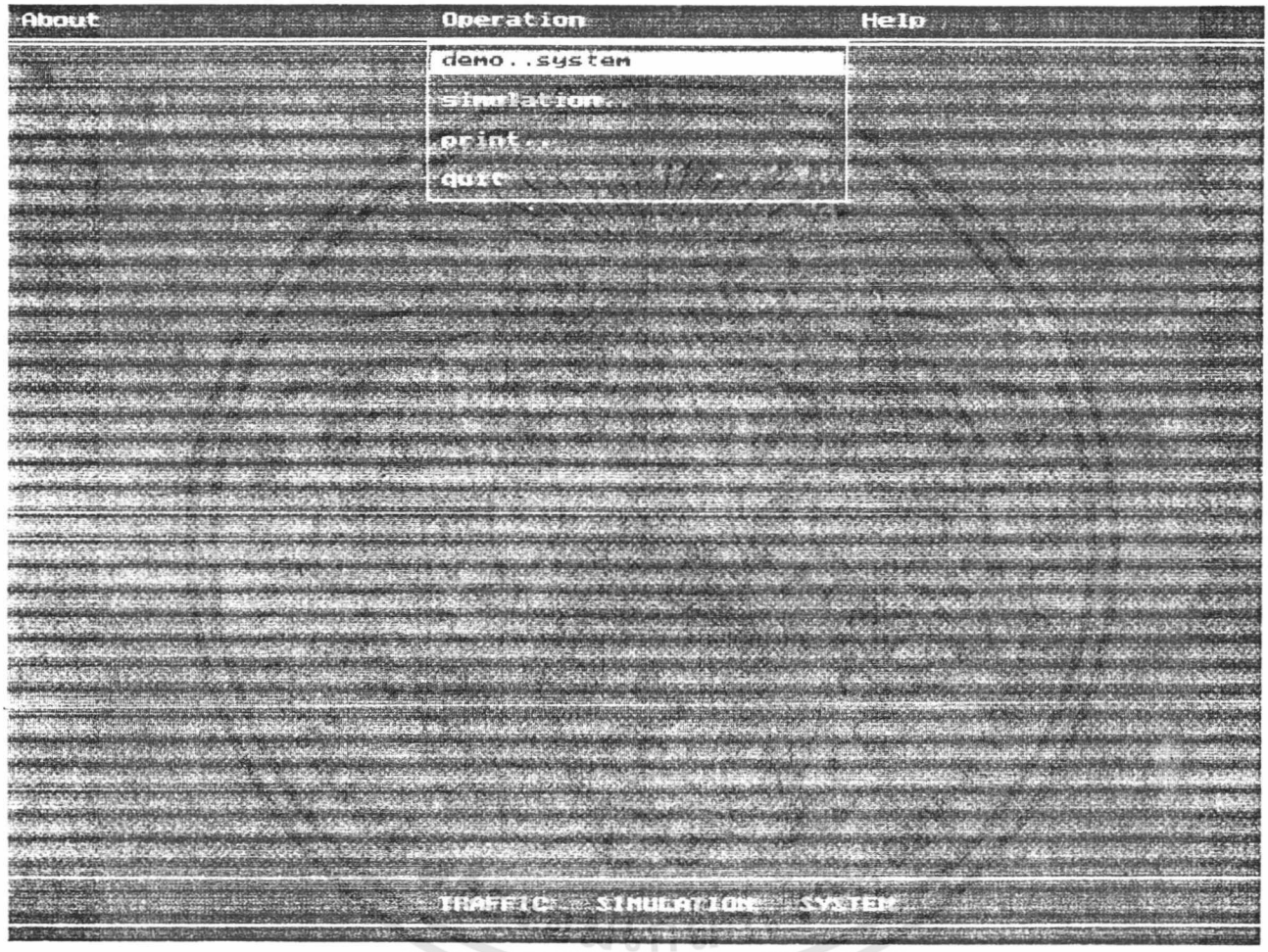




ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

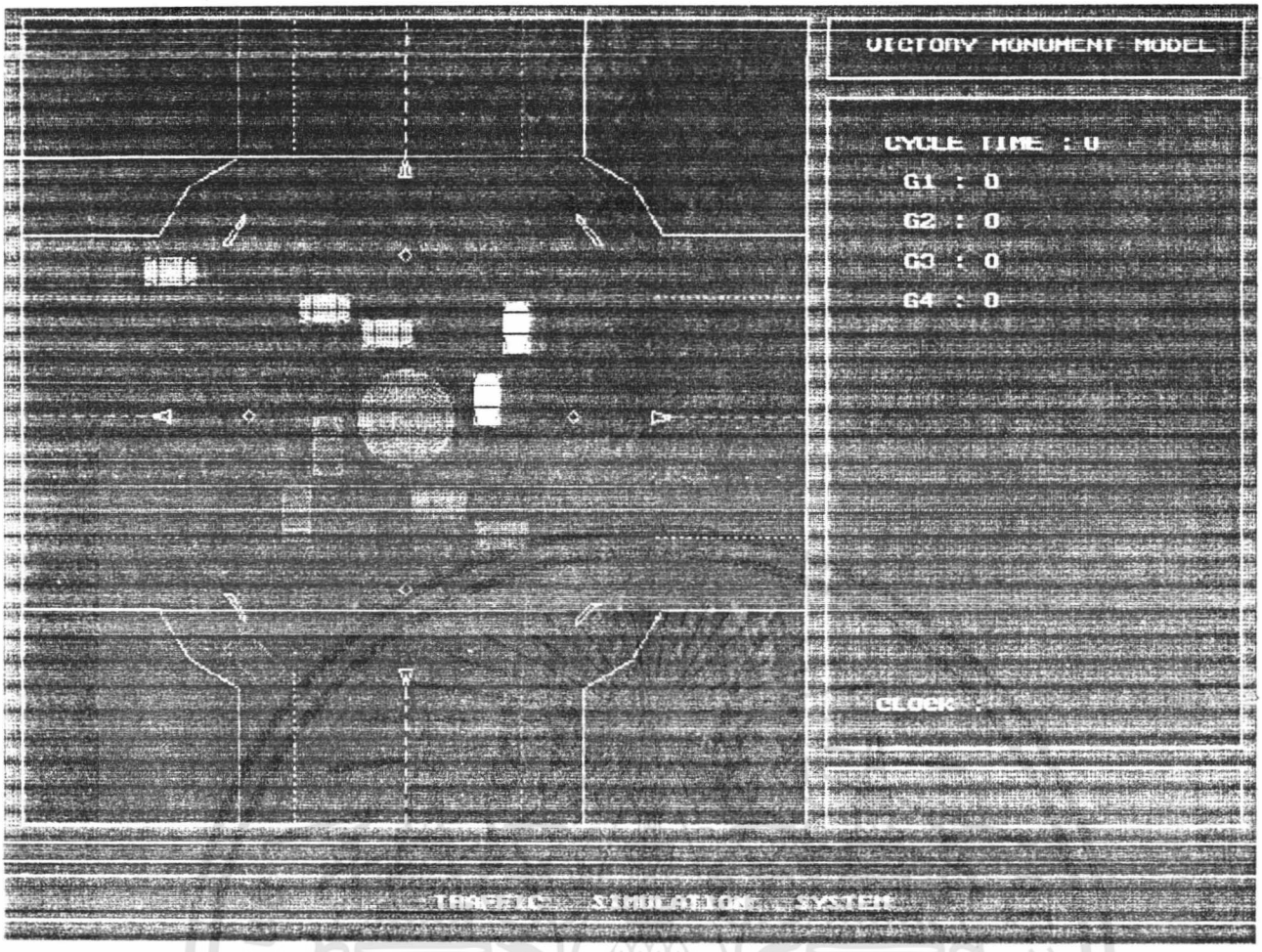
จากนั้นถ้าต้องการกรอกข้อมูลให้เลื่อนแถบสว่างไปยังช่องที่ต้องการใส่ข้อมูล แล้วกด Enterเมื่อกรอกข้อมูลในช่องนั้นเสร็จแล้ว ถ้าต้องการเก็บลงแฟ้มข้อมูลให้กด F2 และจะการกลับเข้าสู่เมนูหลักได้เมื่อกด ESC

-ถ้าเลือกเมนู Operation จะปรากฏเมนูย่อย ดังรูป



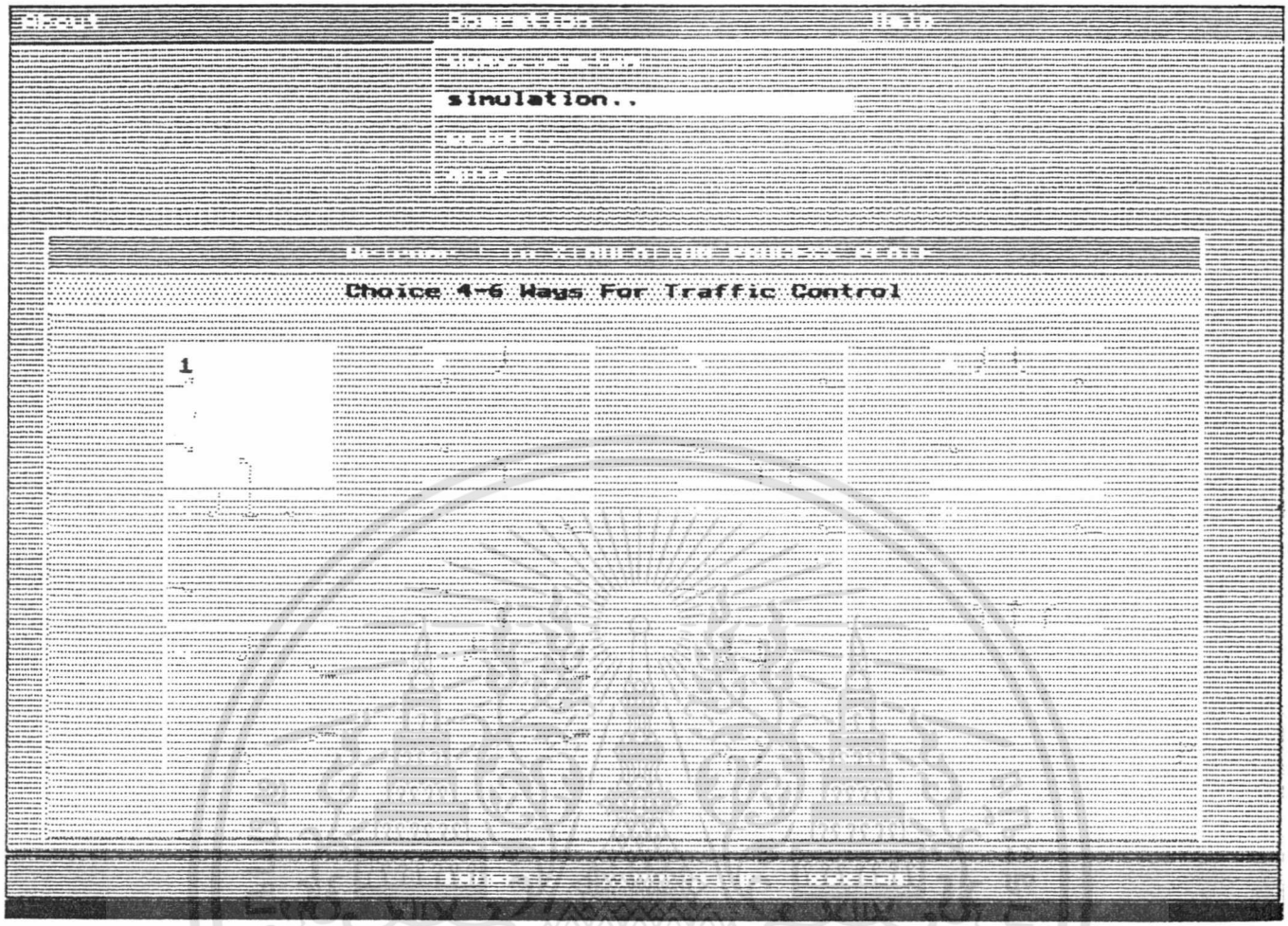
-ถ้าเลื่อนแถบสว่างไปที่ Demo System จะปรากฏจอภาพแสดงการจำลองระบบควบคุมสัญญาณ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



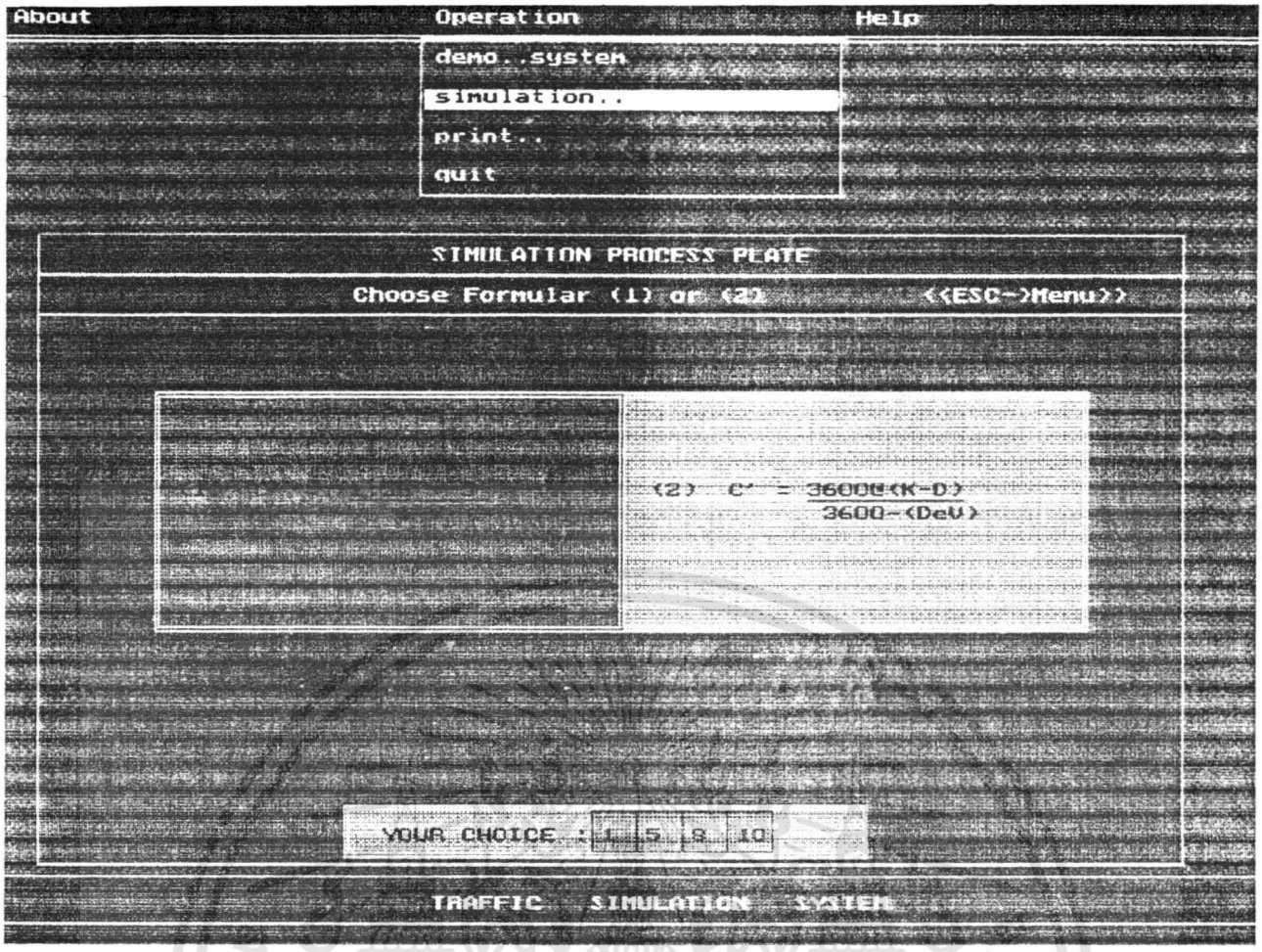
-ถ้าเลื่อนแถบสว่างมาที่ Simulation จะปรากฏภาพการเปิดสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณสี่แยก อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมาให้เลือก ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



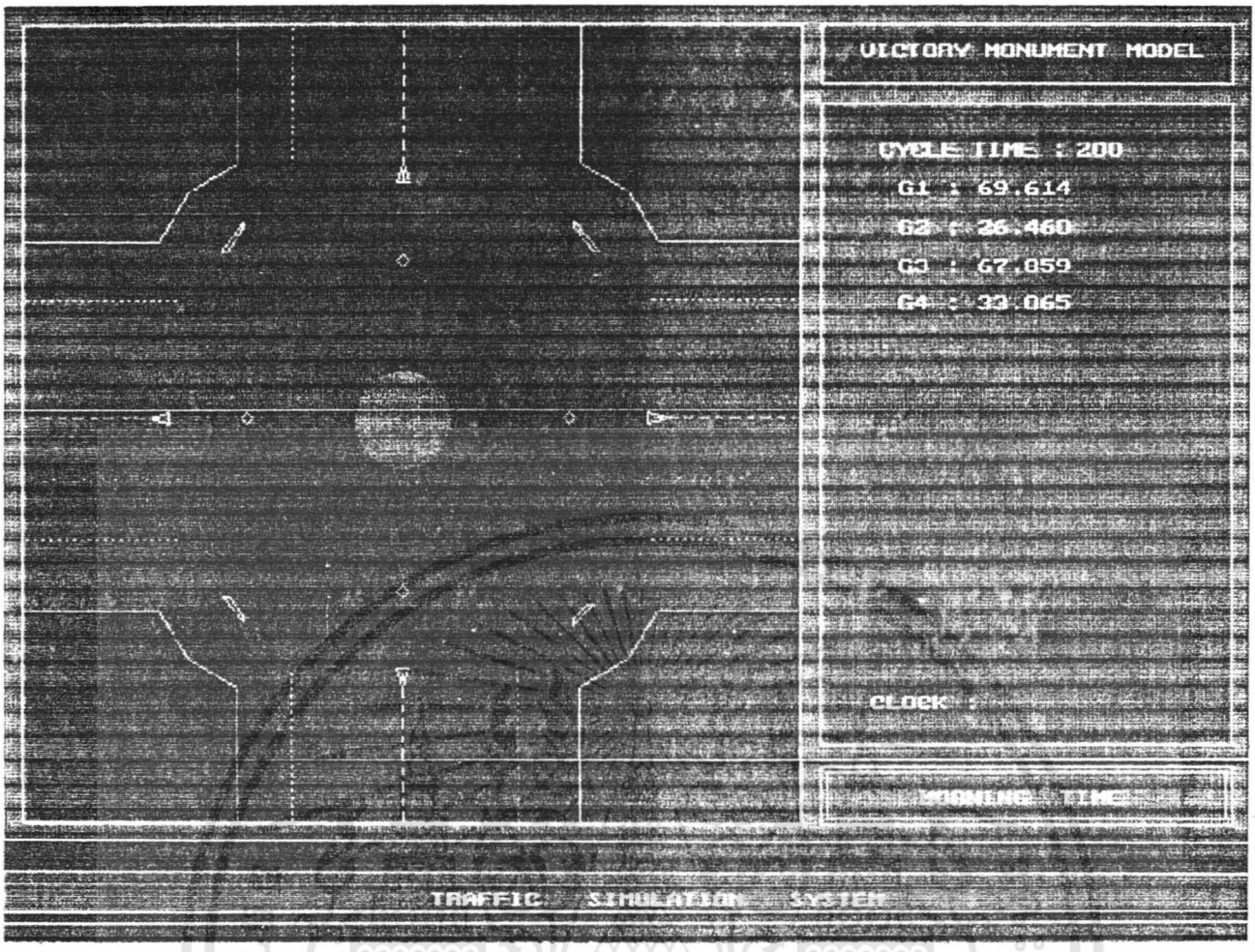
จากนั้นทำการเลือกรูปภาพตามที่ต้องการ ซึ่งโปรแกรมได้ออกแบบให้เลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟอย่างน้อยที่สุด 4 ภาพ หรือ อย่างมากที่สุด 6 ภาพ เมื่อเสร็จสิ้นการเลือกภาพการเปิดสัญญาณไฟ ให้กด F2 เพื่อทำการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นจะปรากฏสูตรที่ใช้ในการคำนวณหารอบเวลา ให้เลือก แล้วจะมีช่วงเวลาให้เลือก ว่าต้องการจำลองแบบตอนช่วงเช้าหรือช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากนั้นให้ทำการเลือกสูตรที่ต้องการใช้ในการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟจราจร โดยเลือก 1 หรือ 2 จากนั้นให้กด Enter เครื่องจะทำการคำนวณหารอบเวลาให้ตามสูตรและปรากฏหน้าจอแสดงภาพการเคลื่อนที่ของรถ ตามเส้นทางที่ท่านได้เลือกมา และหาเวลาของไฟเขียวของแต่ละสัญญาณไฟ ซึ่งจะแสดงไว้บนจอภาพด้วย ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



-เมื่อต้องการเข้าสู่เมนูหลักให้กด ESC

-ถ้าเลื่อนแถบสว่างไปที่ Print จะปรากฏหน้าจอแสดงข้อมูลปริมาณรถ ณ บริเวณอนุสาวรีย์ชัย สมรภูมิ ตามที่ได้รวบรวมมา หรือท่านทำการแก้ไขไว้ และจะทำการพิมพ์ข้อมูลปริมาณของรถออกทางเครื่องพิมพ์ให้

-ถ้าเลื่อนแถบสว่างไปที่ Quit จะออกจากโปรแกรมระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

สมพันธ์ รุ่งตะวันเรืองศรี. การเรียนรู้คอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ 2 มิติ ด้วยภาษา C. กรุงเทพฯ : เอส เอน การพิมพ์, 2535.

Drew, Donald R. Traffic Flow Thoery And Control. New York: McGraw-Hill, 1968. 467-474 p.

Herbert Schildt. Turbo C/C++ the computer reference. New York: McGraw-Hill, 1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้