บทที่ 6

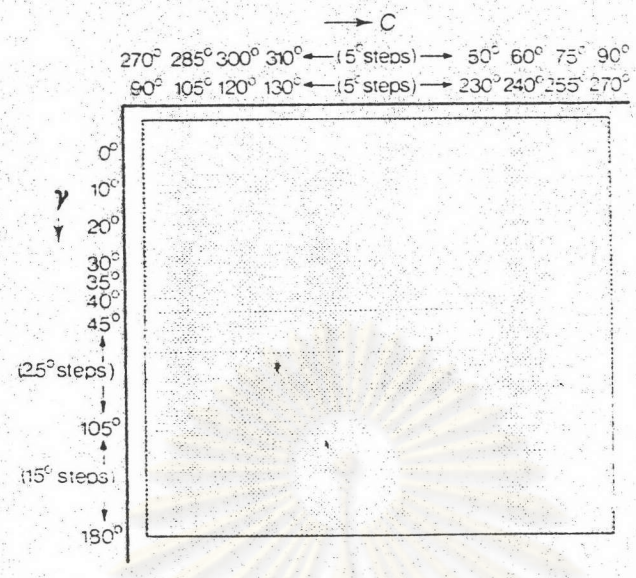
การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณค่าแสงสว่างไฟถนน

จากที่ได้แสดงการคำนวณค่าต่าง ๆ เกี่ยวกับไฟถนนในบทที่ 5 แล้วนั้น จะเห็นได้ว่าหากต้องคำนวณค่าความสว่างหรือความส่องสว่างบนถนนหลาย ๆ จุดแล้วจะต้องใช้เวลาในการคำนวณอย่างมากมาย ดังนั้น เพื่อความสดวกและประหยัดเวลาในการศึกษาเกี่ยวกับไฟถนน ในบทนี้จึงได้แสดงวิธีการคำนวณค่าทางแสงสว่างของไฟถนน โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วย โดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เขียนนี้เป็นภาษา FORTRAN และมีข้อจำกัดต่าง ๆ ในสภาพที่เพียงพอแก่การใช้งานในประเทศไทย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่กล่าวนี้เป็นโปรแกรมมาตรฐานขั้นพื้นฐานสำหรับคำนวณค่าทางแสงสว่างสำหรับการติดตั้งไฟถนนแห่งใดแห่งหนึ่ง ซึ่งอาจนำไปใช้เขียนโปรแกรมเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ค่าทางแสงสว่างดีที่สุด และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดก็ได้ ซึ่งต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงข้อจำกัดและการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

6.1 การกำหนดค่าการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง

ในการกำหนดค่าการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างสำหรับใช้ในโปรแกรม จะต้องมีความละเอียดพอที่จะใช้คำนวณได้ทุก ๆ จุด บนพื้นที่ของผิวถนนที่ต้องการ โดยวิธีการประมาณค่า (interpolation) ซึ่งการกำหนดค่าการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็นตารางอาจทำได้หลายวิธี ถ้าหากกำหนดค่า I น้อย ๆ ค่าก็จะทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลานานในการประมาณค่า ซึ่งจะเป็นการไม่ประหยัดเวลาของคอมพิวเตอร์ แต่ถ้ากำหนดค่า I หลาย ๆ ค่าอย่างละเอียดก็จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายในการวัดค่า I จากโคมไฟ ดังนั้นจึงประนีประนอมให้ใช้ตารางค่า I ตามรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงตารางการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟจากระนาบ C_{270} ถึง C_{90} และ C_{90} ถึง C_{270}

ตารางค่า I นี้ประกอบด้วยค่า I ทั้งหมด 1872 ค่าที่ C-γ plane ต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปถือว่า plane C = 0° เป็น plane ที่ขนานกับถนน ซึ่งถ้าหากค่า I ของโคมไฟสมมาตรรอบแกน plane C = 270° และ C = 90° แล้วการใส่ค่า I ก็ใช้เพียงจาก plane C = 270° ถึง C = 90° เท่านั้น โดยที่ค่า I ส่วนที่สมมาตรนั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสร้างขึ้นเอง

6.2 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผิวถนน

การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผิวถนนแทนที่จะใช้ค่า q ก็ใช้ค่า r (reduced luminance coefficient) แทน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณค่าความส่องสว่างโดยใช้คอมพิวเตอร์ดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 4 ซึ่งตารางค่า r มาตรฐานตามสภาพวัสดุที่ใช้ทำผิวถนนในสภาพแห้ง ดังภาคผนวกที่ 1 ถึง 8

โดยใช้ตาราง I และตาราง r ดังกล่าวในการคำนวณค่าความส่องสว่าง จะทำให้เกิดความผิดพลาดเนื่องจากการวัดค่า r และการคำนวณประมาณ

สำหรับ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย, L_{av} = $\pm$ 3 % (RMS)

ค่า overall uniformity, U_o = $\pm$ 4 % (RMS)

ค่า longitudinal uniformity, U_l = $\pm$ 6 % (RMS)

6.3 การคำนวณค่าความสว่างและความส่องสว่างโดยใช้คอมพิวเตอร์

การคำนวณค่าความสว่างและความส่องสว่างโดยใช้คอมพิวเตอร์ เป็นการคำนวณค่าบางจุดบนผิวถนนเท่านั้น ดังนั้นค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดอาจจะคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่เป็นจริง ซึ่งจะทำให้ค่า uniformity ที่คำนวณได้สูงกว่าค่าจริงในสนามเล็กน้อย แต่ถึงอย่างไรก็ตามการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ก็จะมีความผิดพลาดที่แน่นอนทุก ๆ ครั้ง และจุดการคำนวณก็คงที่ทำให้สามารถเปรียบเทียบการคำนวณแต่ละครั้งได้

โปรแกรมที่ใช้คำนวณนี้ใช้ได้กับสภาพถนนที่เป็นทางตรง และโคมไฟติดตั้งฉากกับถนนเท่านั้น ซึ่งมีวิธีการคำนวณและข้อกำหนดดังต่อไปนี้

6.3.1 ค่าความสว่างและความส่องสว่าง

ค่าความสว่างจุดใด ๆ คำนวณได้จากสมการ

$$E = \sum \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cdot \cos^3(B + \varepsilon) \cdot \cos^3 A$$

หรือ

$$= \sum I(C,\gamma) \cdot \frac{h}{\left[h^2 + (d+b)^2 + a^2\right]^{3/2}}$$

ค่าความส่องสว่างจุดใด ๆ คำนวณได้จากสมการ

$$L = \sum r(\beta,\gamma) \cdot \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cdot \cos^3\varepsilon$$

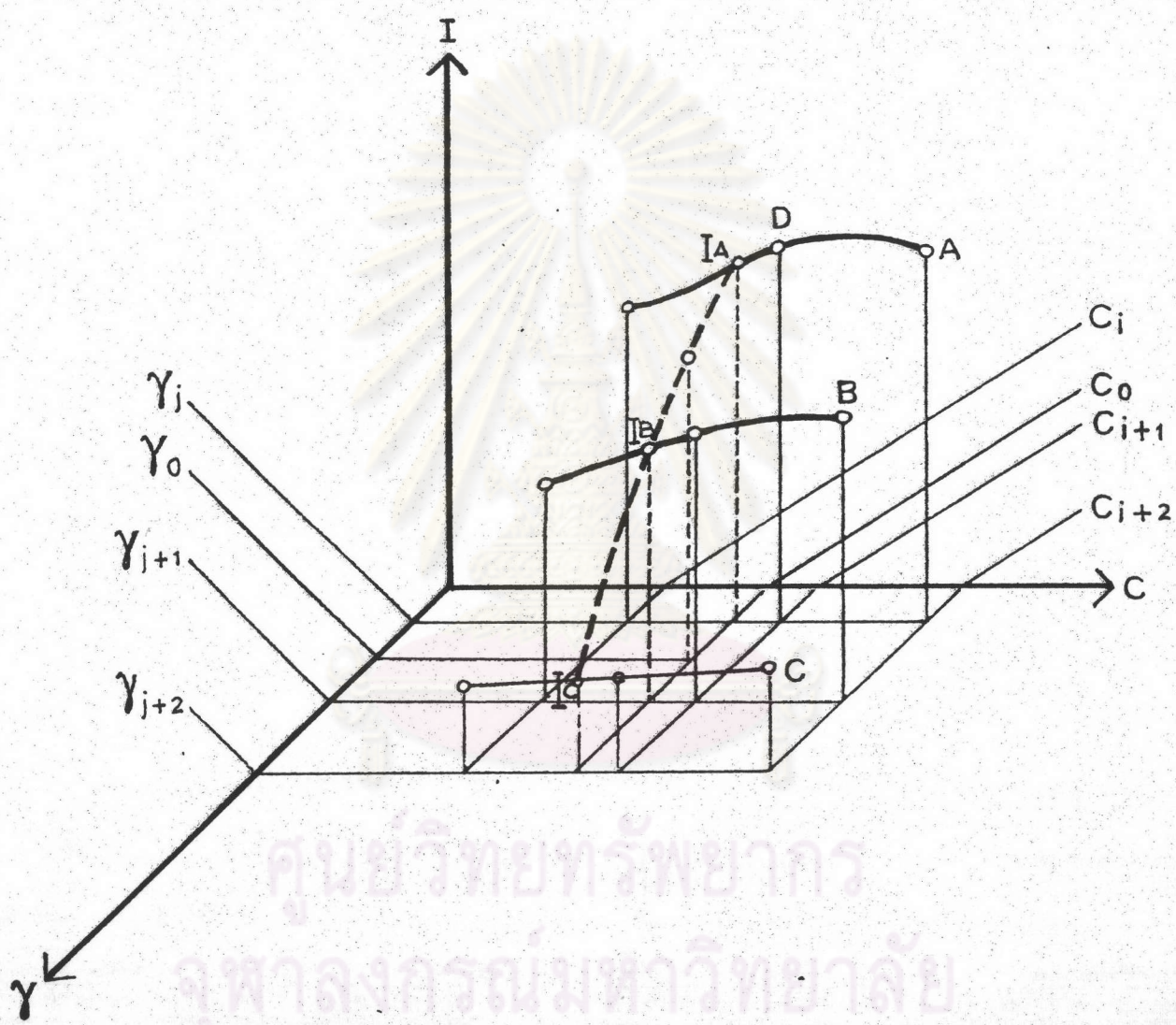
สำหรับค่า I และค่า r ได้จากการประมาณค่า (interpolation) ดังรูป 6.2 เป็นตัวอย่างการประมาณค่าโดยใช้ quadratic interpolation ของค่า I สำหรับ curve A ที่มุม $\gamma = \gamma_j$ ซึ่งนำมาเขียนเฉพาะ curve A ดังรูป 6.3 และประมาณค่าได้จากสมการ

$$I_A = K_o I_x + K_1 I_{x+1} - K_2 I_{x+2}$$

เมื่อ $K_o = 1 - K_1 - K_2$

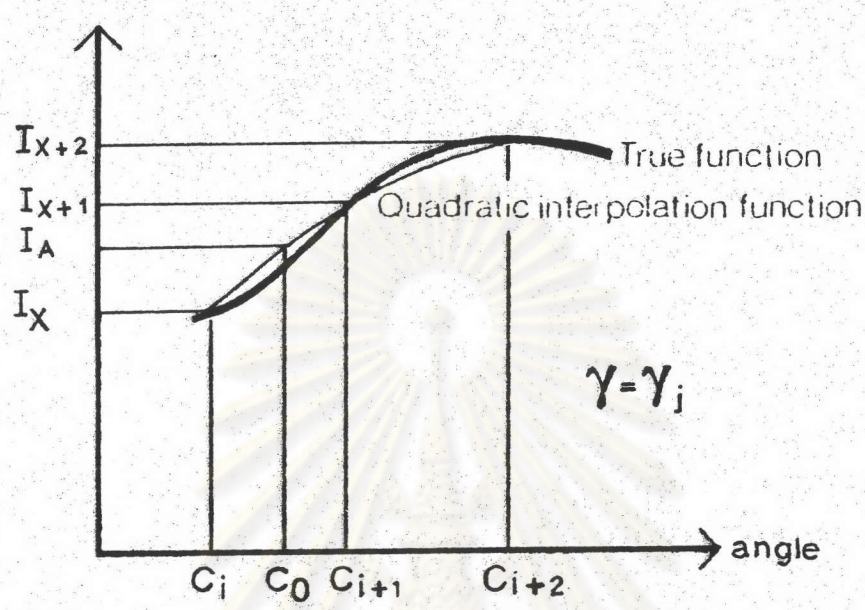
$$K_1 = \frac{(C_o - C_i)(C_{i+2} - C_o)}{(C_{i+2} - C_{i+1})(C_{i+1} - C_i)}$$

$$K_2 = \frac{(C_o - C_i)(C_{i+1} - C_o)}{(C_{i+2} - C_{i+1})(C_{i+2} - C_i)}$$



รูปที่ 6.2 แสดงตัวอย่างการประมาณค่าโดยใช้ quadratic interpolation ของค่า I

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.3 แสดงการใช้ quadratic interpolation ของ curve A จากรูป 6.2

ในการใช้ quadratic interpolation หาค่านั้นมีด้วยกัน 2 วิธี ซึ่งจะต้องรู้ค่าทั้งหมด 3 ค่า จึงจะหาค่าประมาณตามที่ต้องการได้ โดยที่ค่าจำนวน 2 ค่าแรกจะอยู่ทางด้านซ้ายและขวาของค่าที่ต้องการประมาณ ส่วนค่าที่ 3 นั้น ถ้าเป็นวิธีที่ 1 ซึ่งใช้ประมาณค่า r ค่าที่ 3 จะอยู่ด้านขวาของค่าที่ต้องการประมาณ สำหรับวิธีที่ 2 ซึ่งใช้ประมาณค่า I ค่าที่ 3 จะอยู่ด้านซ้ายของค่าที่ต้องการประมาณ ถ้ามุมของค่าที่ 3 น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของมุมของ 2 ค่าแรก แต่ถ้ามากกว่าค่าที่ 3 จะอยู่ด้านขวามือของค่าที่ต้องการประมาณ

สำหรับค่า r บริเวณขอบ ๆ ของ curve จะใช้การประมาณค่าแบบ linear interpolation เพราะบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า r แบบเส้นตรงนั่นเอง

6.3.2 พื้นที่ที่ต้องคำนวณ

พื้นที่ของถนนที่ต้องคำนวณ ก็คือพื้นที่ที่ผู้ขับขี่ยวดยานมองขณะขับรถซึ่งเป็นดังนี้ คือ

ก. ช่วงตามความยาวถนน คือ ระหว่าง 1 ช่วงโคมไฟที่อยู่ในแถวเดียวกัน ในกรณี

การติดตั้งโคมไฟแบบ staggered ให้คิดโคมไฟที่อยู่ด้านซ้ายมือ

ข. ช่วงตามขวางถนน คือ ทั้งหมดของความกว้างของถนนที่ไม่มีเกาะกลางถนน หรือทั้งหมดของความกว้างของถนนด้านเดียวเมื่อมีเกาะกลางถนน

6.3.3 จุดที่ต้องคำนวณ

จุดที่ต้องคำนวณจะกระจายอยู่ภายในพื้นที่ที่ต้องคำนวณอย่างสม่ำเสมอดังรูปที่ 6.4 ซึ่งมีจุดต่าง ๆ ดังนี้

ก. กรณีที่ช่วงห่างของโคมไฟในแถวเดียวกันไม่เกิน 50 เมตร จุดที่ต้องคำนวณเป็น 10 จุด ตามยาวของถนน โดยที่จุดแรกอยู่ใต้แนวโคมไฟ

ข. ถ้าช่วงห่างของโคมไฟในแถวเดียวกันเกิน 50 เมตร จุดที่ต้องคำนวณตามยาวของถนนเป็น N จุด โดยที่จุดแรกอยู่ใต้แนวโคมไฟ

เมื่อ $N = \frac{S}{d}$

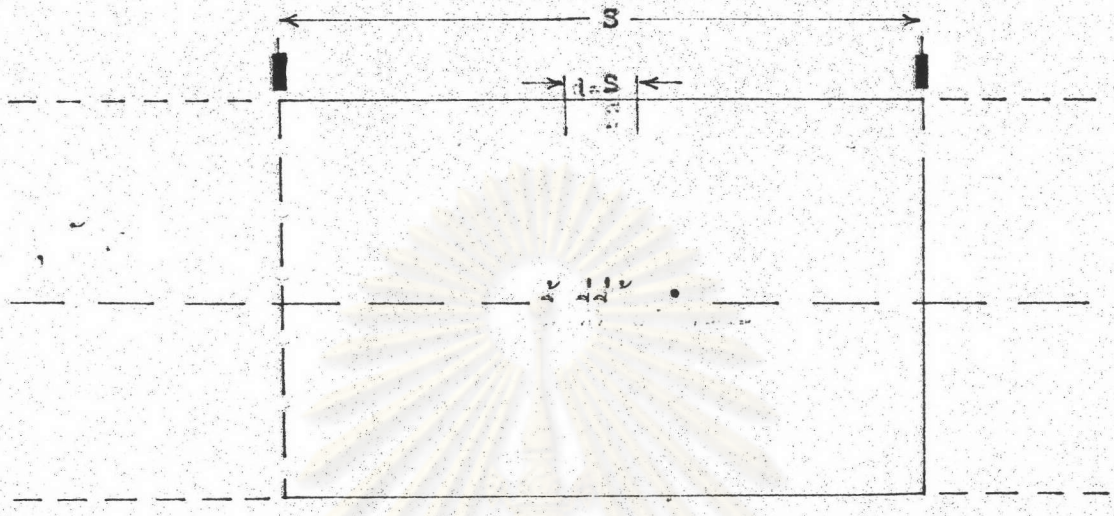
$d \leqslant 5$ เมตร

S = ช่วงห่างของโคมไฟ

d = ช่วงห่างแต่ละจุดที่คำนวณ

ค. ตามขวางถนนควรจะคำนวณ 5 จุด ของแต่ละช่องวิ่ง (lane) โดยที่จุดหนึ่งอยู่กลางช่องวิ่ง จุดริมทั้ง 2 ข้างห่างจากขอบช่องวิ่ง 1/10 ของความกว้างของช่องวิ่ง ส่วนอีก 2 จุดอยู่ระหว่างจุดกลางและจุดขอบช่องวิ่ง

ในกรณีที่การติดตั้งโคมถนนเป็นแบบ high mast ซึ่งความสว่างและความส่องสว่างมีความสม่ำเสมอมากขึ้น จุดที่ต้องคำนวณตามขวางถนนอาจเหลือเพียง 3 จุดก็ได้



รูปที่ 6.4 แสดงจุดที่ต้องคำนวณภายในพื้นที่ที่ต้องคำนวณ

6.3.4 จุดสังเกต

ในการคำนวณค่าความส่องสว่างนั้น ค่าจะแตกต่างกันไป เมื่อจุดสังเกตเปลี่ยนไปสำหรับจุดสังเกตตามมาตรฐาน ซี ไอ อี กำหนดไว้ดังนี้

จุดสังเกตตามยาวถนนอยู่ห่างจากแถวแรกของจุดที่ต้องคำนวณเท่ากับ 60 เมตร และสูงจากพื้น 1.5 เมตร

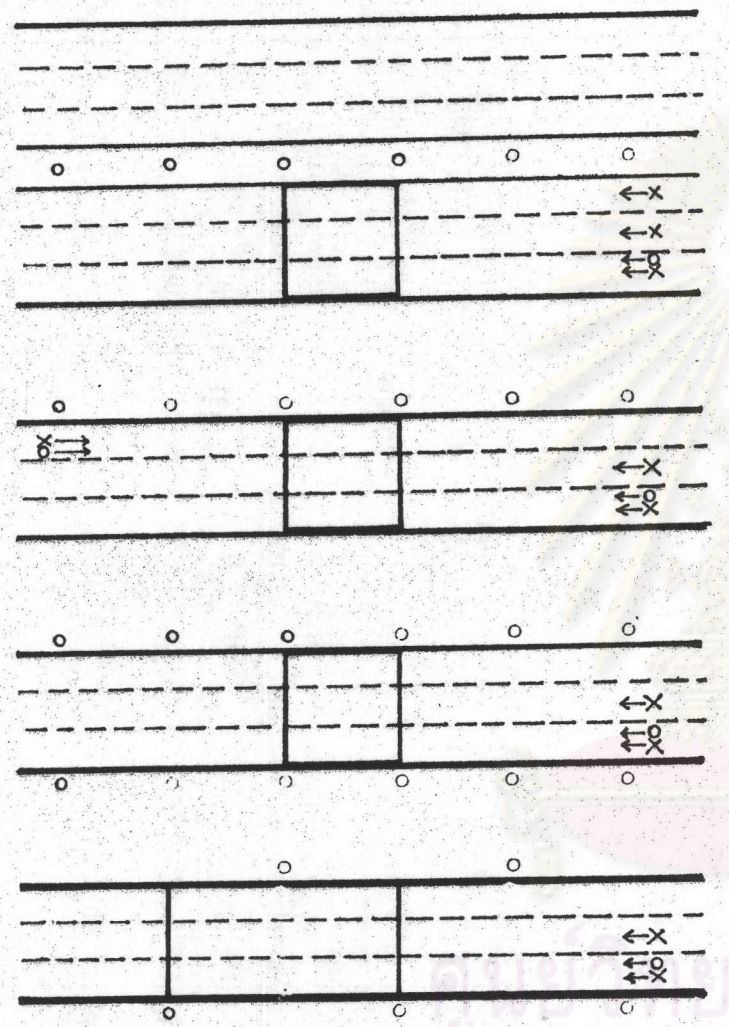
จุดสังเกตตามขวางถนนมีดังนี้ ดูรูปที่ 6.5

ก. เมื่อคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) และ overall uniformity (U_o) จุดสังเกตอยู่ห่างจากขอบซ้ายของถนนเท่ากับ 1/4 ของความกว้างของถนน

ข. เมื่อคำนวณค่า longitudinal uniformity (U_l) จุดสังเกตอยู่กึ่งกลางช่องวิ่งตามทิศทางที่รถวิ่ง

6.4 คุณลักษณะความส่องสว่าง

ในการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) จะต้องรู้ค่าความส่องสว่างของจุดที่ต้องคำนวณทุกจุดและจำนวนจุดที่คำนวณ สำหรับการคำนวณค่า overall uniformity (U_o) และ



Six lane road
with central reservation

Three lane road
One-sided lantern
arrangement

Three lane road
Double-sided lantern
arrangement

Three lane road
Staggered lantern
arrangement

o จุดสังเกตเพื่อคำนวณค่า L_{av} และ U_o

x จุดสังเกตเพื่อคำนวณค่า U_1

รูปที่ 6.5 แสดงจุดสังเกตของการคำนวณค่า L_{av}, U_o และ U_1

longitudinal uniformity (U_l) จะต้องรู้ค่าความส่องสว่างของจุดที่ต้องคำนวณต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งอาจจะเป็นจุดใด ๆ ก็ได้ ภายในพื้นที่ที่ต้องคำนวณโดยการเปรียบเทียบค่าแบบจุดต่อจุด ซึ่งค่าที่ได้อาจจะไม่ตรงกับค่าในสนามก็ได้ดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 6.3 เมื่อได้ค่าความส่องสว่างต่ำสุด และสูงสุดแล้วก็สามารถหาค่า U_o และ U_l ได้ซึ่งอาจเขียนการหาค่า L_{av}, U_o และ U_l ได้ดังนี้

$$\text{ความส่องสว่างเฉลี่ย, } L_{av} = \frac{\text{ผลรวมของความส่องสว่างทุกจุด}}{\text{จำนวนจุดที่คำนวณ}}$$

$$\text{overall uniformity, } U_o = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างต่ำที่สุด}}{\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย}}$$

$$\text{longitudinal uniformity, } U_l = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างต่ำที่สุดของช่องวิ่ง}}{\text{ค่าความส่องสว่างสูงที่สุดของช่องวิ่ง}}$$

6.5 Disability glare

6.5.1 ค่า disability glare คำนวณจากสมการ

$$\text{veiling luminance, } L_v = \Sigma\ 10.\frac{E}{\theta^2}$$

ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณค่า L_v โดยคิดโคมไฟที่อยู่ภายในระยะ 500 เมตร หรือจะไม่คิดค่า L_v ของโคมไฟใดที่มีค่าน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ของผลรวมค่า L_v ทั้งหมดที่ทำการคำนวณมาก่อนแล้ว

$$\text{threshold increment, } TI = 65\ \frac{L_v}{(L_{av})^{0.8}} \quad \text{เมื่อ } L_{av} = 0.05 \text{ ถึง } 5\ Cd/m^2$$

6.5.2 จุดสังเกต

จุดสังเกตอยู่ห่างจากขอบซ้ายของถนนเท่ากับ 1/4 ของความกว้างของถนนสูงจากพื้น 1.5 เมตร จุดเดียวกับการคำนวณข้อ 6.3.4(ก) และมุมยกขึ้นเท่ากับ 19 องศากับแนวระดับ ซึ่งโคมไฟที่อยู่ในมุมนี้จะต้องนำมาคำนวณทั้งหมด โดยคิดว่าผู้ขับขี่ยวดยานมองผิวถนนห่างออกไป 90 เมตร จากจุดสังเกต หรือมุมมองลงประมาณ 1 องศากับแนวระดับนั่นเอง

6.6 Discomfort glare

ค่า discomfort glare คำนวณได้จากสมการ

$$G = 13.84 - 3.31 \log(I_{80}) + 1.3(\log I_{80}/I_{88})^{\frac{1}{2}} - 0.08 \log I_{80}/I_{88} + 1.29 \log F + C + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log P$$

มีข้อกำหนดในการคำนวณดังนี้

ก. ถนนเป็นทางตรง และติดตั้งโคมไฟเรียงเป็นแถวตามถนน

ข. โคมไฟทั้งหมดต้องมีการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างเหมือนกัน

ค. โคมไฟต้องมีการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างสมมาตรกับ C_{270} และ C_{90} plane

6.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

6.7.1 ข้อกำหนด

ก. ถนนทางตรงแบ่งเป็นช่องวิ่งกว้างเท่า ๆ กัน

ข. การติดตั้งโคมไฟ

โคมไฟ 1,2 หรือ 4 แถวขนานกัน

ติดตั้งแบบ staggered

โคมไฟแบบเดียวกัน

ระยะห่างของโคมไฟในแต่ละแถวต้องเท่ากัน

ค. โคมไฟเอียงรอบแนวแกนถนน (tilt angle) ได้ และติดตั้งตั้งฉากกับแนวแกนถนน

6.7.2 ข้อมูลทั่วไป

ค่าการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างและค่า reduced luminance coefficient จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ซี ไอ อี เมื่อใส่ข้อมูลสภาพถนนและการติดตั้งโคมไฟแล้ว ถ้าไม่ระบุจุดสังเกต และจุดที่ต้องคำนวณแล้ว โปรแกรมจะเลือก จุดสังเกต และจุดที่ต้องคำนวณเองโดยอัตโนมัติ

6.7.3 Input data

การใส่ Input data ในโปรแกรมต้องใส่เรียงตามลำดับดังนี้

Type 1 Road description

Type 2 Geometry of lantern arrangement

Type 3 Lantern constants

Type 4 Observation point and calculation field (Optional)

Type 5 Glare calculation

Type 0 Termination of geometrical input

ซึ่งเขียน FORMAT และค่าต่าง ๆ ดังตาราง 6.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 6.1 input data

FORMAT	INTEGER2	แต่ละช่อง REAL 7.2			
	1 เบอร์ของตาราง r	จำนวนช่องวิ่ง	ความกว้างแต่ละช่องวิ่ง	ความกว้างของเกาะกลางถนนถ้ามี	0 = คำนวณ 5 จุดต่อช่องวิ่ง เลขอื่น ๆ = คำนวณ 3 จุดต่อช่องวิ่ง
	2 ความสูงของโคมไฟจากผิวถนน	ระยะห่างของโคมไฟ	ระยะจากขอบซ้ายของถนนถึงโคมไฟแถวแรก	ระยะจากขอบซ้ายของถนนถึงโคมไฟแถวสอง	1= staggered 0= ไม่ใช่ staggered
TYPE	3 เบอร์ของตาราง I	มุมเอียงของโคมไฟ	ฟลักซ์ความส่องสว่าง (Klm)	maintenance factor	
	4 จุดสังเกตตามขวางถนน	จุดคำนวณจุดแรกด้านซ้ายถนน	ระยะห่างแต่ละจุดด้านขวางถนน	จุดคำนวณจุดสุดท้ายด้านขวางถนน	
	5 colour constant	Flash area of lantern			
	0 0				

6.7.4 Output data

ผลที่ออกมาจะมี 5 ชุด คือ

ก. รายละเอียดการติดตั้งโคมไฟ และสภาพของถนน

ข. ตารางค่าความสว่าง

ค. คุณลักษณะความสว่าง

ง. ตารางค่าความส่องสว่าง

จ. คุณลักษณะความส่องสว่าง

6.7.5 Error

เมื่อใส่ input data ผิดพลาด โปรแกรมจะหยุดทำงานและพิมพ์ error code ให้ทราบ ซึ่ง error code ต่าง ๆ มีความหมายดังนี้

Error code 4 = จุดที่ต้องคำนวณทางขวางถนนเกิน 20 จุด

5 = จุดที่ต้องคำนวณตามถนนเกิน 20 จุด

8 = มีจุดผิดพลาด 1 แห่งหรือมากกว่า 1 แห่ง

9 = เบอร์ของตาราง r ไม่ตรงกับเบอร์ตาราง r ใน input data type 1

10 = เบอร์ของตาราง I ไม่ตรงกับเบอร์ตาราง I ใน input data type 3

11 = จุดสังเกตมากกว่า 5 จุด และกรณีนี้โปรแกรมจะทำให้ 5 จุดแรก

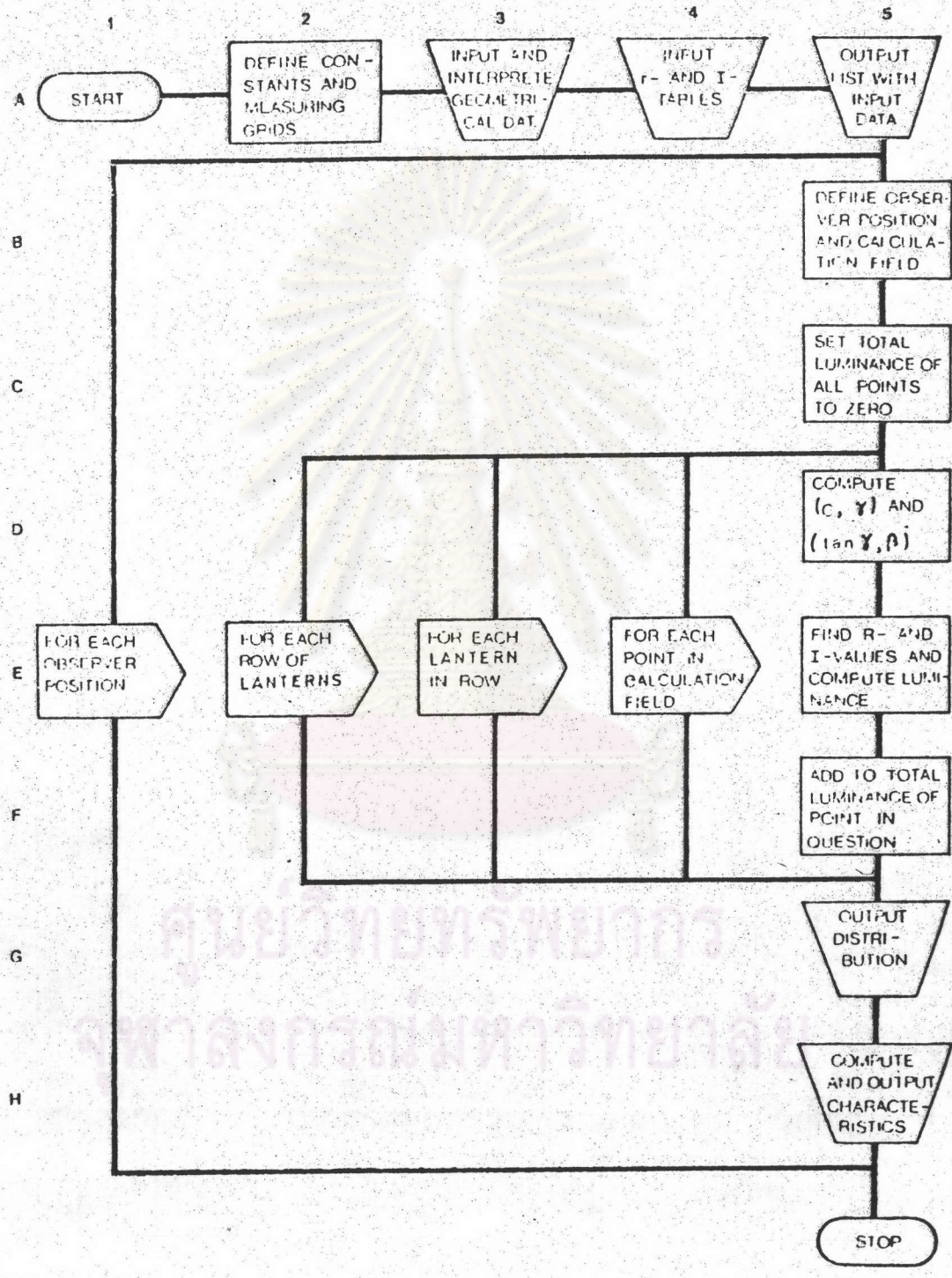
12 = input data บางอันใน type 1, 2 หรือ 3 ไม่มี

13 = ใส่ type ผิด

6.7.6 Flow diagram

แสดง diagram การคำนวณและ input/output ของโปรแกรมตามรูป 6.6

6.7.7 ตัวอย่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ input และ output ได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 9



รูปที่ 6.6 แสดง flow diagram ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์