หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การหาค่าเหมาะสมที่สุดของการออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่

การนำเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด มาใช้ในระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

การออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ที่ดีนั้นจะต้องให้ ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด และค่าความสม่ำเสมอของความสว่างต้องไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน โดยจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำที่สุด การที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำสุด จะต้องเลือกแบบของโคมฉายให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการให้แสงสว่างและจะต้องให้แสงจากโคมฉายตกลงบนพื้นที่มากที่สุดด้วย ดังนั้นการที่จะได้การออกแบบระบบไฟส่องสว่างที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะมีปัญหาที่สำคัญ 2 ส่วน คือ การเลือกแบบโคมฉายรวมถึงการประมาณจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบให้เหมาะสมกับพื้นที่ และการหาจุดเล็งโคมฉายแต่ละโคม เพื่อให้ได้ปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมฉายตกลงบนพื้นที่ที่ต้องการให้แสงมากที่สุด กล่าวคือ ต้องให้ได้ค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่สูงสุดนั้นเอง แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงคุณภาพของแสง คือค่าความสม่ำเสมอของความสว่างด้วย โดยค่าความสม่ำเสมอของความสว่างต้องไม่ต่ำกว่าที่ต้องการ

ในปัจจุบันนี้จะใช้ประสบการณ์ และการลองผิด ลองถูก มาใช้แก้ปัญหาดังกล่าววิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอแนวทาง การใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด มาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวนี้ โดยในปัญหาเลือกแบบและประมาณจำนวนโคมฉายนั้น จะใช้การเปรียบเทียบค่าของความสว่างเฉลี่ย สำหรับการเลือกแบบโคมฉาย ส่วนการประมาณจำนวนโคมฉายจะใช้ Linear Programming วิธี Simplex เพื่อให้ได้ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการ และมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ในส่วนของปัญหาการกำหนดจุดเล็งโคมฉายนั้น เพื่อที่ให้ได้จุดเล็งโคมฉายที่ทำให้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด และค่าความสม่ำเสมอของความสว่างไม่ต่ำกว่าที่กำหนดจะใช้ Non-Linear Programming วิธี Rosenbrock แบบมีเงื่อนไข

การหาค่าเหมาะสมที่สุดของการออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่

การออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ที่นำเอา เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้การออกแบบเหมาะที่สุดสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้ โดยรูปที่ 5.1 จะแสดงแผนผังขั้นตอนการออกแบบเหมาะที่สุด

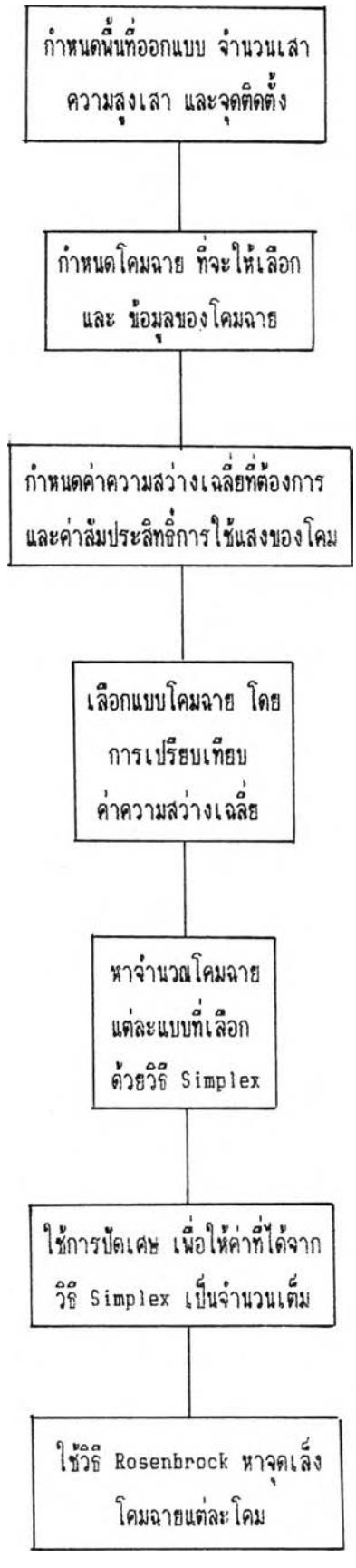
- กำหนดพื้นที่ออกแบบ จำนวนเสา และจุดติดตั้ง
- กำหนดแบบของโคมฉายที่จะเลือกใช้
- กำหนดจำนวนโซน และขนาด
- กำหนดค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ออกแบบที่ต้องการ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย
- การเลือกแบบโคมฉาย และประมาณจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบ
- การกำหนดจุดเล็งโคมฉาย

1. กำหนดพื้นที่ออกแบบ จำนวนเสา และจุดติดตั้ง

พื้นที่ออกแบบ ที่กำหนดนั้นจะต้องมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม เพื่อให้สามารถคำนวณค่าความสว่างเฉลี่ยแบบจุดต่อจุดได้ สำหรับจำนวนเสาที่จะใช้นั้นจะขึ้นกับ ขนาดของพื้นที่ และค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการ ส่วนการกำหนดจุดติดตั้งของเสานั้นจะขึ้นกับลักษณะของพื้นที่ออกแบบ

2. กำหนดแบบของโคมฉายที่จะเลือกใช้

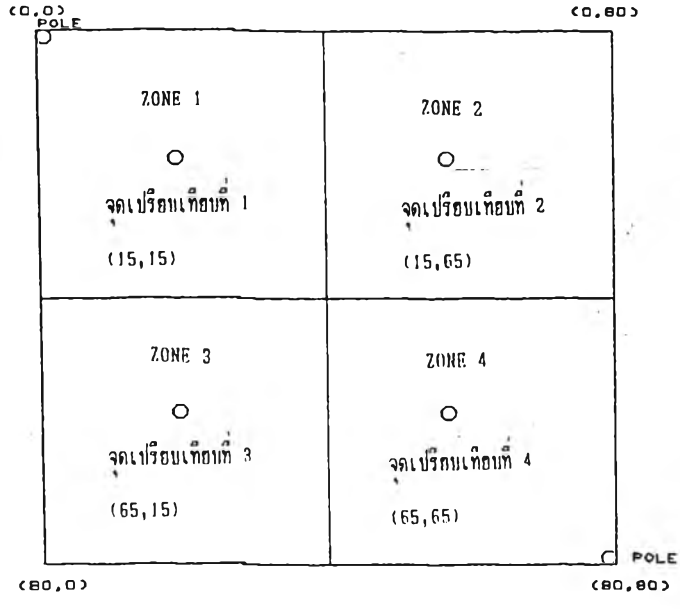
แบบของโคมฉายที่กำหนด เพื่อให้เลือกใช้จะต้องทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ ของโคมฉายไม่ว่าจะเป็นข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง ระบบระนาบมุมที่วัดค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง ค่า Beam Lamp Flux ของหลอดไฟ และราคา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถหาได้จากผู้ผลิตโคมฉาย



รูปที่ 5.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการหาค่าเหมาะสมที่สุดของการออกแบบไฟส่องสว่างพื้นที่

3. กำหนดจำนวนโซน และขนาด

จากพื้นที่ออกแบบที่กำหนดขึ้น ให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน ๆ โดยขนาดของแต่ละโซนนั้นอาจเท่า หรือไม่เท่ากันก็ได้ แต่ลักษณะของพื้นที่ที่แบ่งนั้นจะต้องเป็นสี่เหลี่ยมเช่นเดียวกับพื้นที่ออกแบบ นอกจากนี้ในแต่ละโซนจะต้องทำการกำหนดจุดเล็งเปรียบเทียบ เพื่อใช้เป็นจุดเล็งของโคมฉายทุกแบบที่จะเลือกในแต่ละโซน รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการแบ่งโซน และจุดเปรียบเทียบ



รูปที่ 5.2 แสดงการแบ่งโซน และจุดเปรียบเทียบ

4. กำหนดค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ออกแบบที่ต้องการ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย

ค่าสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ที่ต้องการจะต้องกำหนดขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณหาจำนวนโคมที่จะต้องใช้ในแต่ละแบบ ซึ่งในการคำนวณหาจำนวนโคมที่จะใช้ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีลักษณะเป็นการแบ่งพื้นที่เป็นโซน ๆ แล้วคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนโซน ซึ่งเป็นการคำนวณของพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งในกรณีของการคำนวณพื้นที่ขนาดเล็กนี้ทาง IES ให้คิดว่าจะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง

(CU) ประมาณ 0.4-0.5 เท่านั้น กล่าวคือ จะมีปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างตกลงบนโซนประมาณ 40-50% ของฟลักซ์การส่องสว่างจากหลอดไฟ ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะในโซนเพียงอย่างเดียวก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงใกล้เคียงกับที่ IES แนะนำไว้ แต่เมื่อพิจารณาทั้งพื้นที่ออกแบบ ค่าความสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉายในแต่ละโซนจะมีค่าเท่ากับ 1 หรือใกล้เคียง เพราะฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกนอกโซนยังอาจอยู่ในพื้นที่ออกแบบ ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ว่า

$$Eav_u = \phi_o . A \quad \text{ลักซ์}$$

$$Eav_o = CU . \phi_o . A \quad \text{ลักซ์}$$

$$Eav_o / Eav_u = CU \quad \text{ลักซ์}$$

$$Eav_o = Eav_u . CU \quad \text{ลักซ์}$$

เมื่อ Eav_u = ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการจริง

Eav_o = ค่าความสว่างเฉลี่ยที่จะนำไปใช้คำนวณ

CU = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย

ϕ_o = ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ

จากเหตุผลข้างต้น ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการในแต่ละโซนที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนโคมฉายจะมีค่าเท่ากับ ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการจริงคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย ซึ่งค่าสัมประสิทธิการใช้แสงของโคมฉายบนพื้นที่เล็กจะมีค่าประมาณ 0.4-0.5

5. การเลือกแบบโคมฉาย และประมาณจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบ

การเลือกแบบ และประมาณจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบ จะเริ่มต้นจากโซน ๆ แรก โดยจะหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนโซนจากโคมที่มีให้

เลือกทุกแบบ โดยจะถือว่าโคมฉายเหล่านี้ติดตั้งบนเสาต้นแรก และมีจุดเล็งโคมฉายจุดเดียวกันคือจุดเปรียบเทียบที่กำหนดของโซน ๆ แรก โดยขณะนี้จะถือว่าจุดเปรียบเทียบดังกล่าวเป็นจุดเล็งที่ดีที่สุดของโคมทุกแบบ เมื่อทำการคำนวณลักษณะข้างต้นจนครบทุกเสาที่มีจะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยบนโซนแรก จากโคมทุกแบบที่ติดตั้งบนเสาแต่ละต้นดังนี้

$$[Eav_1, Eav_2, \ldots, Eav_T]_1$$

$$[Eav_1, Eav_2, \ldots, Eav_T]_2$$

$$\vdots$$

$$[Eav_1, Eav_2, \ldots, Eav_T]_P$$

เมื่อ

T = จำนวนแบบโคมฉายที่มีให้เลือก

P = จำนวนเสา

เมื่อได้ค่าความสว่างเฉลี่ยจากโคมฉายทุกแบบแล้ว จะทำการเปรียบเทียบค่าความสว่างเฉลี่ยของโคมฉายแบบเดียวกัน แต่ติดตั้งบนเสาคนละต้นซึ่งจะได้ว่าโคมฉายแบบนี้ควรติดตั้งบนเสาต้นใด จึงจะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะนี้กับโคมฉายทุกแบบ แล้วจะทำให้ทราบว่าบนโซน ๆ แรกนี้ ควรใช้โคมฉายในแต่ละแบบจากเสาต้นใด ซึ่งเขียนได้เป็น

$$Eav_1, Eav_2, \ldots, Eav_T$$

T = จำนวนแบบโคมฉายที่มีให้เลือก

หลังจากได้ค่าความสว่างเฉลี่ยข้างต้นแล้ว จะคำนวณหาจำนวนโคมในแต่ละแบบโดยวิธีSimplex โดยผลรวมของราคาโคมฉายทุกแบบจะเป็นออปเจกทีฟฟังก์ชั่น และค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนโซน ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนพื้นที่ กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของ

โคมฉาย จะเป็นเงื่อนไขของปัญหา โดยเขียนเป็นสมการได้

$$C = N_1C_1 + N_2C_2 + \ldots + N_TC_T$$

$$Eav_c = Eav_u \times CU$$

$$Eav_c = N_1Eav_1 + N_2Eav_2 + \ldots + N_TEav_T$$

$$N_1, N_2, \ldots, N_T \geq 0$$

โดย

Eav_u = ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนพื้นที่ออกแบบ (ลักซ์)

Eav_c = ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบนแต่ละโซน (ลักซ์)

CU = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมฉาย

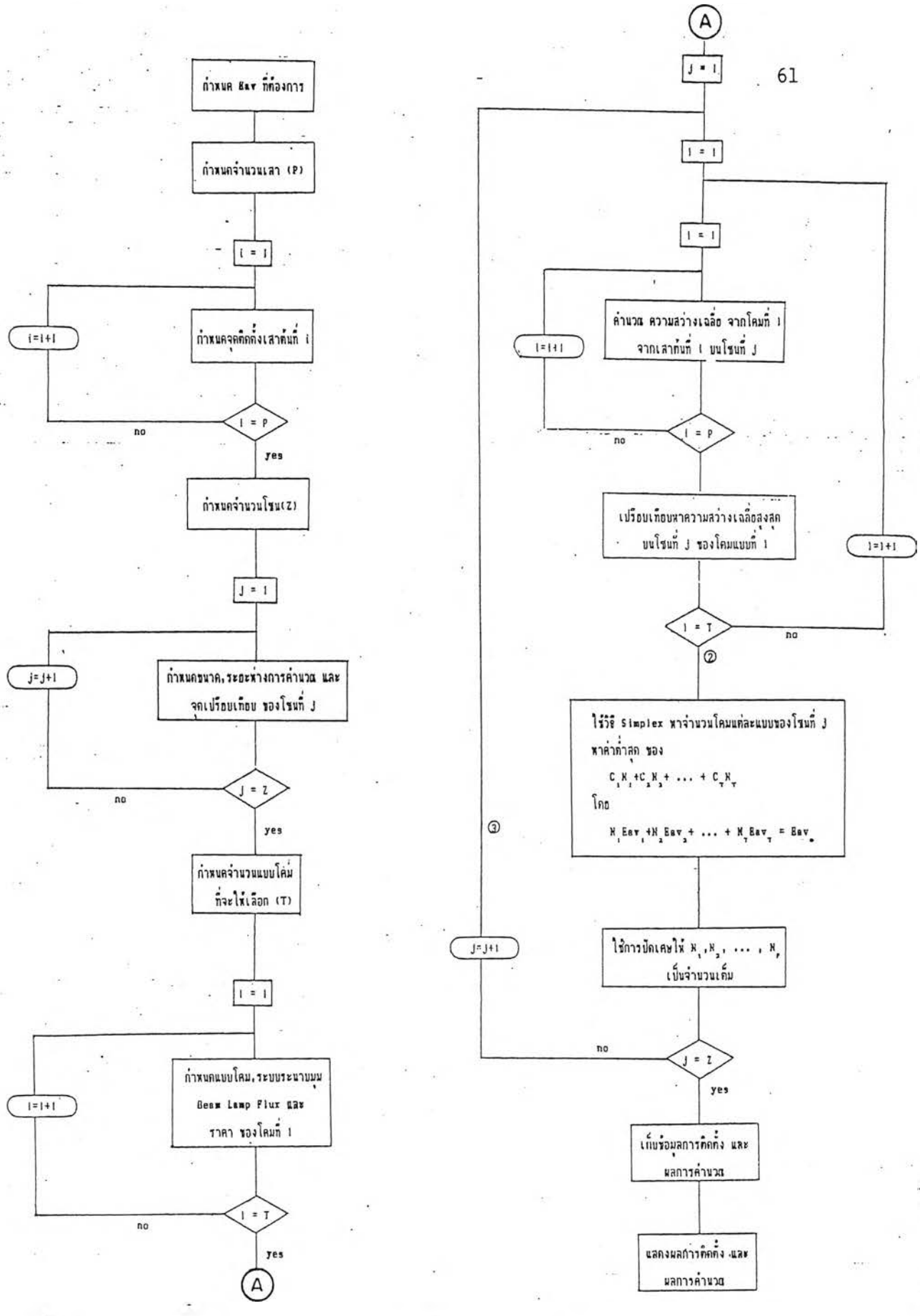
C_i = ราคาของโคมฉายแต่ละแบบ (บาท)

N_i = จำนวนโคมฉายในแต่ละแบบ

$i = 1, 2, \ldots, T$

จากสมการค่าใช้จ่าย ซึ่งต้องการให้มีค่าต่ำสุด และสมการค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องได้จากโซน ๆ แรกนี้จะใช้ วิธี Simplex มาคำนวณหาจำนวนโคมฉายที่ใช้ในแต่ละแบบ

ผลลัพท์ที่ได้จากวิธี Simplex จะได้ค่าของ N_i โดย i จะเท่ากับ 1 ถึง T โดยค่า N_i ที่ได้นี้จะไม่เป็นเลขจำนวนเต็ม แต่จำนวนโคมฉายนั้นจะเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้นค่า N_i ที่ได้จะต้องนำมาปัดเศษ การปัดเศษนี้จะทำการปัดเศษขึ้น และลง กับจำนวนโคมฉายที่คำนวณได้ทุกจำนวน โดยถ้าปัดเศษของจำนวนใดขึ้นจำนวนที่เหลือจะปัดเศษลง แล้วหาชุดที่ให้ค่าใช้จ่าย และค่าความสว่างเฉลี่ยที่ดีที่สุด โดยจะถือว่าค่าความสว่างเฉลี่ยจะต้องได้ตามที่ต้องการก่อน หลังจากได้จำนวนโคมฉายในแต่ละแบบแล้วจะถือว่าเสร็จสิ้นการคำนวณของโซนที่หนึ่ง ซึ่งสำหรับโซนอื่น ๆ ก็จะมีการคำนวณลักษณะเดียวกันนี้ไปจนครบทุกโซนที่ทำการแบ่ง รูปที่ 5.3 จะแสดงขั้นตอนการเลือกแบบ และประมาณจำนวณโคมฉายในแต่ละแบบ



รูปที่ 5.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการเลือกแบบ และ
ประมาณจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบ

สำหรับการเลือกแบบ และประมาณจำนวนโคมฉาย ดังวิธีข้างต้นจะเป็นการเลือกแบบ เพื่อช่วยในการออกแบบเท่านั้นเพราะถ้าจุดเปรียบเทียบในแต่ละโซนเปลี่ยนไป แบบของโคมที่เลือก และจำนวนโคมฉายในแต่ละแบบอาจเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

6. การกำหนดจุดเล็งโคมฉาย

การนำเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด วิธี Rosenbrock แบบมีสมการเงื่อนไขมาใช้หาจุดเล็งโคมฉายนั้น จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับวิธี Rosenbrock ว่าวิธีนี้จะใช้การเปรียบเทียบค่าออปเจกทีฟฟังก์ชั่น ที่ได้จากการเปลี่ยนค่าตัวแปร เพื่อนำไปสู่การได้ค่าออปเจกทีฟฟังก์ชั่นที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการหาจุดเล็งโคมฉายจะเขียนออปเจกทีฟฟังก์ชั่นได้ดังนี้

หาค่าจุดสูงสุดของ $Eav(A_1, A_2, \ldots, A_n)$

เมื่อ $A_1, A_2, \ldots, A_n$ = จุดเล็งโคมตั้งแต่โคมที่ 1 จนถึงโคมที่ n

สำหรับจุดเล็งของโคมฉาย (A) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการหานี้แสดงได้ด้วย ระบบโคออร์ดิเนต X-Y หรือมุมเล็ง-มุมหัน ซึ่งในการกำหนดจุดเล็งเริ่มต้นควรใช้ระบบโคออร์ดิเนต X-Y เพราะง่ายกว่า การกำหนดด้วยมุมเล็ง-มุมหัน แต่ในการคำนวณวิธี Rosenbrock เพื่อหาจุดเล็งของโคมฉายควรใช้ มุมเล็ง-มุมหัน เป็นตัวกำหนดจุดเล็งเพราะ วิธี Rosenbrock จะต้องทำการ คำนวณค่าความสว่างเฉลี่ยบ่อยครั้ง ซึ่งค่าความสว่างเฉลี่ยนี้จะหาจากมุมเล็ง-มุมหันได้ง่ายกว่าจากระบบโคออร์ดิเนต X-Y และ อีกเหตุผลหนึ่งก็ คือผลที่ได้นั้นจะอยู่ในรูป มุมเล็ง-มุมหัน ซึ่งจะนำไปใช้ในการติดตั้งได้ง่ายกว่าระบบโคออร์ดิเนต X-Y ดังนั้นจากสมการข้างต้นจะเขียนออปเจกทีฟฟังก์ชั่นได้

หาค่าสูงสุดของ $Eav(\delta_1, \gamma_1, \delta_2, \gamma_2, \ldots, \delta_n, \gamma_n)$

เมื่อ

θ = มุมเล็งของโคมฉาย

σ = มุมหันของโคมฉาย

n = จำนวนโคมฉาย

เมื่อเขียนมุมเล็ง-มุมหันในรูปตัวแปร x จะได้

หาค่าสูงสุดของ $Eav\ (x_1, x_2, \ldots, x_{2n-1}, x_{2n})$

เมื่อ

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ = มุมเล็งของโคมฉาย

$x_{n+1}, x_{n+2}, \ldots, x_{2n}$ = มุมหันของโคมฉาย

n = จำนวนโคมฉาย

สมการข้างบนจะเป็นออปเจกทีฟฟังก์ชั่น ที่ต้องการหาค่าสูงสุด โดยที่ตัวแปร คือ มุมเล็ง-มุมหัน ของโคมฉายแต่ละโคม สำหรับเงื่อนไขของปัญหา ในการหาจุดเล็งโคมฉายโดยวิธี Rosenbrock คือ ค่าความสม่ำเสมอของความสว่าง ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการได้ ดังนี้

เงื่อนไข

$Emin/Eav \geq u_0$

$Emin/Emax \geq u_1$

เมื่อ

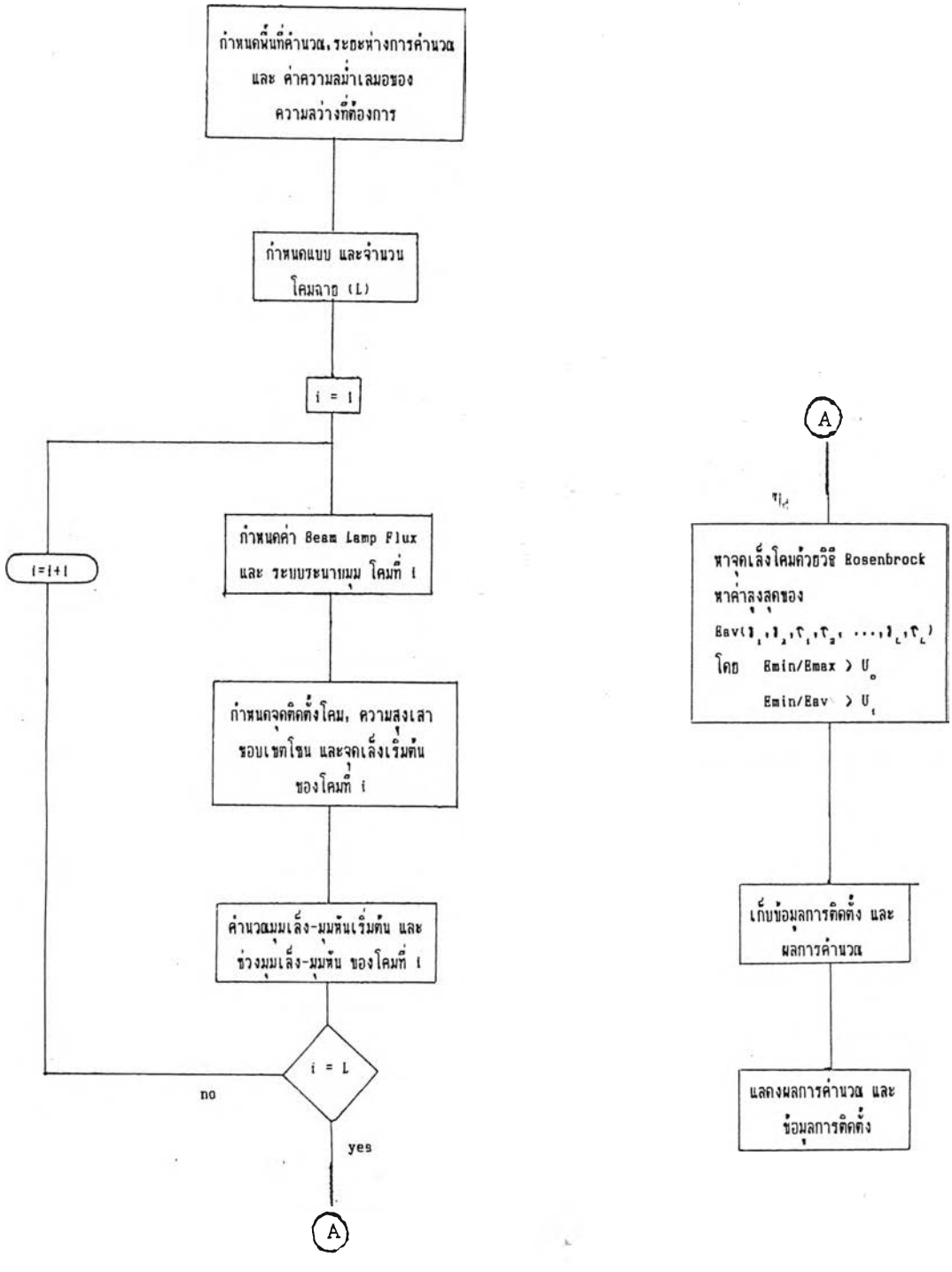
Eav = ค่าความสว่างเฉลี่ย (ลักซ์)

Emin = ค่าความสว่างต่ำสุด (ลักซ์)

Emax = ค่าความสว่างสูงสุด (ลักซ์)

U_0, U_1 = ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างที่ต้องการ

การคำนวณหาจุดเล็งโคมฉายโดยวิธี Rosenbrock จะเริ่มต้นโดยนำ ลักษณะการติดตั้งโคมฉายแต่ละโคมมาคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ย โดยจะต้องมีการกำหนดจุดเล็งเริ่มต้น เมื่อคำนวณค่าความสว่างเฉลี่ยค่าแรกได้แล้วก็จะเริ่มเปลี่ยนจุดเล็งโคมฉายตามขั้นตอนการคำนวณของวิธี Rosenbrock แบบมีสมการเงื่อนไข ซึ่งแผนผังขั้นตอนของการหาจุดเล็งโคมฉาย แสดงได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงแผนผังขั้นตอนการหาจุดเล็งโคมฉาย