

บทที่ 6

วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมและการเข้ารหัสสำหรับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

ในบทนี้ กล่าวถึงเทคนิคการเข้ารหัสของชุดโครโมโซมให้เหมาะสมกับปัญหาการจัดกำลังการผลิตให้คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แนวคิดการแบ่งโหลดไปสู่แต่ละหน่วยผลิต เพื่อให้กำลังการผลิตรวมเพียงพอต่อความต้องการโหลดรวมถึงการชดเชยความสูญเสียในระบบส่ง เทคนิคนี้จะช่วยจัดการข้อจำกัดในการผลิตที่มีอยู่ได้เป็นอย่างดี และเหมาะสำหรับการจัดกำลังการผลิตโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม โดยใช้แทนเทคนิคการปรับโทษค่าฟังก์ชันเป้าหมายที่ใช้อยู่เดิม สำหรับในกรณีที่กำลังการผลิตมีค่าไม่ถูกต้องตามข้อจำกัด เช่น กำลังการผลิตรวมมีค่าไม่เท่ากับความต้องการโหลดรวมถึงค่าความสูญเสียในระบบ เป็นต้น

เทคนิคนี้นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาการออกแบบฟังก์ชันปรับโทษและแฟลเตอร์ค่าการปรับโทษแล้วยังช่วยลดผลกระทบจากการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับฟังก์ชันเป้าหมายหลายกลุ่ม ลดการออกแบบแฟลเตอร์ค่าน้ำหนักที่ใช้ในการปรับค่าในแต่ละฟังก์ชันเป้าหมาย และผลกระทบที่จะตามมาจากออกแบบฟังก์ชันและแฟลเตอร์ที่ไม่เหมาะสม เช่น คุณลักษณะการลู่เข้าสู่คำตอบ, ผลของการลู่เข้าสู่คำตอบที่เร็วมากเกินไป และผลของขบวนการคัดเลือกและการดำเนินการทางพันธุศาสตร์จากความแตกต่างระหว่างค่าความเหมาะสมของชุดโครโมโซม

จากผลของการแบ่งโหลดไปสู่แต่ละหน่วยผลิตโดยไม่ต้องใช้ฟังก์ชันการปรับโทษ ทำให้พื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ลดลงอย่างมาก ดังนั้นเวลาที่ขบวนการทางพันธุศาสตร์ต้องใช้ในการคำนวณเพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาจึงลดลง นอกจากนั้นถ้ามองถึงแฟลเตอร์ความหนาแน่นของจำนวนชุดของโครโมโซม (ขนาดของจำนวนประชากรที่กำหนดไว้) เทียบต่อพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ การใช้แนวคิดการแบ่งโหลดนี้จะช่วยให้แฟลเตอร์ดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น และเป็นเหตุผลที่สำคัญในการลดเวลาในการค้นหาคำตอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

6.1 วิธีการจัดการกับข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้า

จากสมการข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการโหลดรวมถึงการชดเชยความสูญเสียจากการส่งผ่านพลังงานผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูง สามารถสร้างสมการข้อจำกัดสำหรับวิธีเจเนติกอัลกอริทึมได้จาก

6.1.1 สมการปรับโทษ

เนื่องจากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม จะใช้ค่าความเหมาะสมในการสะท้อนถึงโอกาสที่จะถูกคัดเลือกเป็นชุดโครโมโซมพ่อแม่ สำหรับสร้างชุดโครโมโซมใหม่ในประชากรรุ่นต่อไป ทำให้ต้องออกแบบค่าสมการค่าความเหมาะสมให้สอดคล้องกับสมการเป้าหมายจากปัญหาที่พิจารณาวิธีการใช้สมการปรับ

โทษนี้เป็นวิธีการคำนวณที่ง่าย โดยใช้เทอมสมการปรับโทษร่วมกับฟังก์ชันเป้าหมายเดิมดังสมการ ถ้ากำหนดให้ปัญหาที่พิจารณาเป็นปัญหาการคำนวณหาค่าเหมาะสมที่สุด

$$f'_{obj} = f_{obj} + \Phi(P_{g,i}) \quad (6.1)$$

$$f_i = \frac{1}{\left(w_1 f'_{obj} + w_2 \Phi \left(\sum_{i=1}^n P_{g,i} - P_L - P_D \right) \right)} \quad (6.2)$$

โดยที่ $\Phi()$ คือฟังก์ชันการปรับโทษ
 w_1, w_2 คือแฟกเตอร์ค่าน้ำหนัก

6.1.2 สมการจากฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิง

วิธีนี้จะใช้ค่าความผิดพลาดสูงสุดและต่ำสุดมาใช้ในการปรับอัตราความสูญเสียที่เกิดขึ้น ตั้งสมการ

$$l_{err} = \left| \sum_{i=1}^n P_{g,i} - P_L - P_D \right| \quad (6.3)$$

$$\%l_{err} = \frac{l_{err} - l_{err}^{\min}}{l_{err}^{\max} - l_{err}^{\min}} \quad (6.4)$$

โดยที่ l_{err} คือค่าผิดพลาดจากการผลิตกำลังไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)
 $l_{err}^{\max}$ คือค่าผิดพลาดมากที่สุดจากการผลิตกำลังไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)
 $l_{err}^{\min}$ คือค่าผิดพลาดน้อยที่สุดจากการผลิตกำลังไฟฟ้า (เมกกะวัตต์)

ในทำนองเดียวกันต้นทุนราคาเชื้อเพลิง ก็สามารถสร้างเป็นสมการในลักษณะเดียวกัน

$$\%C_i = \frac{C_i - C^{\min}}{C^{\max} - C^{\min}} \quad (6.5)$$

โดยที่ C_i คือค่าต้นทุนการผลิตรวมจากชุดโครโมโซม i (บาท)
 $C^{\max}$ คือค่าต้นทุนการผลิตรวมสูงสุดในประชากร (บาท)
 $C^{\min}$ คือค่าต้นทุนการผลิตรวมต่ำสุดในประชากร (บาท)

ฟังก์ชันความเหมาะสมที่ได้คือ

$$f_i = SF_1 * [(1 - \%FC_i)^{SP_1}] + SF_2 [(1 - \%l_{err})^{SP_2}] \quad (6.6)$$

โดยที่ SF_1, SF_2, SP_1 และ SP_2 คือแฟกเตอร์การปรับค่า

6.1.3 สมการจากฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น

จากทฤษฎีการจัดค่าแลมป์ดาให้เท่ากันทั้งระบบ สามารถสร้างสมการความผิดพลาดแลมป์ดาได้เป็น

$$\lambda_{err} = \sum |\lambda_{ave} - \lambda_i| \quad (6.7)$$

$$\% \lambda_{err} = \frac{\lambda_{err} - \lambda_{err}^{\min}}{\lambda_{err}^{\max} - \lambda_{err}^{\min}} \quad (6.8)$$

โดยที่	λ_{err}	คือค่าความผิดพลาดของค่าแลมป์ดา (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
	λ_{ave}	คือค่าแลมป์ดาเฉลี่ย (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
	λ_i	คือค่าแลมป์ดาจากหน่วยผลิตไฟฟ้า i (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
	$\lambda_{err}^{\max}$	คือค่าความผิดพลาดสูงสุดของค่าแลมป์ดาในประชากร (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
	$\lambda_{err}^{\min}$	คือค่าความผิดพลาดต่ำสุดของค่าแลมป์ดาในประชากร (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

ฟังก์ชันความเหมาะสมที่ได้คือ

$$f_i = SF_1 * [(1 - \% \lambda_{err})^{SP_1}] + SF_2 [(1 - \% l_{err})^{SP_2}] \quad (6.9)$$

โดยที่ SF_1, SF_2, SP_1 และ SP_2 คือแฟกเตอร์การปรับค่า

*ข้อสังเกต วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่ฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงมีลักษณะคอนเวกซ์เท่านั้น

6.1.4 สมการจากค่าแลมป์ดาของระบบ

วิธีนี้ใช้ค่าแลมป์ดาของระบบมาใช้นำมาหาค่าลังการผลิตในแต่ละหน่วยผลิตที่ต้องการ โดยใช้ฟังก์ชันความเหมาะสมดังนี้

$$f_i = \frac{1}{1 + k \left(\frac{l_{err}}{P_D} \right)} \quad (6.10)$$

โดยที่ k คือแฟกเตอร์การปรับค่า

*ข้อสังเกต วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่ฟังก์ชันต้นทุนราคาเชื้อเพลิงมีลักษณะคอนเวกซ์เท่านั้น

6.2 วิธีการคำนวณกำลังการผลิตอ้างอิงเมื่อคำนึงถึงความสูญเสียในระบบส่ง

การกำหนดหน่วยผลิตอ้างอิงเพื่อใช้ชดเชยความสูญเสียในระบบส่ง จะใช้เพื่อคำนวณค่ากำลังการผลิตของหน่วยผลิตอ้างอิง P_n จากสมการข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้าเมื่อกำหนดค่ากำลังการผลิต P_1 ถึง P_{n-1} โดยที่

$$P_n = P_{demand} + P_{loss} - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \quad (6.11)$$

และสมการความสูญเสียของระบบส่งสามารถจัดรูปใหม่ให้สอดคล้องกับลักษณะของหน่วยผลิตอ้างอิง

$$P_{loss} = [P_j^T \ P_n] \begin{bmatrix} B_{jj} & B_{jn} \\ B_{nj} & B_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_j \\ P_n \end{bmatrix} + [P_j^T \ P_n] \begin{bmatrix} B_{j0} \\ B_{n0} \end{bmatrix} + B_{00} \quad (6.12)$$

นำสมการที่ 6.12 แทนเข้าในสมการ 6.11 และจัดรูปสมการใหม่

$$P_n = P_{demand} + [P_j^T \ P_n] \begin{bmatrix} B_{jj} & B_{jn} \\ B_{nj} & B_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_j \\ P_n \end{bmatrix} + [P_j^T \ P_n] \begin{bmatrix} B_{j0} \\ B_{n0} \end{bmatrix} + B_{00} - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \quad (6.13)$$

$$P_n = P_{demand} + (P_j^T B_{jj} + P_n B_{nj}) P_j + (P_j^T B_{jn} + P_n B_{nn}) P_n + P_j^T B_{j0} + P_n B_{n0} + B_{00} - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \quad (6.14)$$

เขียนเป็นสมการในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$aP_n^2 + bP_n + c = 0, \quad (6.15)$$

โดยที่

$$a = -B_{nn}, \quad (6.16)$$

$$b = 1 - B_{nj}P_j - P_j^T B_{jn} - B_{n0}, \quad (6.17)$$

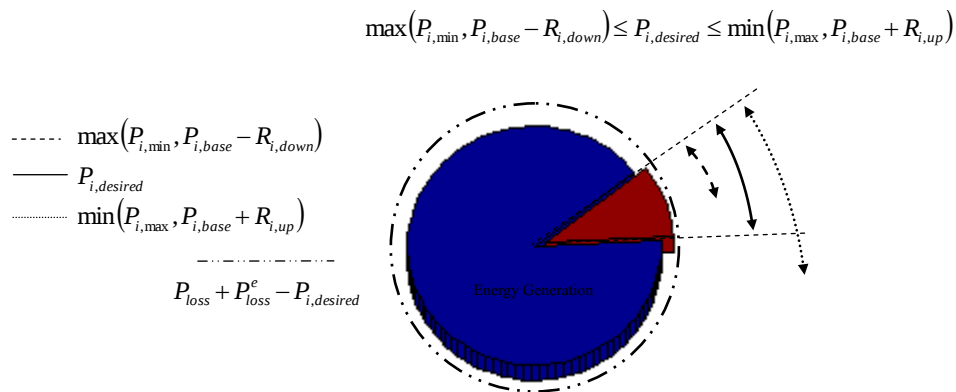
$$c = -P_j^T B_{jj} P_j - P_j^T B_{j0} - B_{00} - P_{demand} + \sum_{i=1}^{n-1} P_i. \quad (6.17)$$

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการเลือกหน่วยผลิตอ้างอิงจะเลือกจากหน่วยผลิตที่มีขนาดกำลังการผลิตที่ใหญ่ที่สุดในระบบ เพื่อให้มีช่วงกำลังการผลิตที่กว้างพอ และสามารถรองรับค่าความสูญเสียของระบบส่งที่เกิดขึ้นได้

6.3 วิธีแซร์ริงอัลกอริทึม

เมื่อพิจารณาถึงปัญหาการจัดกำลังการผลิตที่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์นั้น ค่าฟังก์ชันเป้าหมายจะแทนด้วยสมการต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวม และสมการข้อจำกัดจะแทนด้วยสมการกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม ซึ่งจากสมการดังกล่าวจะพบว่า ในการออกแบบฟังก์ชันปรับโทษ แพลคเตอร์ ปรับโทษ และแพลคเตอร์ค่าน้ำหนักให้เหมาะสมกับปัญหาการจัดกำลังการผลิตนั้นมีความยุ่งยากมาก โดยต้องคำนึงถึงหน่วยของสมการต้นทุนราคาเชื้อเพลิงรวม (ล้านบาท) และหน่วยที่ได้จากการปรับโทษสมการข้อจำกัดในการผลิตให้เพียงพอ

วิธีการแบ่งโหลดเป็นวิธีที่ช่วยกระจายกำลังการผลิตไปสู่หน่วยผลิตต่างๆให้เหมาะสม เมื่อคำนึงถึงกำลังการผลิตที่แต่ละหน่วยผลิตสามารถผลิตได้ ดังรูปต่อไปนี้ [80]



รูปที่ 6.1 แนวคิดของวิธีแซร์ริงอัลกอริทึม

จากรูปจะพบว่า ถ้ากำลังการผลิตของหน่วยผลิตที่สามารถผลิตได้จะมีค่าอยู่ในช่วงตามสมการ

$$\max(P_{i,\min}, P_{i,\text{base}} - R_{i,\text{down}}) \leq P_{i,\text{desired}} \leq \min(P_{i,\max}, P_{i,\text{base}} + R_{i,\text{up}}) \quad (6.18)$$

- เมื่อ $P_{i,\text{desired}}$ คือกำลังการผลิตของหน่วยผลิต i ที่ต้องการ (เมกะวัตต์)
 $P_{i,\text{base}}$ คือกำลังการผลิตเดิมของหน่วยผลิต i (เมกะวัตต์)
 $P_{i,\text{max}}$ คือกำลังการผลิตที่มากที่สุดของหน่วยผลิต i ที่สามารถผลิตได้ (เมกะวัตต์)
 $P_{i,\text{min}}$ คือกำลังการผลิตที่น้อยที่สุดของหน่วยผลิต i ที่สามารถผลิตได้ (เมกะวัตต์)

$R_{i,up}$ คือกำลังการผลิตที่หน่วยผลิต i สามารถผลิตเพิ่มขึ้นได้ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (เมกะวัตต์)

$R_{i,down}$ คือกำลังการผลิตที่หน่วยผลิต i สามารถผลิตลดลงได้ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (เมกะวัตต์)

วิธีแซร์ริงอัลกอริทึมเริ่มต้นจากการนำค่าความต้องการของโหลดที่ต้องการร่วมกับกำลังการผลิตเริ่มต้นของหน่วยผลิต มาทำการคำนวณค่าประมาณการณำลังการผลิตรวม จากนั้นเริ่มสุ่มค่าเริ่มต้นให้กับหน่วยผลิตแรกในช่วงการผลิตที่เป็นไปได้ และคำนวณหา กำลังการผลิตที่เหลืออยู่ โดยถ้า กำลังการผลิตที่เหลืออยู่ มีค่าในช่วงผลรวมของกำลังการผลิตที่ต่ำที่สุดของหน่วยผลิตที่เหลือ และผลรวมของกำลังการผลิตที่สูงที่สุดของหน่วยผลิตที่เหลือ ค่าการสุ่มนั้นจะเป็นค่าที่ยอมรับได้

แต่ถ้ากำลังการผลิตที่เหลืออยู่มีค่าน้อยกว่าผลรวมของกำลังการผลิตที่ต่ำที่สุดของหน่วยผลิตที่เหลือ จะต้องทำการเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นจากการสุ่มค่าในช่วงกำลังการผลิตใหม่ ในทำนองเดียวกัน ถ้า กำลังการผลิตที่เหลืออยู่มีค่ามากกว่าผลรวมของกำลังการผลิตที่มากที่สุดของหน่วยผลิตที่เหลือ จะต้องทำการลดกำลังการผลิตขึ้นจากการสุ่มค่าในช่วงกำลังการผลิตใหม่เช่นเดียวกัน

เมื่อการสุ่มค่าทั้งหมดสิ้นสุดลง จะสามารถคำนวณหา กำลังการผลิตของหน่วยผลิตอ้างอิงจาก สมการ 6.15 ถึง 6.17 โดยถ้ากำลังการผลิตที่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ก็เริ่มขบวนการทางพันธุศาสตร์ได้ตามปกติ แต่ถ้ากำลังการผลิตที่ได้ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ก็จะกลับไปเริ่มการปรับค่าใหม่ โดยการปรับค่า ความสูญเสียใหม่จากสัดส่วนของส่วนต่างของค่ากำลังการผลิตนั้น โดยการทำงานของวิธีแซร์ริงอัลกอริทึม แสดงไว้ดังรูปที่ 6.2

ในส่วนของการจำกัดการผลิตไฟฟ้าสูงสุด/ต่ำสุดของแต่ละหน่วยผลิตสามารถแทนด้วยเทคนิคการเข้ารหัสตามสตริงไบนารี ดังนี้

$$P_{i,norm} = \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{2^i} \quad d_i \in \{0,1\} \quad (6.19)$$

$$P_{i,desired} = P_{i,base} - R_{i,down} + P_{i,norm}(R_{i,up} + R_{i,down}) \quad d_i \in \{0,1\} \quad (6.20)$$

ซึ่งจากวิธีแซร์ริงอัลกอริทึมดังกล่าวทำให้ไม่ต้องใช้การปรับโทษจากสมการหรืออสมการต่างๆ ที่มีอยู่ในปัญหาการจัดกำลังการผลิต ทำให้สามารถใช้สมการค่าความเหมาะสมจากค่าต้นทุนกำลังการผลิตรวมได้โดยตรง ลดผลกระทบจากการออกแบบฟังก์ชันปรับโทษที่เหมาะสมและผลกระทบจากฟังก์ชันหลายเป้าหมาย ลดจำนวนของชุดโครโมโซมที่ใช้ในการเข้ารหัสลงได้ 1 ชุด เมื่อเทียบกับการเข้ารหัสโดยใช้ฟังก์ชันการปรับโทษแบบเดิม อีกทั้งวิธีแซร์ริงอัลกอริทึมยังช่วยลดพื้นที่คำตอบที่ไม่

[For any individual]

1. Estimate total transmission loss, P_{loss}^e , from the current condition
2. Randomly generate initial power output in feasible range
3. Set $MWLeft = P_{load} + P_{loss}^e - P_{1,desired}$
4. While igen != $n - 1$
5. Random the next power output of a generation in a feasible range
6. Compute new $MWLeft$
7. If $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,min} \leq MWLeft \leq \sum_{i=1}^{genleft} P_{i,max}$ then goto 13
8. Else if $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,min} \geq MWLeft$ then
9. forceup = true; bias randomly power output with higher level;
10. Else if $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,max} \leq MWLeft$ then
11. forcedn = true; bias randomly power output with lower level;
12. End
13. Check power balancing constraint
14. If violation = true then goto 2
15. Perform all genetic operators

รูปที่ 6.2 การทำงานของวิธีแชร์ริงอัลกอริทึม

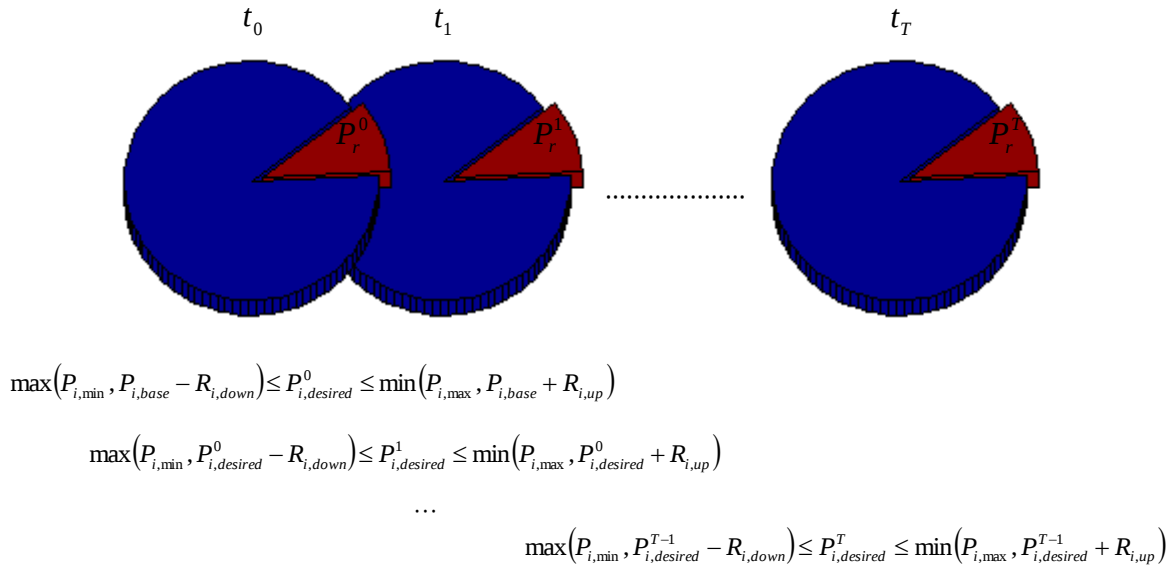
จำเป็นออกไปได้เป็นอย่างมาก โดยสมการฟังก์ชันความเหมาะสมใหม่คือ

$$f_i = \frac{1}{C_T} \quad (6.10)$$

6.4 การประยุกต์ใช้วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะ

ไดแนมิก

จากแนวคิดของวิธีแชร์ริงอัลกอริทึมเดิมที่ใช้สำหรับช่วงเวลาหนึ่ง ขอบเขตกำลังการผลิตต่ำ/สูงที่สุดจะพิจารณาจากกำลังการผลิตเริ่มต้นของแต่ละหน่วยผลิต ซึ่งเทคนิคนี้การแบ่งโหลดนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิกได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6.3 แนวคิดของวิธีแชร์ริงอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิก

แนวคิดการแบ่งโหลดสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิกมีลักษณะการทำงานที่เป็นคาบเวลา ตามลักษณะของค่าโหลดที่เปลี่ยนไป โดยที่การจัดกำลังการผลิตที่อยู่ในคาบเวลาที่สูงกว่า $(t+1)$ จะมีค่าอยู่ภายใต้ข้อจำกัดดังสมการ 6.18

การคำนวณเริ่มจากการคำนวณเริ่มต้น โดยคำนวณตามวิธีแชร์ริงอัลกอริทึมและคำนวณหาลำกำลังผลิตอ้างอิงในคาบเวลาดังกล่าว จากนั้นทำการคำนวณแบ่งโหลดในคาบการคำนวณถัดไปโดยข้อจำกัดการผลิตตามสมการที่ 6.18 โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่ากำลังการผลิตที่ได้จากการคำนวณก่อนหน้านี้ และเมื่อการคำนวณการแบ่งโหลดสิ้นสุดลง ค่ากำลังการผลิตที่ได้ในแต่ละหน่วยผลิตจะเป็นค่ากำลังการผลิตเริ่มต้นในคาบการคำนวณถัดไป จนกระทั่งถึงรอบการคำนวณสุดท้าย กำลังการผลิตของแต่ละหน่วยผลิตที่คำนวณได้ในแต่ละคาบเวลาจะเป็นแผนการเดินทางเครื่องในลักษณะไดแนมิก ภายใต้ข้อกำหนดกำลังการผลิตที่เพิ่ม/ลด ได้ในแต่ละช่วงเวลา การทำงานโดยสรุปของอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิก แสดงไว้ดังรูป ต่อไปนี้

[For any individual]

1. While intval != T
2. Estimate total transmission loss, P_{loss}^e , from the t condition
3. Randomly generate initial power output in feasible range
4. Set $MWLeft = P_{\text{load}} + P_{\text{loss}}^e - P_{1,\text{desired}}$
5. While igen != $n-1$
6. Calculate new operating limits
7. Random the next power output of a generation in a feasible range

8. Compute new $MWLeft$
9. If $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,min} \leq MWLeft \leq \sum_{i=1}^{genleft} P_{i,max}$ then goto 15
10. Else if $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,min} \geq MWLeft$ then
 11. forceup = true; bias randomly power output with higher level;
12. Else if $\sum_{i=1}^{genleft} P_{i,max} \leq MWLeft$ then
 13. forcedn = true; bias randomly power output with lower level;
14. End
15. Check power balancing constraint
16. If violation = true then goto 3
17. Perform all genetic operators
18. End

รูปที่ 6.4 วิธีแชร์ริงอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดกำลังการผลิตในลักษณะไดแนมิก