

การเปรียบเทียบวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ในขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยน การกระโดดของกบสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

A Comparison of Local Search Methods in Shuffled Frog Leaping Algorithm for Solving Machine Layout Problem

ธนภัทร เอี่ยมตาล และธนิต มาลาการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: i.thanapat@yahoo.com

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร E-mail: tanitm@nu.ac.th

บทคัดย่อ – งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยนการกระโดดของกบ (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) ในการค้นหาวิธีการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อให้ระยะทางในการขนถ่ายวัตถุดิบและ/หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ระหว่างเครื่องจักรในแต่ละสายการผลิตสินค้าด้วยพาหนะเคลื่อนที่อัตโนมัติ (AGV) สั้นที่สุดโดยเลือกใช้วิธีการแปลความหมาย (Interpretation Method: IM) ในขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่ (Local search) จากนั้นนำผลเฉลยที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิธีการสับค่า (Swap Method: SM) และวิธีการปรับแก้ (Adjustment Method: AM) จากการทดลองพบว่าผลเฉลยที่ได้จากทั้ง 3 วิธีให้ค่าคำตอบที่คล้ายคลึงกันในทุกปัญหาทั้งในแง่ค่าคำตอบที่ดีที่สุดและค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ได้

คำสำคัญ – การจัดเรียงเครื่องจักร, วิธีการแปลความหมาย, วิธีการสับค่า, วิธีการปรับแก้, ขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยนการกระโดดของกบ

Abstract - This research applies the so-called Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA) for minimizing the material handling total distance carried by Automated Guided Vehicles (AGV) in the machine layout design problem using the Interpretation Method (IM) in local search processes. The results obtained via

this method are statistically compared with those obtained via the Swap Method (SM) and the Adjustment Method (AM). The empirical results demonstrate that the solutions obtained via the three methods are significantly not different in terms of the best solution and the mean of solutions.

Keywords - Machine Layout, Interpretation Method (IM), Swap Method (SM), Adjustment Method (AM), Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA)

1. บทนำ

การลดต้นทุนในการผลิตถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้สามารถแข่งขันเชิงธุรกิจกับคู่แข่งทางการค้าได้เป็นอย่างดีวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิตคือการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อให้มีระยะทางในการขนถ่ายวัตถุดิบชิ้นส่วนวัสดุหรืออุปกรณ์ระหว่างเครื่องจักรในแต่ละสายการผลิตสินค้าให้มีระยะทางสั้นที่สุดนอกจากจะลดต้นทุนในการผลิตได้แล้วการจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสมจะช่วยลดระยะเวลาในการผลิตลงได้อีกด้วย [1]

การจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสมดังกล่าวนับว่าเป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดซึ่งมีขั้นตอนวิธีในการคำนวณหาผลเฉลยหลายประเภทได้แก่กำหนดการพลวัต (Dynamic programming) วิธีขยายและจำกัดเขต (Branch and bound method) และวิธีการจุดภายใน (Interior point method) แต่

การค้นหาค่าเหมาะด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆข้างต้นใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน โดยเฉพาะสำหรับปัญหาชนิด NP hard [2]

ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการค้นหาค่าเหมาะจึงได้มีการนำเสนอขั้นตอนวิธีที่เรียกว่าวิทยาการศึกษาค้นคว้า (Heuristics) ซึ่งอาศัยหลักการสุ่มค่าตัวอย่างเป็นหลักได้แก่ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) [3] ระบบอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS) [4] วิธีการหาค่าเหมาะที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO) [5] และขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยนการกระโดดของกบ (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) [6]

จากที่ผู้แต่งได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นพบว่า มีการนำขั้นตอนวิธี SFLA มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นครั้งแรกใน [7] ซึ่งเลือกใช้วิธีการสับค่า (Swap Method: SM) และวิธีการปรับแก้ (Adjustment Method: AM) ในขั้นตอนการค้นหาค่าเหมาะที่ (Local search) งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีการแปลความหมาย (Interpretation Method: IM) ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการค้นหาค่าเหมาะเพื่อนำมาทดลองใช้และนำผลเฉลยที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองใน [7-9] เนื่องจากวิธีการแปลความหมายนั้นมีลักษณะวิธีการค้นหาใกล้เคียงกับขั้นตอนวิธีที่ถูกนำเสนอใน [6] อย่างมาก

2. ขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยนการกระโดดของกบ (SFLA)

ขั้นตอนวิธี SFLA ซึ่งคิดค้นโดย Eusuff ใน [6] มีแนวคิดมาจากการเลียนแบบพฤติกรรมทางธรรมชาติของกบในการค้นหาอาหารโดยกระบวนการในการหาค่าเหมาะด้วยขั้นตอนวิธี SFLA นั้นมีความเรียบง่ายไม่ซับซ้อนมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับขั้นตอนวิธีอื่นเช่น GA, PSO และ ACS อีกทั้งอาศัยขั้นตอนการค้นหาค่าเหมาะที่ในแต่ละกลุ่มของประชากรกบก่อนที่จะนำประชากรกบของทุกกลุ่มมาจัดเรียงกันซึ่งการค้นหาในลักษณะดังกล่าวนี้จะช่วยลดการเกิดผลเฉลยเฉพาะที่ (Local optimum) ได้สำหรับขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธี SFLA มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรกบ (Frogs: F) ซึ่งกบแต่ละตัวเป็นตัวแทนของผลเฉลยของปัญหาที่พิจารณา

ขั้นตอนที่ 2 นำกบหรือผลเฉลยทั้งหมดแทนลงในฟังก์ชันเป้าประสงค์ (Objective function) เพื่อคำนวณหาค่าความเหมาะสมหรือความแข็งแรง (Fitness) ของกบแต่ละตัวจากนั้นทำการเรียงลำดับกบตามค่าความเหมาะสมที่ได้จากน้อยไปมากในกรณีของปัญหาการหาค่าน้อยสุด (หรือเรียงจากมากไปน้อยในกรณีของปัญหาการหาค่ามากที่สุด)

ขั้นตอนที่ 3 แบ่งกบหรือผลเฉลยออกเป็น m กลุ่มย่อยโดยเรียกกลุ่มย่อยที่ได้นี้ว่า **มีมิเพล็กซ์ (Memeplex)** จากนั้นนำกบมาใส่ในแต่ละมีมิเพล็กซ์โดยให้กบตัวแรกใส่ในตำแหน่งแรกของมีมิเพล็กซ์ที่ 1 ให้กบตัวที่ 2 ใส่ในตำแหน่งแรกของมีมิเพล็กซ์ที่ 2 ทำในลักษณะนี้ไปจนถึงกบตัวที่ m ซึ่งจะใส่ในตำแหน่งแรกของมีมิเพล็กซ์ที่ m ซึ่งเป็นมีมิเพล็กซ์สุดท้ายจากนั้นให้กบตัวที่ $m+1$ ใส่ในตำแหน่งที่ 2 ของมีมิเพล็กซ์ที่ 1 ให้กบตัวที่ $m+2$ ใส่ในตำแหน่งที่ 2 ของมีมิเพล็กซ์ที่ 2 ทำในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบจำนวนกบทุกตัว

ขั้นตอนที่ 4 ให้ X_b^i และ X_w^i แทนกบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยสุดและมากที่สุดตามลำดับในมีมิเพล็กซ์ที่ i และให้ X_g แทนกบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยสุดในบรรดากบทุกตัวนั้นคือ $X_g = X_b^1$

ขั้นตอนที่ 5 เข้าขั้นตอนการค้นหาค่าเหมาะที่เพื่อค้นหาคบหรือผลเฉลยตัวใหม่ที่มีความเหมาะสมโดยในที่นี้จะนำเสนอวิธีการแปลความหมาย (IM) วิธีการสับค่า (SM) และวิธีการปรับแก้ (AM) ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

ขั้นตอนที่ 6 นำกบหรือผลเฉลยในทุกมีมิเพล็กซ์มาจัดเรียงกันใหม่ตามค่าความเหมาะสมดังในขั้นตอนที่ 2 แล้วทำการวนซ้ำตามขั้นตอนที่ 3 ถึงขั้นตอนที่ 6 จนครบจำนวนรอบของการวนซ้ำ (Generation: GEN) ที่กำหนดไว้

3. ขั้นตอนการค้นหาค่าเหมาะที่ (Local search)

ขั้นตอนการค้นหาค่าเหมาะที่เป็นการค้นหาหาคบหรือผลเฉลยตัวใหม่ที่มีความเหมาะสมดีกว่าเดิมซึ่งเป็นการค้นหาในแต่ละมีมิเพล็กซ์โดยในที่นี้สมมติว่ามีมิเพล็กซ์ที่ต้องการค้นหาคือมีมิเพล็กซ์ที่ i ซึ่งมีกบหรือผลเฉลยที่มีค่าความเหมาะสมน้อยสุดและมากที่สุดคือ X_b^i และ X_w^i ตามลำดับและมี X_g ซึ่งเป็นกบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยสุดในบรรดากบทุกตัวจากนั้นจึงอาศัยวิธีการแปลความหมาย (IM) วิธีการสับค่า (SM) หรือวิธีการปรับแก้ (AM) มาใช้เพื่อคำนวณหาคบหรือผลเฉลยตัวใหม่ซึ่งในที่นี้แทน

ด้วยสัญลักษณ์ $X_{w,new}^i$ แล้วจึงนำ $X_{w,new}^i$ ที่ได้มาแทนลงในฟังก์ชันเป้าประสงค์เพื่อคำนวณหาค่าความเหมาะสม

กรณีที่ 1 ถ้า $X_{w,new}^i$ มีค่าความเหมาะสมน้อยกว่า X_w^i (หรือน้อยกว่าในกรณีของปัญหาการหาค่ามากที่สุด) ให้แทน X_w^i ด้วย $X_{w,new}^i$ แล้ววนซ้ำจนครบจำนวนรอบ (Iterations: I) ที่ต้องการ

กรณีที่ 2 ถ้า $X_{w,new}^i$ มีค่าความเหมาะสมมากกว่า X_w^i (หรือน้อยกว่าในกรณีของปัญหาการหาค่ามากที่สุด) ให้ทำการคำนวณหา $X_{w,new}^i$ อีกครั้งโดยใช้ X_g แทน X_b^i หาก $X_{w,new}^i$ ที่ได้ใหม่มีค่าความเหมาะสมน้อยกว่า X_w^i (หรือน้อยกว่าในกรณีของปัญหาการหาค่ามากที่สุด) ให้แทน X_w^i ด้วย $X_{w,new}^i$ แต่ถ้า $X_{w,new}^i$ ที่ได้ใหม่มีค่าความเหมาะสมมากกว่า X_w^i (หรือน้อยกว่าในกรณีของปัญหาการหาค่ามากที่สุด) ให้ทำการสุ่มกบหรือผลเฉลยตัวใหม่เข้ามาแทน X_w^i แล้ววนซ้ำจนครบจำนวนรอบ (Iterations: I) ที่ต้องการ

ในที่นี้สมมติว่ามีเครื่องจักรที่ต้องการวางตำแหน่ง N เครื่องและกบหรือผลเฉลยซึ่งเป็นตำแหน่งของการวางเครื่องจักรเขียนอยู่ในรูปของ $X = \{a_k\}_{k=1}^N$

3.1 วิธีการแปลความหมาย (Interpretation Method: IM)

กำหนดให้ r เป็นตัวเลขสุ่มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แล้วคำนวณหาขนาดของการกระโดด (Step size) จากสมการ

$$S = r \times (X_b^i - X_w^i) \quad (1)$$

และพิจารณาสมการต่อไปนี้

$$\tilde{X}_w^i = X_w^i + S \quad (2)$$

เนื่องจาก S เป็นตัวเลขสุ่มค่าจริงจึงส่งผลให้ $\tilde{X}_w^i$ เป็นผลเฉลยค่าจริงแต่เนื่องจากกบหรือผลเฉลยที่ต้องการคือตำแหน่งของเครื่องจักรซึ่งต้องเป็นจำนวนเต็มบวกดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการแปลความหมายค่าของสมาชิกใน $\tilde{X}_w^i$ ให้เป็นจำนวนเต็มบวกดังนี้ให้สมาชิกที่มีค่าน้อยสุดของ $\tilde{X}_w^i$ แทนตำแหน่งที่ 1 ให้สมาชิกที่มีค่ามากขึ้นในลำดับถัดมาของ $\tilde{X}_w^i$ แทนตำแหน่งที่ 2 ทำไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึงสมาชิกที่มีค่ามากที่สุดของ $\tilde{X}_w^i$ ซึ่งให้แทนด้วยตำแหน่งที่ N ในกรณีที่สมาชิกบางตัวของ $\tilde{X}_w^i$ มีค่าซ้ำกันให้ถือว่าสมาชิกตัวแรกของการค้นหามีตำแหน่งที่อยู่ก่อนสมาชิกตัวถัดไปกบหรือผลเฉลยที่เกิดจากการแปลความหมายนั้นเขียนแทนด้วย

$X_{w,new}^i$ เพื่อให้เกิดความกระจ่างให้ผู้อ่านพิจารณาจากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

สมมติว่า $X_b^i = \{1,3,2,4,5\}$, $X_w^i = \{1,2,5,3,4\}$ และ $r = 0.5$ ดังนั้นเมื่อแทนลงในสมการที่ (1) และ (2) จะได้ว่า

$$S = \{0,0.5,-1.5,0.5,0.5\}$$

และ

$$\tilde{X}_w^i = \{1,2.5,3.5,3.5,4.5\}$$

เนื่องจาก 1 มีค่าน้อยสุดจึงแทนด้วยตำแหน่งที่ 1 ตามด้วย 2.5 ซึ่งแทนด้วยตำแหน่งที่ 2 สำหรับสมาชิกตัวที่ 3 และ 4 ของ $\tilde{X}_w^i$ คือ 3.5 ซึ่งมีค่าซ้ำกันจึงให้ตัวแรกแทนด้วยตำแหน่งที่ 3 และให้ตัวถัดมาแทนด้วยตำแหน่งที่ 4 จากนั้นจึงให้สมาชิกตัวสุดท้ายแทนด้วยตำแหน่งที่ 5 เนื่องจากมีค่ามากที่สุด ดังนั้นจึงได้กบหรือผลเฉลยตัวใหม่คือ

$$X_{w,new}^i = \{1,2,3,4,5\}$$

3.2 วิธีการสับค่า (Swap Method: SM)

ให้ $X = \{a_k\}_{k=1}^N$ เป็นลำดับจำกัดแล้วการดำเนินการสับค่า (Swap operation) เขียนแทนด้วย $X \oplus SO(i, j)$ คือการนำสมาชิก a_i และ a_j ของ X มาสลับที่กันหาก $Y = \{b_l\}_{l=1}^N$ เป็นลำดับจำกัดอีกลำดับหนึ่งโดยที่ $a_k = b_l$ สำหรับบางค่า $k, l = 1, \dots, N$ จึงสามารถใช้วิธีการสับค่าเพื่อแปลงลำดับ Y มาเป็นลำดับ X ได้ดังแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

กำหนดให้ $X_b^i = \{1,3,2,4,5\}$ และ $X_w^i = \{1,2,5,3,4\}$ ซึ่งจะได้ว่า

$$X_b^i = X_w^i \oplus SO(2,4) \oplus SO(3,4) \oplus SO(4,5)$$

จากตัวอย่างข้างต้นพบว่าการแปลงจาก X_w^i มาเป็น X_b^i ต้องอาศัยการดำเนินการสับค่าทั้งหมด 3 ครั้งโดยทั่วไปหากกำหนดให้ $\#S$ แทนจำนวนของการดำเนินการสับค่าทั้งหมดในการแปลงจาก X_w^i มาเป็น X_b^i และให้ r เป็นตัวเลขสุ่มชนิดจำนวนเต็มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง $\#S$ แล้วกบหรือผลเฉลยใหม่สามารถสร้างได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$X_{w,new}^i = X_w^i \oplus \underbrace{SO(i_1, i_2) \oplus \dots \oplus SO(i_{2r-1}, i_{2r})}_{r \text{ terms}}$$

ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้นหาก $r = 2$ จะได้ว่า

$$X_{w,new}^i = X_w^i \oplus SO(2,4) \oplus SO(3,4) \\ = \{1,3,2,5,4\}$$

3.3 วิธีการปรับแก้ (Adjustment Method: AM)

ให้ $X = \{a_k\}_{k=1}^N$ เป็นลำดับจำกัดแล้วการดำเนินการปรับแก้ (Adjustment operation) เขียนแทนด้วย $X \oplus AO(i, j)$ คือ การนำสมาชิก a_i ที่ตำแหน่ง i มาวางที่ตำแหน่ง j และเลื่อนสมาชิก a_j ไปที่ตำแหน่ง $j+1$ หาก $Y = \{b_l\}_{l=1}^N$ เป็นลำดับจำกัดอีกลำดับหนึ่งโดยที่ $a_k = b_l$ สำหรับบางค่า $k, l = 1, \dots, N$ จึงสามารถใช้วิธีการปรับแก้เพื่อแปลงลำดับ Y มาเป็นลำดับ X ได้ดังแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

กำหนดให้ $X_b^i = \{1,3,2,4,5\}$ และ $X_w^i = \{1,2,5,3,4\}$ ซึ่งจะได้ว่า

$$X_b^i = X_w^i \oplus AO(4,2) \oplus AO(5,4)$$

จากตัวอย่างข้างต้นพบว่าการแปลงจาก X_w^i มาเป็น X_b^i ต้องอาศัยการดำเนินการปรับแก้ทั้งหมด 3 ครั้ง โดยทั่วไปหากกำหนดให้ $\#A$ แทนจำนวนของการดำเนินการปรับแก้ทั้งหมดในการแปลงจาก X_w^i มาเป็น X_b^i และให้ r เป็นตัวเลขสุ่มชนิดจำนวนเต็มที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง $\#A$ แล้วบวกหรือผลเฉลยใหม่สามารถสร้างได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$X_{w,new}^i = X_w^i \oplus \underbrace{AO(i_1, i_2) \oplus \dots \oplus AO(i_{2r-1}, i_{2r})}_{r \text{ terms}}$$

ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้นหาก $r=1$ จะได้ว่า

$$X_{w,new}^i = X_w^i \oplus AO(4,2) = \{1,3,2,5,4\}$$

4. ปัญหาการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักร

(Machine Layout Problem: MLP)

ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้อาศัยข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้

- โรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง W เมตรยาว L เมตร

- มีเครื่องจักร N เครื่องโดยให้เครื่องจักรเครื่องที่ k กว้าง w_k เมตรและยาว l_k เมตรทั้งนี้ไม่คำนึงถึงความสูงของเครื่องจักร

- ในการคำนวณระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องให้วัดจากจุดเซนทรอยด์ (Centroid) ของแต่ละเครื่อง

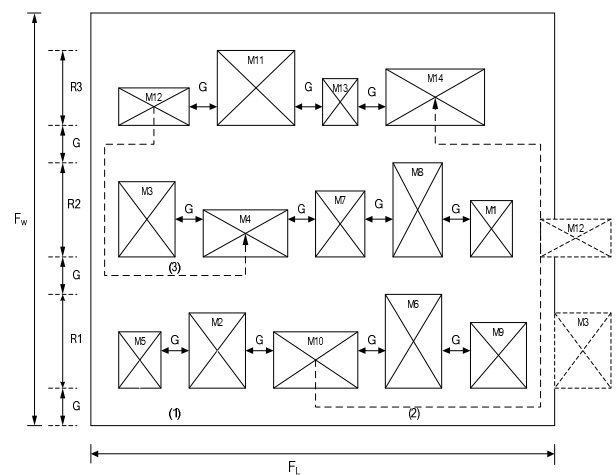
- ให้ระยะห่างระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่องระยะห่างระหว่างแถวและระยะห่างของเครื่องจักรจากขอบผนังด้านซ้ายของโรงงานมีระยะห่างเท่ากันโดยให้ระยะดังกล่าวแทนด้วย G มีหน่วยเป็นเมตร

- พาหนะเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV) ที่ใช้ขนถ่ายวัตถุดิบและ/หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ระหว่างเครื่องจักรเดินทางเป็นเส้นตรงจากซ้ายไปขวาหรือจากขวาไปซ้ายตามแนวแกน x และจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบนตามแนวแกน y

- ในกรณีที่เครื่องจักรเป็นแบบหลายแถว (Multiple rows)

การเดินทางของ AGV จะออกจากเครื่องจักรต้นทางจากด้านล่างแล้วเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างซึ่งเว้นเป็นระยะห่าง G ตามที่ระบุไว้โดยจะเลื่อนซ้ายหรือเลื่อนขวาเพื่อเคลื่อนที่ไปยังเครื่องจักรปลายทางแต่หากเครื่องจักรปลายทางอยู่คนละแถวกับเครื่องจักรต้นทาง AGV จะเคลื่อนที่ออกจากเครื่องจักรต้นทางจากด้านล่างแล้วเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาสุดหรือทางด้านซ้ายสุดของแถวจากนั้นจึงเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงจนถึงแถวที่เครื่องจักรปลายทางตั้งอยู่แล้วจึงเคลื่อนที่ในแนวซ้ายหรือขวาจนถึงเครื่องจักรปลายทางที่ต้องการทั้งนี้ระยะทางรวมของการเคลื่อนที่ของ AGV ต้องมีค่าน้อยสุดโดยไม่คำนึงถึงเวลาในการเคลื่อนที่นั้น

ตัวอย่างของการจัดเรียงเครื่องจักร 14 เครื่องแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรคือการลดระยะทางในการเคลื่อนที่ของ AGV ดังนั้นปัญหาดังกล่าวจึงจัดว่าเป็นปัญหาการหาค่าน้อยสุด (Minimization) กล่าวคือ

$$\text{Min}Z = \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=1}^N f_{ij} D_{ij} \quad (3)$$

โดยที่

- f_{ij} คือ ความถี่ที่ AGV เคลื่อนที่ระหว่างเครื่องจักร i และ j
- D_{ij} คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร i และ j

5. การทดลองและการวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกขนาดของปัญหาใน 4 รูปแบบ เนื่องจากต้องการทำการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากการทดลองกับงานวิจัยของ [7-9] ซึ่งเลือกใช้วิธีการ SM และ AM ในขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่โดยปัญหาทั้ง 4 รูปแบบดังกล่าวได้นำข้อมูลมาจากการงานวิจัยของ [10] และ [11] ทั้งนี้ลำดับเส้นทางของเครื่องจักรที่ถูกใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว สำหรับผู้อ่านที่สนใจรายละเอียดของลำดับเส้นทางของเครื่องจักรสามารถดูเพิ่มเติมได้จาก [7-8]

ตารางที่ 1 ขนาดของปัญหา

ขนาดของ ปัญหา	จำนวน ชิ้นงาน	จำนวน เครื่องจักร
1	3	10
2	5	20
3	9	15
4	10	30

ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงจาก [8,9] ซึ่งมีการออกแบบเชิงตัวประกอบแบบ 3^k (3^k Factorial experimental design) และได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการทดลอง นั่นคือ

จำนวนประชากรรอบ $F = 25$

จำนวนมีมิเพล็กซ์ $M = 5$

จำนวนประชากรรอบในแต่ละมีมิเพล็กซ์ $n = 5$

จำนวนรอบวนซ้ำในแต่ละมีมิเพล็กซ์ $I = 90$

จำนวนรอบวนซ้ำ GEN = 100

จากนั้นจึงทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 30 ครั้ง ในแต่ละปัญหาของแต่ละวิธีซึ่งผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลที่ได้จากการทดลอง

ปัญหา	วิธีการ	คำตอบที่ดีที่สุด (เมตร)	ค่าเฉลี่ย (เมตร)
1	AM	187.075	192.570
	SM	186.975	192.550
	IM	186.975	190.620
2	AM	1323.70	1397.00
	SM	1349.40	1411.60
	IM	1312.60	1396.90
3	AM	1375.55	1427.97
	SM	1398.45	1426.68
	IM	1392.85	1434.44
4	AM	4808.92	4912.70
	SM	4788.02	4902.65
	IM	4751.52	4934.82

จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลเฉลยที่ได้ในแต่ละปัญหาเมื่อเลือกใช้ขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 3 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ในแง่คำตอบที่ดีที่สุดและค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ได้โดยใช้หลักการสถิติวิเคราะห์ด้วยวิธีการทดสอบแบบที (t-test)

6. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำวิธีการแปลความหมายมาใช้ในการบวนการค้นหาเฉพาะที่ของขั้นตอนวิธีสับเปลี่ยนการกระโดดของกบซึ่งนำมาใช้ในการแก้ปัญหการจัดเรียงเครื่องจักรชนิดหลายแถวเพื่อลดระยะทางในการขนถ่ายผลิตภัณฑ์โดยรวมของ AGV

จากการทดลองพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบกับปัญหาทั้ง 4 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เมื่อเทียบกับการเลือกใช้วิธีการสับค่าและวิธีการปรับแก้ซึ่งได้ศึกษาไว้ใน [7-9]

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Yang, B. A. Peters, and M. Tu, "Layout design for flexible manufacturing systems considering single-loop directional flow patterns," European Journal of Operational Research, vol.164, pp.440-455, 2005.
- [2] M. Ficko, M. Brezocnik, and J. Balic, "Designing the layout of single- and multiple-rows flexible manufacturing system by genetic algorithms," Journal of Materials Processing Technology, pp.150-158, 2004.
- [3] K.F. Man, K.S. Tang, and S. Kwong, "Genetic Algorithms: Concepts and Designs," Springer Verlag, 1999.

- [4] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colomi, "Ant system: optimization by a colony of cooperating agents," *IEEE Systems, Man and Cybernetics, Part B*, vol.26, no.1, pp.29-41, 1996.
- [5] R.C. Eberhart, and J. Kennedy, "A new optimizer using particle swarm theory," In *Proc.1995. The Sixth International Symposium on Micro machine and Human Science*, pp. 39-43.
- [6] M.M. Eusuff, and K.E. Lansey, "Optimizing of Water Distribution Network Design using Shuffled Frog Leaping Algorithm", *Journal of Water Resource Planning and Management*, vol. 129, no.3, pp.210-225, 2003.
- [7] N. Leechai, T. Iamtan, and P. Pongcharoen, "Comparison on Rank-based Ant System and Shuffled Frog Leaping for designing multiple row machine layout," *SWU Engineering Journal*, vol. 4, no. 2, pp.102-115, 2009.
- [8] ชนภัทร เอี่ยมตาล, "การประยุกต์ใช้ซัพเฟิลฟอว์กลิปปีงอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น" *วศ.ม.วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 2553.
- [9] T. Iamtan, and P. Pongcharoen, "Swap and adjustment techniques in Shuffled Frog Leaping algorithm for solving machine layout," *Thai VCML Journal*, vol. 3, no. 1, pp.25-36, 2010.
- [10] A.C. Nearchou, "Meta - heuristics from nature for the loop Layout design problem," *International Journal of Production Economics*, 101, pp.312-328, 2006.
- [11] R. Cheng, and M. Gen, "Loop layout design pin flexible manufacturing systems using genetic algorithms," *Computers & Industrial Engineering*, vol.34, no.1, pp.53-61, 1998.