บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครน จุดประสงค์ในการศึกษาการจัดลำดับการทำงานของเครนก็เพื่อต้องการที่จะลดเวลาในการทำงานของเครน และสิ่งที่เราจะกล่าวถึง คือ การแก้ปัญหาของเครนเพื่อค้นหาเวลาที่งานทั้งหมดเสร็จสิ้นที่น้อยที่สุด (Makespan) โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing) หรือ การอบอ่อนจำลองของเครน วิธีการหาคำตอบแบบ Neighbourhood moves ที่ใช้เพื่อการแก้ปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครนโดยเฉพาะ การกำหนดขนาดของปัญหาที่ใช้การการทดสอบวิธีการแก้ปัญหา หรือวิธีการหาคำตอบของ SA (Simulated Annealing) และได้กล่าวถึงขั้นตอนในการทำงานวิจัยในกระบวนการต่อไป

3.1 การอบอ่อนจำลองของเครน

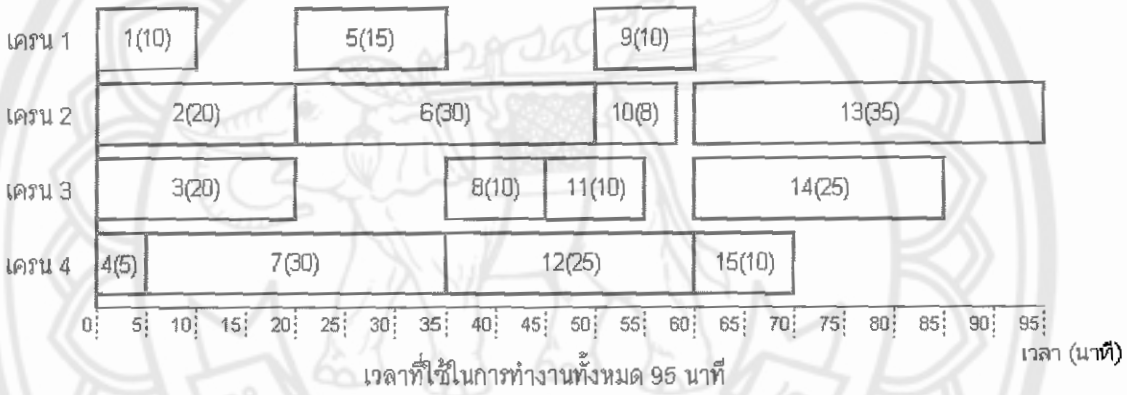
เนื่องจากว่าวิธีการหาคำตอบที่มีอยู่เดิมอย่าง เช่น วิธีการแก้ปัญหาแบบ Branch-and-bound จะมีเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นเป็นแบบ Exponential ดังนั้นจึงไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ เพราะปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะใช้เวลาในการแก้ปัญหานานมาก จึงไม่สามารถใช้วิธีการเดิมที่มีอยู่ใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้

ดังนั้นได้มีผู้ที่คิดวิธีการ SA ขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยการหาคำตอบนั้นจะใช้วิธีการ Neighborhood moves โดยการค้นหากราฟ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดลำดับงานของเครนบนท่าเรือขนาดใหญ่

ในการทำ SA แต่ละครั้ง จะมีการทำ Neighborhood moves ในการหาคำตอบ 1 คำตอบ ในการทำ Neighborhood moves ใหม่ทุกครั้งจะถูกยอมรับให้แทนที่ค่าคำตอบที่ได้จากการทำ Neighborhood moves เดิมได้นั้นก็ต่อเมื่อค่าสมการเป้าหมายที่ได้มีค่าดีขึ้น (ในที่นี้มีค่าต่ำลงเพราะปัญหาการหาค่าที่น้อยที่สุด) แต่ในขณะเดียวกันค่าคำตอบอื่นๆ ที่เกิดจากการทำ Neighborhood moves ที่มีค่าแย่กว่าก็อาจจะถูกยอมรับได้ด้วยความน่าจะเป็น $P_0 = e^{-\Delta / kT}$ ซึ่งความน่าจะเป็นนี้ถูกสร้างมาจากรากฐานของ SA ที่สร้างมานาน และเป็นฟังก์ชันของ อุณหภูมิ (T) ด้วย

3.1.1 Neighbourhood moves

Neighbourhood moves คือ การหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการหาคำตอบแบบ Meta-heuristic อย่างเช่น SA หรือ tabu search เป็นต้น ปัญหา NP-hard บางปัญหานั้น วิธีการในการหา Neighbourhood moves จะง่ายและไม่ยากนัก เพราะจะมีช่วงในการหาคำตอบหรือพื้นที่คำตอบมีขนาดใหญ่จึงง่ายต่อการหาคำตอบที่เป็นไปได้ แต่ปัญหาในการจัดลำดับการทำงานของเครนที่เกิดขึ้นนั้น วิธีการในการทำ Neighbourhood moves จะไม่ง่ายเช่นนั้น เพราะจะมีข้อจำกัดในการทำงานของเครน พื้นที่ในการหาคำตอบจึงแคบลงกว่าปัญหาแบบ NP-hard ทั่วไป



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างตารางลำดับการทำงาน

ตัวอย่างเช่นมีเครน 4 ตัว และมี งาน 15 งาน ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1 เราไม่สามารถใช้วิธีการ Neighbourhood moves วิธีการเดิมเพื่อใช้ในการหาคำตอบ อย่างเช่น วิธีการเปลี่ยนตำแหน่งกัน (1 exchange or 2 exchange) ระหว่างงานสองตำแหน่งใดๆ หรือเปลี่ยนช่วงของงานทั้งช่วงสลับกันเลยได้ เนื่องด้วยข้อจำกัดในการทำงานของเครนที่มีอยู่จึงไม่สามารถใช้วิธีการดังกล่าวได้ Xu และ Bailey (2001) ได้ใช้วิธีการ Neighbourhood moves แบบเดิมในการแก้ปัญหาการปิด-เปิดประตู Airport ซึ่งปัญหามีลักษณะคล้ายกันกับปัญหาของเครน แต่ก็ไม่สามารถใช้วิธีการ Neighbourhood moves แบบเดิมนั้นในการแก้ปัญหาของการทำงานของเครนได้เช่นกัน

จากการศึกษาวิธีการ Neighbourhood moves ของ Y Zhu และ A Lim (2005) ได้มีการพัฒนาวิธีการ Neighbourhood moves ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาของเครนโดยเฉพาะ โดยจะพิจารณางานนี้บนกราฟ เพราะว่าจุดประสงค์ของการทำ Neighbourhood

moves **คือ** การหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม โดยการเปลี่ยนตำแหน่งงาน และกำหนดว่าเครน**ตัวไหน ทำงานงานไหนก่อน**

จุดประสงค์ที่ต้องการหาค่าความเหมาะสมของปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครน คือ ต้องการหาเวลาที่งานทั้งหมดเสร็จสิ้นนั้นให้มีค่าน้อยที่สุด (Makespan) **หมายความว่า เวลา** ที่ใช้ในการทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จนั้นมีค่าน้อยที่สุด งานชิ้นสุดท้ายที่ทำเสร็จจะเรียกว่า "**ตัว**ปัญหา" (trouble makers) งานที่เสร็จช้าที่สุด หรืองานสุดท้ายที่เสร็จจะมีงานเดียวหรือหลายงานก็ได้ถ้างานเสร็จพร้อมกัน ถ้างานตัวสุดท้ายไม่สามารถเลื่อนไปข้างหน้าได้ ค่าของสมการเป้าหมายก็จะไม่ดีขึ้น ถ้าสามารถเปลี่ยนไปด้านหน้าที่ได้ของสมการเป้าหมายก็จะดีขึ้น (เวลาในการทำงานจะน้อยลง

แต่การเลื่อนไปข้างหน้านั้นไม่สามารถทำได้ เพราะมีข้อกำหนดในการทำงานของเครน คือ เครนแต่ละตัวห้ามทำงานข้ามกันอยู่ ดังนั้นในการสุ่มการจัดเรียงการทำงานของเครน ต้องพิจารณาการจัดเรียงลำดับในการทำงานภายใต้เงื่อนไขของการทำงาน

การหาคำตอบแรก(Initial solution) ที่ได้จากการสุ่ม

ในขั้นตอนแรกทำการสุ่มหาคำตอบ ที่จะเป็นคำตอบแรก สามารถอธิบายได้ดังนี้

งาน	4	1	5	6	2	3
เครน	3	2	3	1	1	2

เมื่อ

ลำดับการทำงานของงาน แทนด้วยตำแหน่งที่เรียงจากซ้ายไปขวา

จำนวนงาน แทนด้วยจำนวนตำแหน่ง

จากตัวอย่างนี้ มีจำนวนเครน 3 เครน และจำนวนงาน 6 งาน จะเห็นว่าคำตอบที่ได้คือ

ลำดับ 1 คือ งาน 4 ถูกทำโดยเครน 3

ลำดับ 2 คือ งาน 1 ถูกทำโดยเครน 2

ลำดับ 3 คือ งาน 5 ถูกทำโดยเครน 3

ลำดับ 4 คือ งาน 6 ถูกทำโดยเครน 1

ลำดับ 5 คือ งาน 2 ถูกทำโดยเครน 1

ลำดับ 6 คือ งาน 3 ถูกทำโดยเครน 2

เมื่อกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละงาน มีดังนี้

งานที่ 1 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 10 นาที

งานที่ 2 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 8 นาที

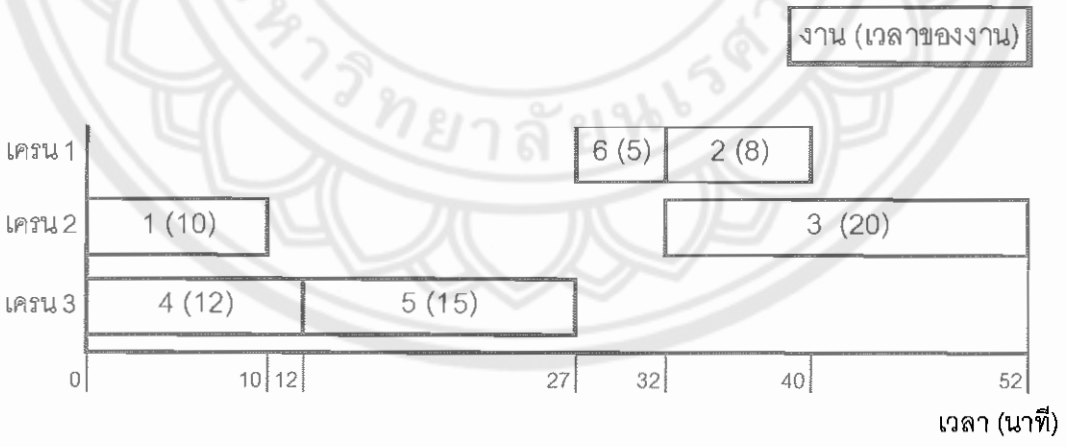
งานที่ 3 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 20 นาที

งานที่ 4 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 12 นาที

งานที่ 5 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 15 นาที

งานที่ 6 ใช้เวลาในการทำงานทั้งสิ้น 5 นาที

จากตัวอย่างจะสามารถแสดงแผนภาพลำดับการทำงานของเครนได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบที่ได้จากการสุ่มครั้งแรก โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้นคือ 52 นาที

การหาคำตอบคำตอบใหม่

ทุกๆคำตอบใหม่ที่ได้นั้น จะมาจากการทำ Neighbourhood moves โดยการสุ่มตำแหน่งของงานและเครน ที่อยู่ใกล้เคียงกัน จะสุ่มจากคำตอบแรกเสมอ เพื่อให้สามารถเข้าใจในการทำ Neighbourhood moves ได้ง่ายขึ้น เราจะแสดงตัวอย่างในการหาคำตอบในการจัดลำดับการทำงานของเครนด้วยวิธีการ Neighbourhood moves โดยจะแสดงเป็นแผนภาพการจัดลำดับการทำงานของเครน (Gantt chart) ของแต่ละคำตอบที่ได้จากการทำ Neighbourhood moves และจะแสดงเวลาที่งานสุดท้ายทำเสร็จสิ้น หรือเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดของการจัดลำดับการทำงานแต่ละคำตอบ ได้ดังนี้

งาน	4	1	5	6	2	3
เครน	3	2	3	1	1	2

เราสามารถหาค่า X_{new} ได้ทั้งหมด 2 (n-1) คำตอบ

โดยที่

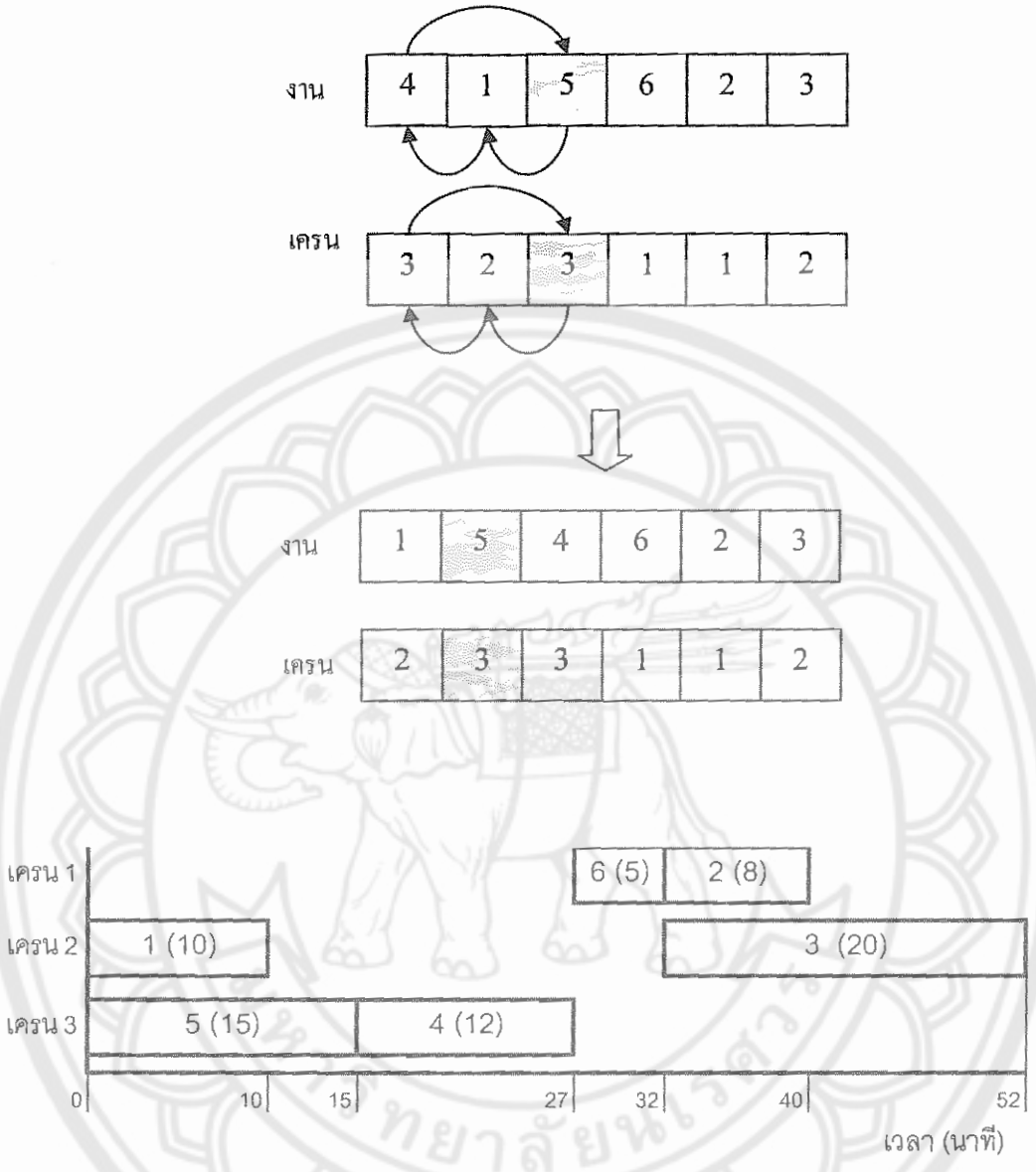
n = จำนวนงาน

ดังนั้นจากตัวอย่างนี้ เราสามารถหา X_{new} ได้ทั้งหมด 10 คำตอบ

พิจารณาเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. **พิจารณาที่ตำแหน่งแรก**

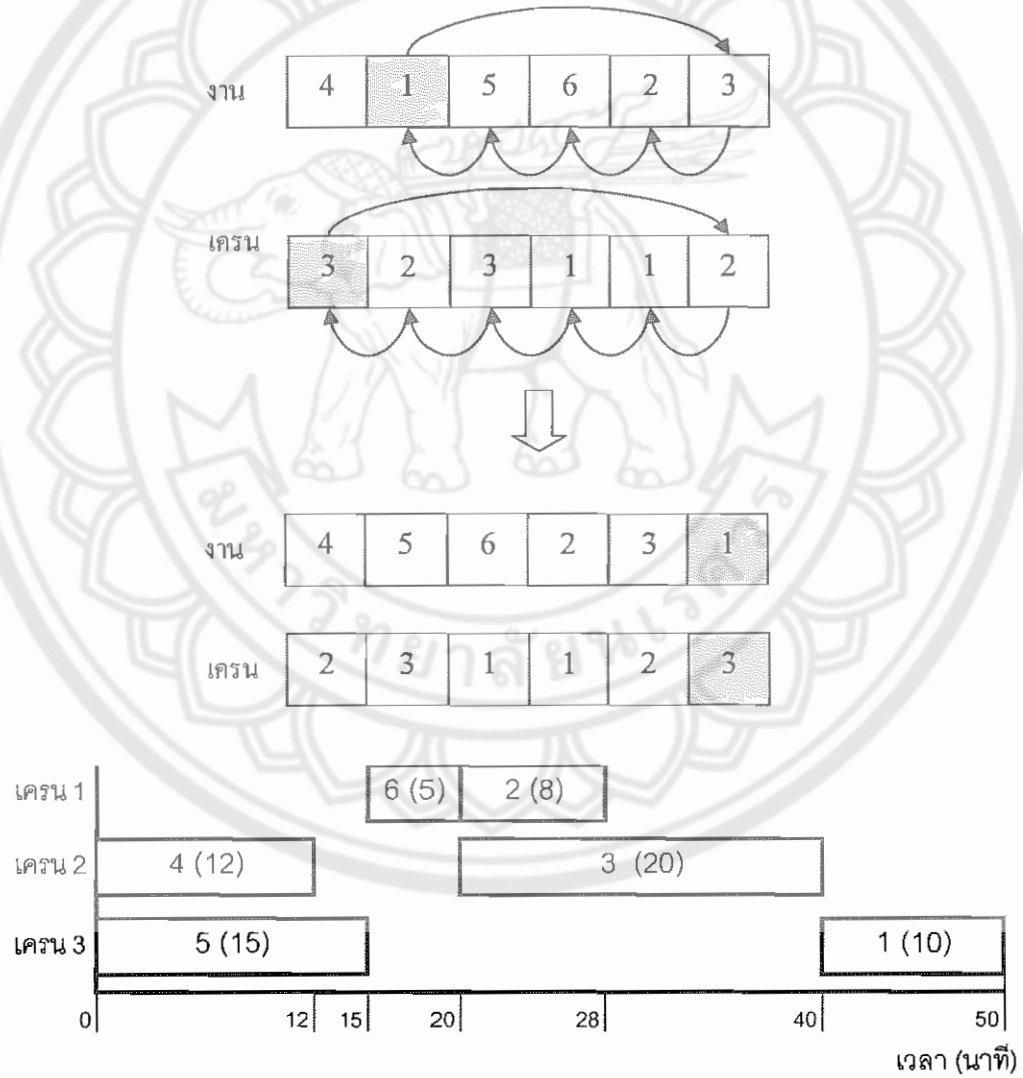
สามารถสุ่มหาตำแหน่งที่ตำแหน่งแรกจะไปแทนที่ได้จาก 5 ตำแหน่งไปทางขวามือ โดยพิจารณาทั้งตำแหน่งของงาน และเครน โดยไม่จำเป็นว่าตำแหน่งของงานและเครนที่สุ่มได้นั้นจะต้องตรงกันเสมอไป โดยผลของการสุ่มจากตัวอย่างนี้คือ ที่ตำแหน่งของงาน สุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 คืองานที่ 5 ทำย้ายงาน 4 ไปแทนที่งาน 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 และเลื่อนงานในตำแหน่งที่ 2 และ 3 ไปทางซ้ายมือทีละตำแหน่ง และที่ตำแหน่งของเครน สุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 คือเครนที่ 3 ก็ย้ายตำแหน่งลักษณะเช่นเดียวกันกับตำแหน่งของงาน เช่นเดียวกัน ดังรูป และจะได้คำตอบใหม่คำตอบที่ 1 (X_{new1}) จากการทำ Neighbourhood moves



รูปที่ 3.3 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 52 นาที

2. พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย

สามารถสุ่มหาตำแหน่งได้จาก 5 ตำแหน่งไปทางซ้ายมือ โดยพิจารณาทั้งตำแหน่งของงานและเครน โดยไม่จำเป็นว่าตำแหน่งของงานและเครนที่สุ่มได้นั้นจะต้องตรงกันเสมอไป เช่นเดียวกับที่พิจารณาที่ตำแหน่งแรก จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 คือ งานที่ 1 จะทำการย้ายงานที่ 1 ที่สุ่มได้ ไปแทนที่ตำแหน่งที่เราพิจารณา และเลื่อนงานที่เราพิจารณาคืองานที่ 3 ไปทางซ้าย ที่ละ 1 ตำแหน่ง และที่ตำแหน่งของเครนเช่นเดียวกัน ดังรูป และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 2 (X_{new2})



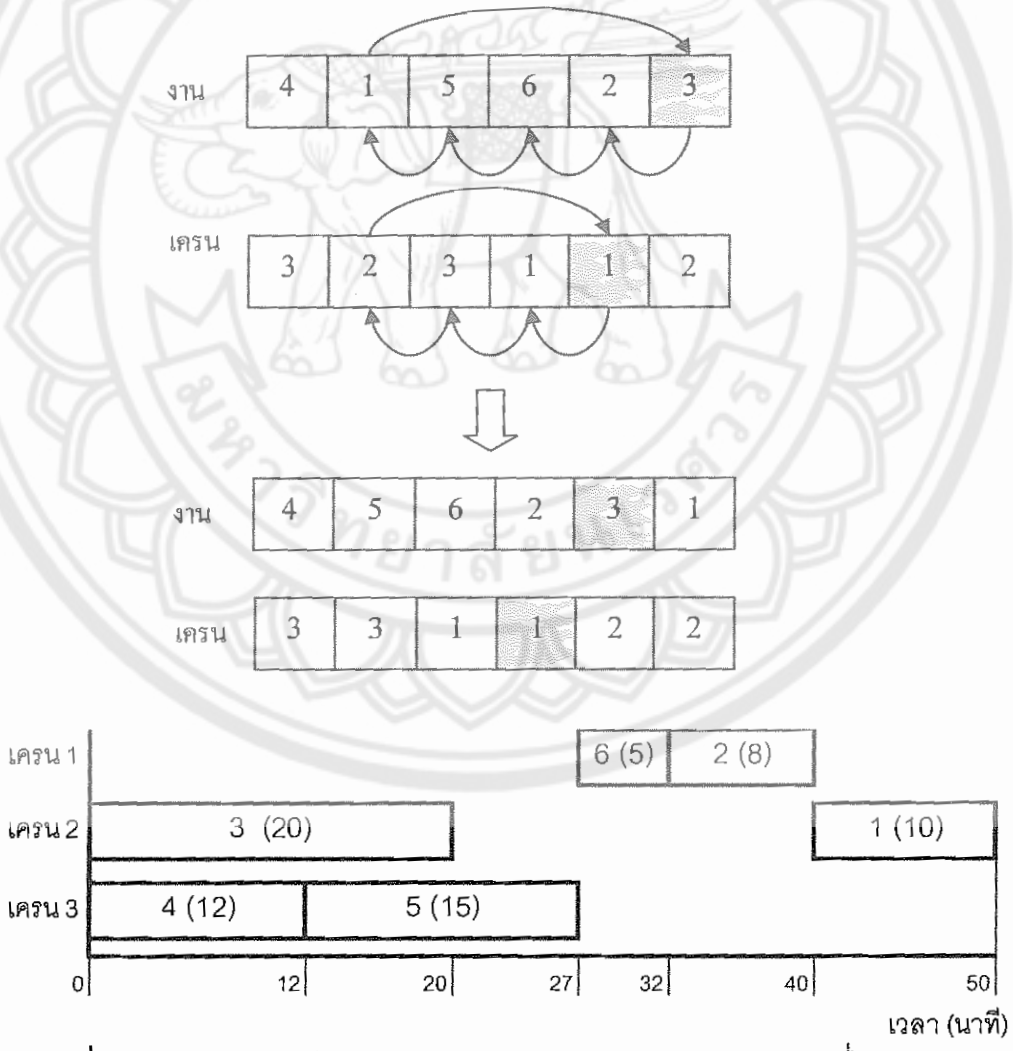
รูปที่ 3.4 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 50 นาที

3. พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง

พิจารณาตำแหน่งทั้งหมดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกกับตำแหน่งสุดท้าย ในแต่ละตำแหน่งนั้นเราสามารถหาคำตอบใหม่ (X_{new}) ได้ 2 คำตอบ โดยการเลื่อนงานและเครนในตำแหน่งที่เราสนใจไปทางขวา และทางซ้ายมือ สามารถอธิบายได้ดังนี้

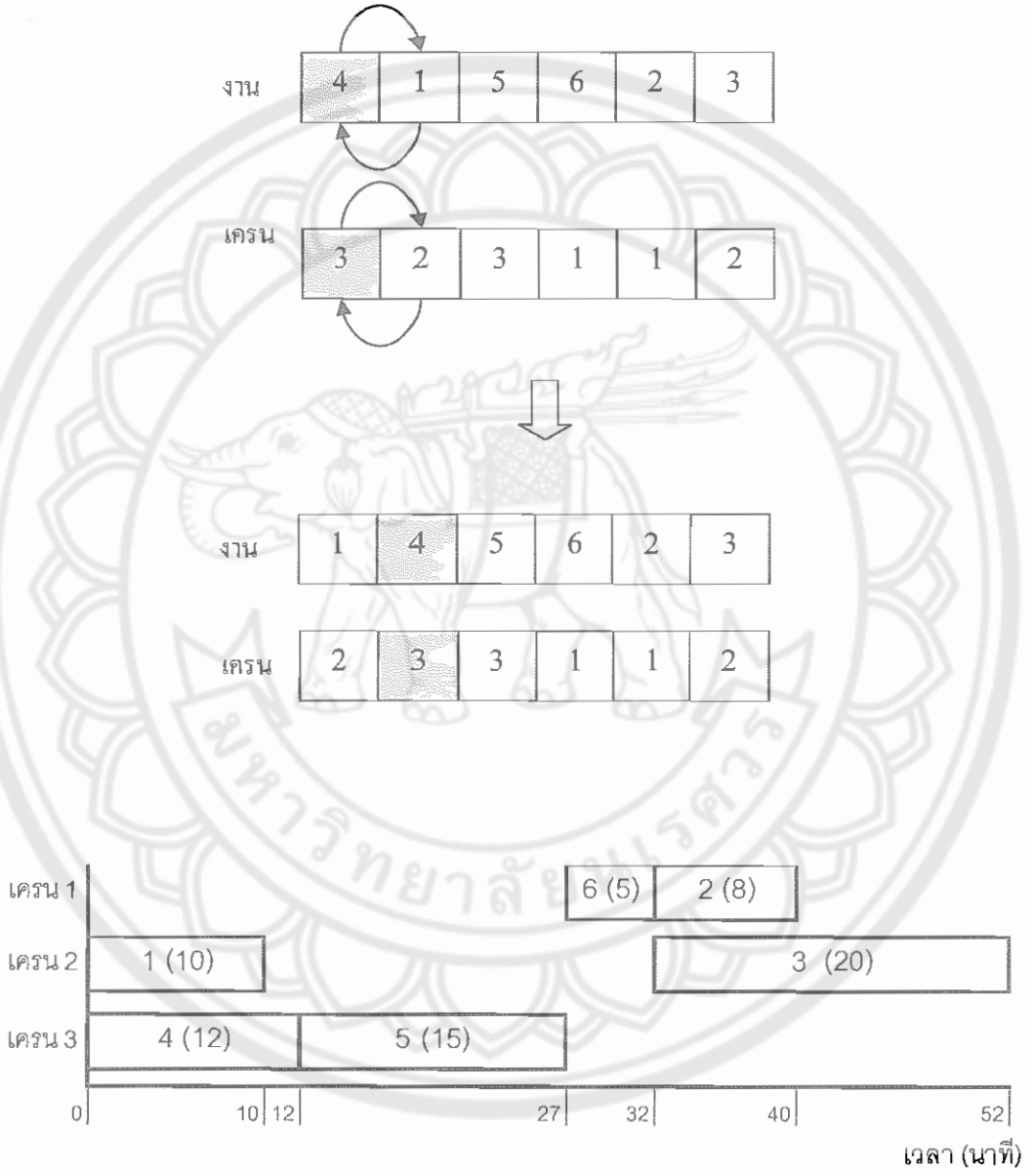
พิจารณาตำแหน่งที่ 2

1) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือสามารถเลือกสุ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 3 ถึงตำแหน่งที่ 6 ในตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 6 นำงานในตำแหน่งที่ 2 ไปแทนที่ได้และเลื่อนงานในตำแหน่งที่ 6 ได้ ดังรูป ซึ่งสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 3 (X_{new3})



รูปที่ 3.5 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปขวามือโดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 50 นาที

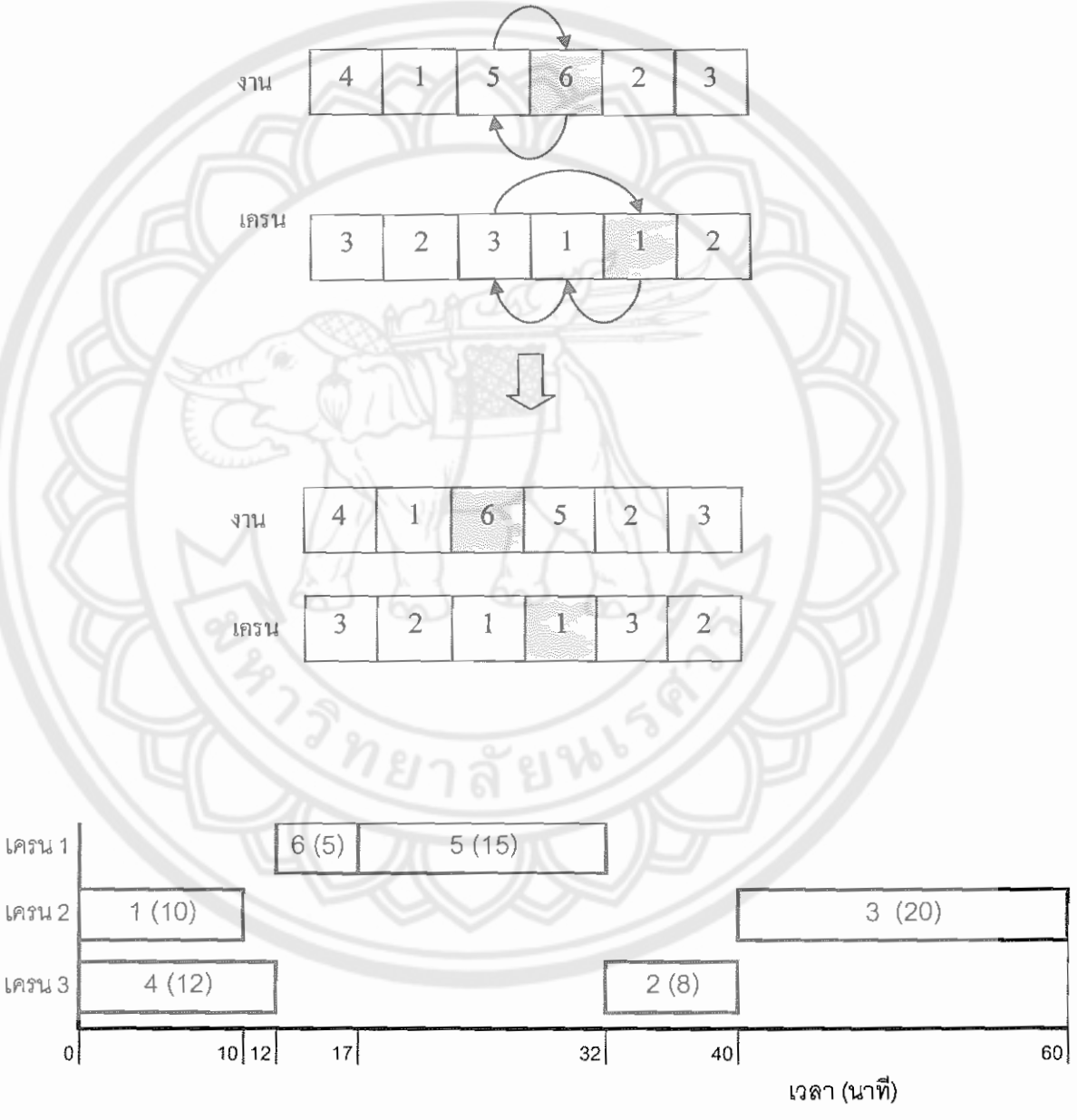
2) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ ซึ่งมีเพียง 1 ตำแหน่ง เท่านั้นคือ ตำแหน่งที่ 1 สามารถสลับ เพื่อหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 4 (X_{new4}) ดังรูป



รูปที่ 3.6 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปซ้ายมือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 52นาที

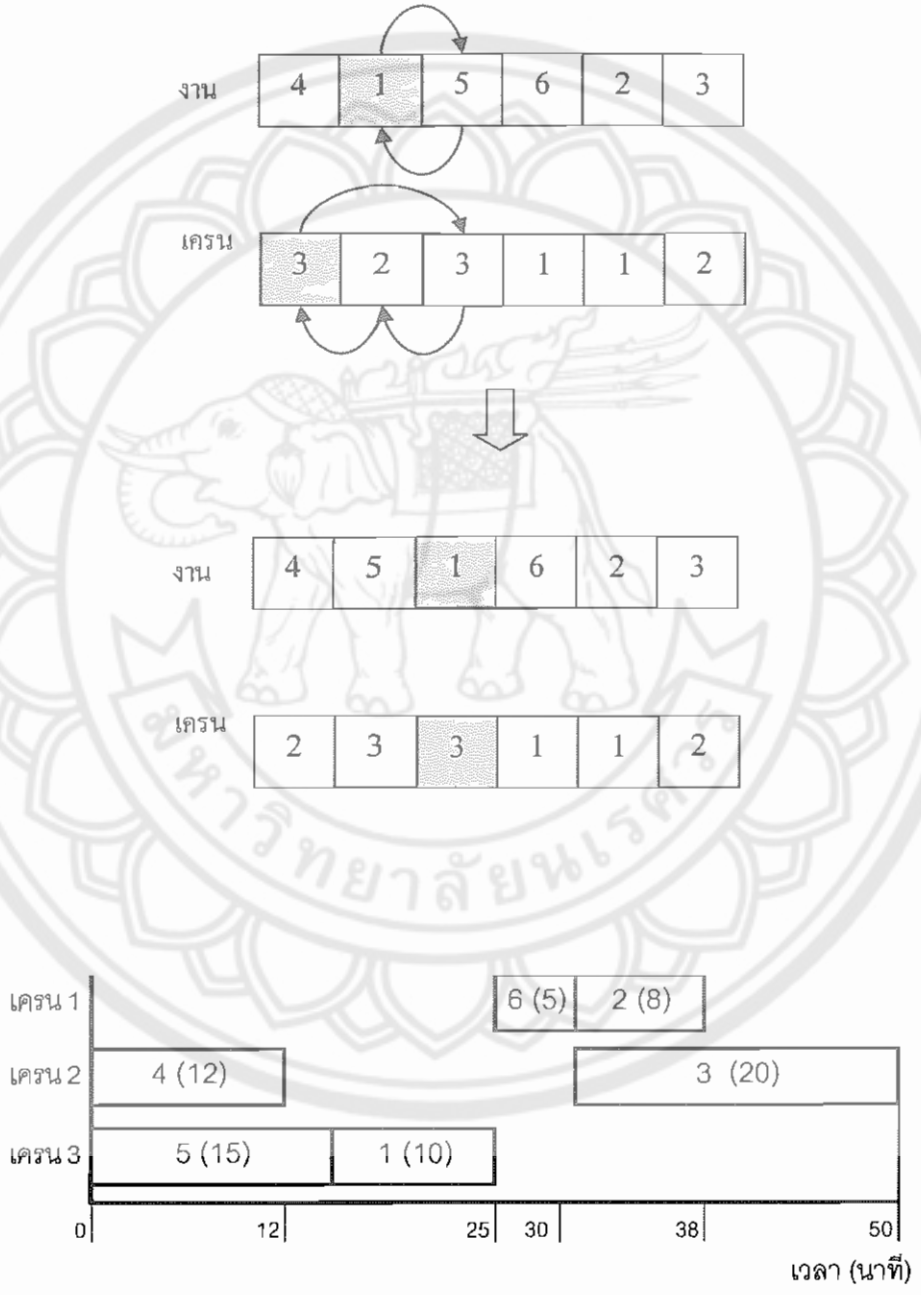
<u>พิจารณาตำแหน่งที่ 3</u>

1) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือสามารถเลือกสุ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 4 ถึงตำแหน่งที่ 6 สามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 5 (X_{new5}) ดังรูป



รูปที่ 3.7 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปขวามือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 60 นาที

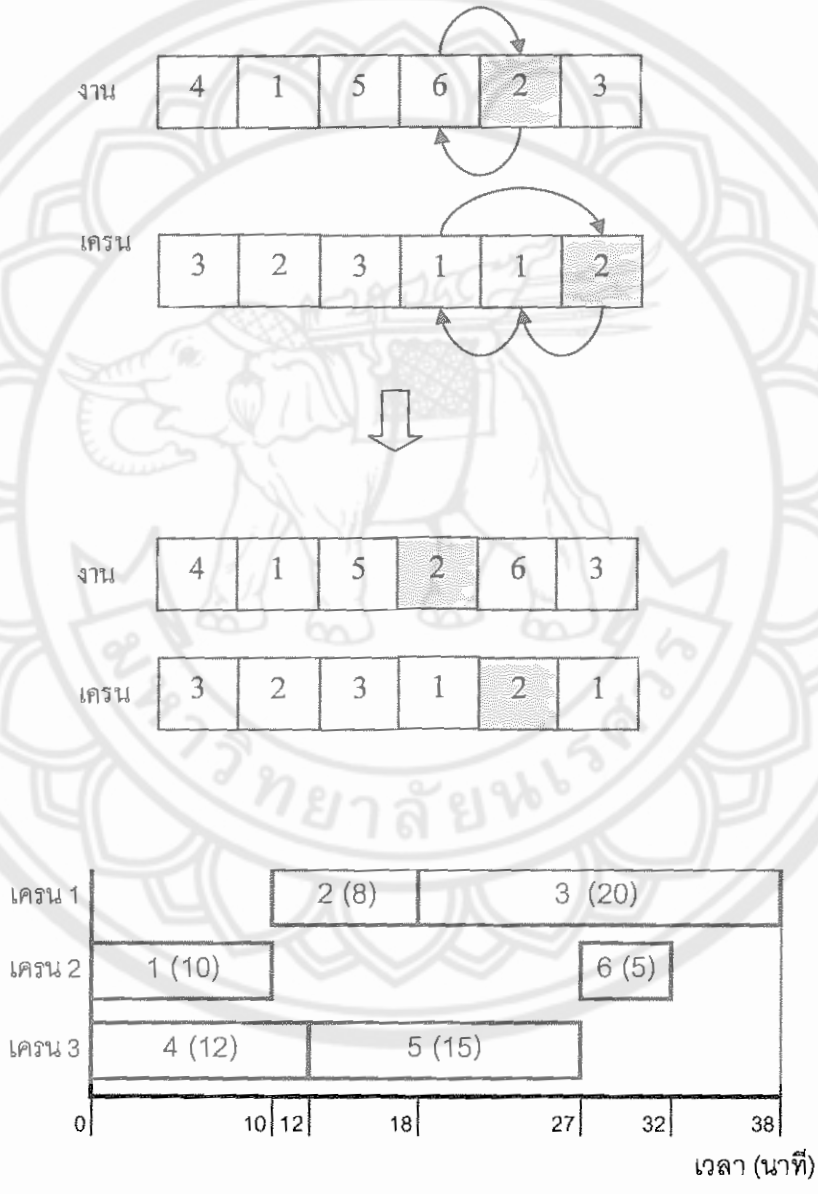
2) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ สามารถเลือกสุ่มระหว่างตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 สามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 6 (X_{new6}) ดังรูป



รูปที่ 3.8 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปซ้ายมือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 50 นาที

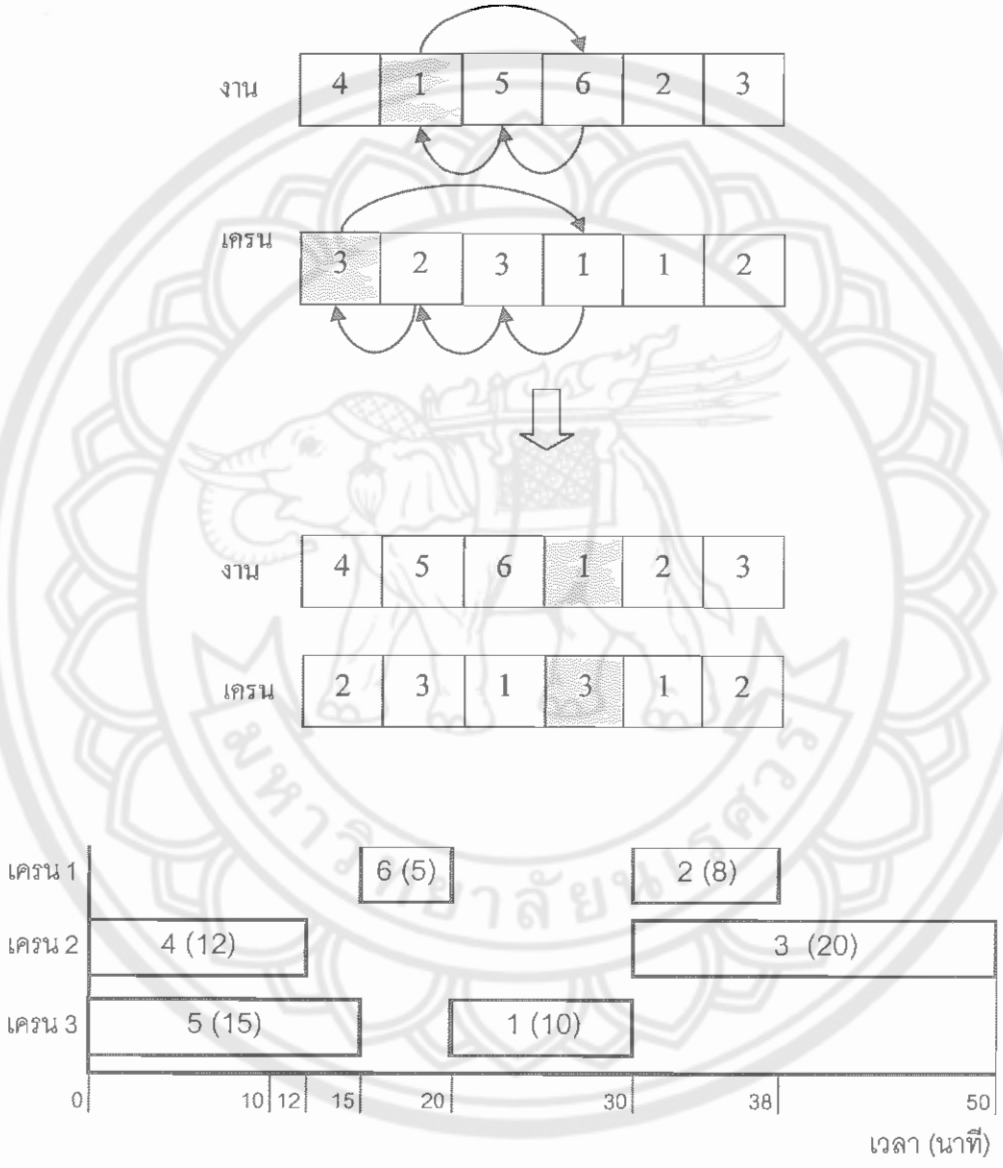
<u>พิจารณาตำแหน่งที่ 4</u>

1) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ ในตัวอย่างนี้สามารถเลือกสุ่ม ระหว่างตำแหน่งที่ 5 และตำแหน่งที่ 6 สามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 7 (X_{new7}) ดังรูป



รูปที่ 3.9 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปขวามือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 38นาที

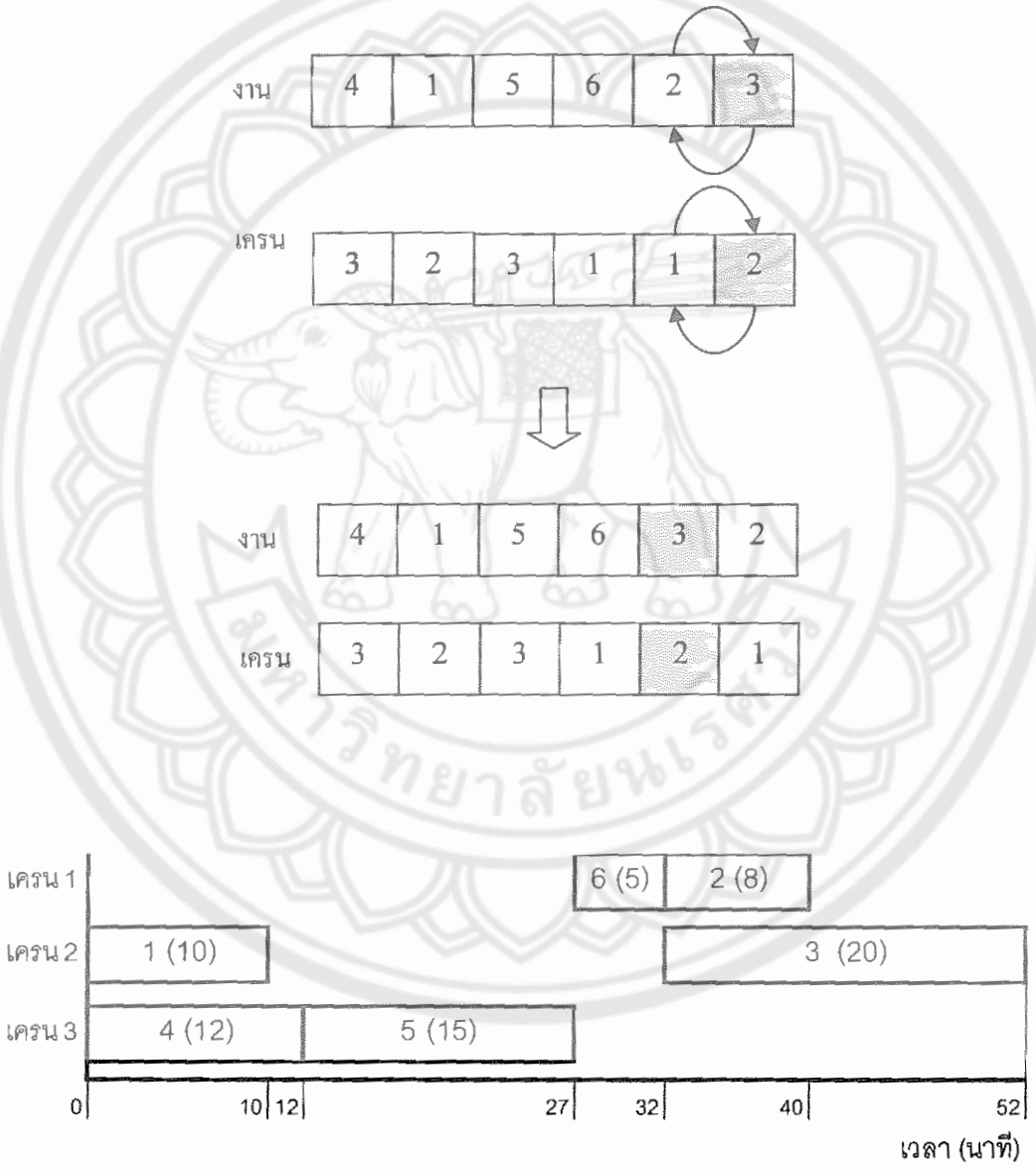
2) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 4 สามารถเลือกสุ่มไปทางซ้ายมือ ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึง ตำแหน่งที่ 3 สามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 8 (X_{new8}) ดังรูป



รูปที่ 3.10 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปซ้ายมือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 50นาที

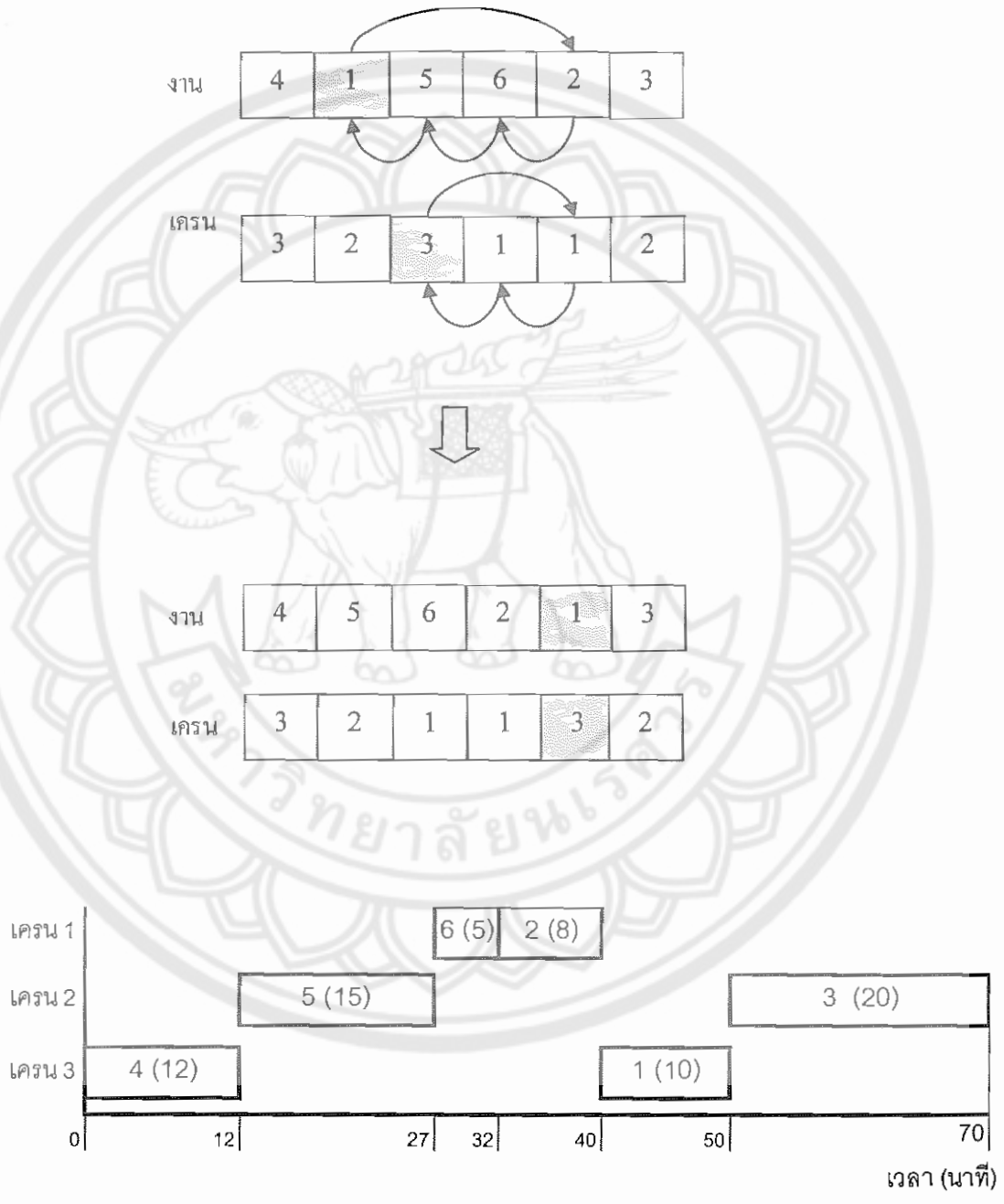
<u>พิจารณาตำแหน่งที่ 5</u>

1) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 5 ทางขวามือ โดยถ้าเป็นตำแหน่งรองสุดท้ายเช่นนี้จะเป็นการสลับที่กันระหว่างตำแหน่งที่ 5 และ 6 ได้เลย สามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 9 (X_{new9}) ดังรูป



รูปที่ 3.11 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 5 ไปขวามือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 52นาที

2) พิจารณาตำแหน่งของงานและเครนในตำแหน่งที่ 5 สามารถเลือกสุ่มไปทางซ้ายมือ ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 4 ซึ่งสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 10 (X_{new10}) ดังรูป



รูปที่ 3.12 แผนภาพจัดเรียงลำดับการทำงานของเครนของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 5 ไปซ้ายมือ โดยมีเวลาที่เครนทำงานเสร็จสิ้น คือ 70นาที

3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของการอบอ่อนจำลองในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครน

กำหนดให้

T_{end} = ค่าอุณหภูมิที่กำหนด

T = ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหาคำตอบ

X_{now} = ค่าคำตอบที่ได้จากการทำ Neighborhood search ครั้งแรก

X_{best} = ค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง

X_{new} = ค่าคำตอบใหม่ที่ได้จากการทำ Neighborhood search

d = อัตราการลดลงของอุณหภูมิ หรือ อัตราการเย็นตัว

k = ค่าคงที่ Boltzmann

Δ = ผลต่างระหว่างค่าคำตอบ X_{now} กับ X_{new}

U = ค่าความน่าจะเป็นที่กำหนด อยู่ในช่วง [0, 1]

R = จำนวนรอบในการหาค่าคำตอบที่ ณ T ค่าหนึ่ง

ขั้นตอนการหาค่าคำตอบของ SA

1. หาค่า X_{now} และกำหนดให้ $X_{now} = X_{best}$
2. กำหนดค่า อุณหภูมิ T_{end}
3. หาค่า X_{new} โดยใช้ Neightbourhood move
4. หาค่าคำตอบของ $X_{new} < X_{best}$ จะให้ X_{new} แทน X_{best} ทันที
4. ถ้าค่าหาค่า X_{new} ไม่ดีกว่าค่า X_{best} ให้หาค่า Δ
5. ทำการตัดสินใจว่าจะเปลี่ยนแปลงค่า X_{best} หรือไม่ด้วยความน่าจะเป็น $P_0 = e^{-\Delta/kT}$
   ถ้าความน่าจะเป็น P_0 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าความน่าจะเป็น U ที่กำหนดและทำให้สมการเป้าหมายมีค่ามีค่าน้อยกว่า จะทำการยอมรับให้ $X_{new} = X_{best}$
6. ลดค่า อุณหภูมิ (T) ลงด้วยสมการ $T=d*T$ และทำการทดลอง และกลับไปทำในขั้นตอน 3 ใหม่ จำนวน R รอบ แล้วทำการลดค่า T ลงเลื่อยๆ จนกว่า $T < T_{end}$

แผนภาพแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาของ SA

รูปที่ 3.13 Flow Chart ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ SA

3.2 ปัญหาที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการ SA

ดังที่ได้กล่าวถึงวิธีการ SA ว่าเป็นวิธีการที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ กล่าวคือ ในการแก้ปัญหาของวิธีการ SA นั้น จะมีประสิทธิภาพดีในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการทดลองที่จะใช้วิธีการ SA ในการแก้ปัญหา ได้มีการกำหนดขนาดของปัญหาขึ้นหลายขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งปัญหาที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบของวิธีการ SA เป็นขนาดปัญหาเดียวกันกับแบบจำลอง ของ Zhu กับ Lim ที่ใช้โปรแกรม LINGO ประมวลผลของปัญหา ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของการหาคำตอบของ โปรแกรม SA Crane Scheduling มีประสิทธิแตกต่างจากโปรแกรม LINGO อย่างไร

กำหนดให้

M คือ จำนวนเครน

และ N คือ จำนวนงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดปัญหาที่ใช้ในการหาค่าคำตอบจากการประมวลผลของโปรแกรม

ปัญหาที่	M x N	เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละงาน (นาที)
1	3x5	2,3,4,5,3
2	3x5	15,17,23,12,10
3	3x6	5,1,2,8,1,6
4	3x6	13,32,22,17,25,19
5	3x7	36,24,24,41,35,33,15
6	3x8	15,12,27,28,11,22,41,35
7	5x6	11,22,10,10,10,6
8	5x7	1,2,4,1,2,1,1
9	5x8	25,25,35,25,25,35,25,25
10	5x9	4,4,4,3,3,7,2,2,7
11	5x10	26,18,26,30,18,55,30,15,30
12	5x12	20,22,25,20,29,21,25,29,25,23,24,27

3.3 ขั้นตอนในการทำวิจัย

เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาถึงปัญหาในการจัดลำดับการทำงานของเครน เนื่องจากข้อจำกัดในการทำงานของเครนที่มีอยู่ และศึกษาถึงวิธีการหาคำตอบของการแก้ปัญหาในการจัดลำดับการทำงานของเครนด้วยวิธีการ SA ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครนที่จะทำการศึกษาในครั้งนี้

ดังนั้นสิ่งที่ผู้วิจัยจะต้องศึกษาโดยละเอียดต่อไปคือ การใช้โปรแกรมในการประมวลผล จึงต้องศึกษาถึงวิธีการเขียนโปรแกรม เพื่อใช้ในการประมวลผลการแก้ปัญหาในการทำงานของเครนที่ทราบถึงปัญหาการทำงาน และวิธีการในการหาคำตอบเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่ได้จากการศึกษาเป็นอย่างดี เมื่อสามารถสร้างโปรแกรมในการช่วยประมวลผลในการแก้ปัญหานี้ได้แล้ว จะทำให้ผู้วิจัยสามารถทำการทดสอบความสามารถของวิธีการหาคำตอบที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้ว่าวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นมีความสามารถในการประมวลผลของคำตอบได้มากน้อยเพียงใด