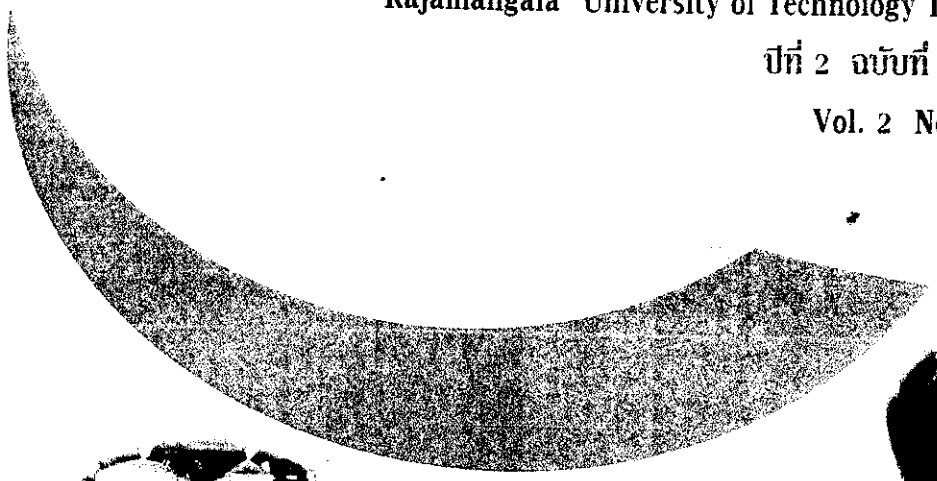
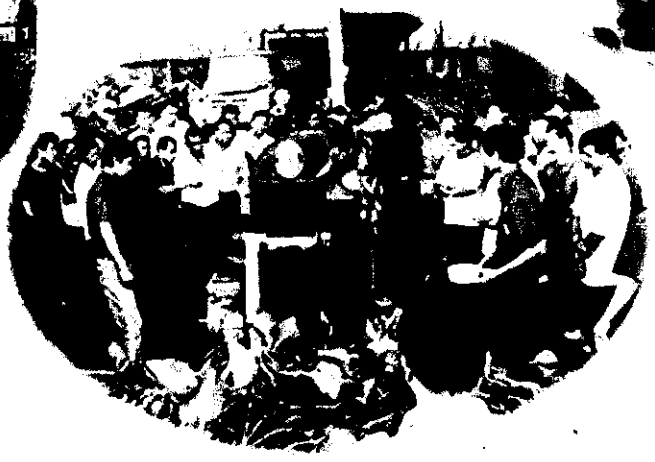




วารสารวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Rajamangala University of Technology Tawan - ok Research Journal

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2552

Vol. 2 No. 1 January - June 2009

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
43 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
http://ird.rmutto.ac.th

RMUTTO Institute of Research and Development

สารบัญ

หน้า

บทบรรณาธิการ ..... ก

การพัฒนาเครื่องหั่นผักตบชวาจากเครื่องต้นแบบโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชน 1

พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ และ เดชา วงศ์แก้ว

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเลือกเส้นทางการเคลื่อนย้ายดินในโครงการจัดรูปที่ดินประเภทสมบูรณ์แบบ 9

ทองพูล ทาสีเพชร

การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ 14

อดุลย์ พุกอินทร์ เอราวิล ถาวร หนึ่งฤทัย ทัพใหญ่ กนกพร อารยิกานนท์ และ ชวัญนิธิ คำเมือง

การตรวจสอบจุลินทรีย์ในกระเพาะโค 20

วิชัย ศุภลักษณ์ เศรษฐสิทธิ์ แสงโสภณจิตร และ เกษม สร้อยทอง

การยืดอายุการเก็บรักษาผลสำรองโดยการอบแห้ง 24

วรัญญา โนนม่วง ชาติชาย ไชยช่วย ทองจวน วิพัฒน์เจริญลาภ และ นฤมล มงคลธนวัฒน์

การทดแทนเนื้อสุกรด้วยเนื้อไก่และการเปรียบเทียบชนิดของไขมันในไส้อั่ว 29

สายใจ จริยาเอกภาส

การศึกษาวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเตรียมเนื้อทุเรียนสำหรับการทอดกรอบ 36

ลือพงษ์ ลือนาม และ จรูญพงศ์ เทียมประทีป

การประมาณการค่าใช้จ่ายในการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์เชิงโครงข่ายโดยวิธีแบบจำลองสมการโครงสร้าง 41

สมชาย ปราการเจริญ อุดม จีนประดับ มนต์ชัย เทียนทอง และ ราชันย์ บุญธิมา

สำนวนที่เกี่ยวกับสัตว์ในภาษาไทย และภาษาอังกฤษ : กรณีศึกษาเปรียบเทียบทางอรรถศาสตร์ 48

นภัทร อังกูรสินธนา

ผลของระดับพรีมิกซ์ที่เหมาะสมต่อการอนุบาลปลากดเหลือง 58

พงษ์อาทิตย์ บุญอาษา และ สมพงษ์ ดุลย์จินดาชบาพร

ผลของสาร CRYOPROTECTANT ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพน้ำเชื้อแช่แข็งปลาดุกเทศ 67

วสันต์ ป้อมเสมา

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้ในการเพาะเห็ดและทดลองปลูกผักบุ้งในระบบอินทรีย์ 75

วินัย ภูชนะพันธ์

ภาคผนวก

(วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก) 84

การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

Solving a Crane Scheduling Problem by Mathematical Programming

อดุลย์ พุกอินทร์[1] เอราวิล ถาวร[1] หนึ่งฤทัย ทัพใหญ่[1] กนกพร อารยิกานนท์[1] และ ชวัญนิธิ คำเมือง[2]

[1]โปรแกรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์ 53000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

E-mail : Kpopk@yahoo.com, Adun_gig@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการจัดลำดับงานของเครนที่มีข้อจำกัด คือ ขณะที่เครนทำงานพร้อมกัน เครนจะไม่สามารถทำงานในเส้นทางที่ข้ามตัดกันได้ เครนจะไม่ทำงานอื่นก่อนที่จะทำงานของตัวเองเสร็จ และเครนจะไม่หยุดทำงานจนกว่าจะทำงานทั้งหมดเสร็จสิ้น ทั้งนี้การจัดระบบการทำงานของเครนนี้มีจุดประสงค์เพื่อเป็นการกำหนดลำดับการทำงานของเครนที่ทำให้เวลาในการทำงานของเครนกับงานทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่ช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยแบบจำลองนี้ ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหากับแบบจำลองของ Zhu และ Lim โดยนำไปเขียนในโปรแกรม และประมวลผลหาค่าเวลาในการทำงานของเครนทั้งหมด จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองของ Zhu และ Lim โดยสามารถลดจำนวนข้อจำกัดลงและใช้เวลาในการประมวลผลที่เร็วขึ้น

ABSTRACT

This paper proposes a new mathematical programming model for a crane scheduling problem with spatial constraints such as a crane cannot perform two jobs simultaneously and it must complete a job without any pause or shift, and two crane cannot crossed each other. The objective of this problem is to minimize makespan (the completion time of the last job). The new mathematical model is compared with the previously developed model of the same problem. The results show that the new model outperforms the previous model in terms of running time and the number of constraints.

Keywords : Scheduling, Mathematical Programming

1. บทนำ

ในปัจจุบันการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการขนส่งทางเรือเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณที่มาก และมีต้นทุนต่ำกว่าการขนส่งประเภทอื่น แต่เนื่องจากท่าเรือมีพื้นที่จำกัด และเรือที่เข้ามาขนถ่ายสินค้าจะมีขนาดที่แตกต่างกัน เครนที่ใช้ขนถ่ายสินค้าลงจากเรือมีจำนวนไม่เพียงพอต่อจำนวนสินค้าที่ต้องขนถ่าย ทำให้เกิดความล่าช้าในการขนถ่ายสินค้า และมีเวลาในการทำงานของเครนมากขึ้น ด้วยข้อจำกัดทางด้านการเงินและพื้นที่ของแต่ละท่าเรือ ทำให้ต้องศึกษาการจัดลำดับการทำงานของเครนเพื่อที่จะทำให้การขนถ่ายสินค้าใช้เวลาที่เร็ว ขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องสร้าง หรือขยายพื้นที่รับสินค้าใหม่ขึ้น

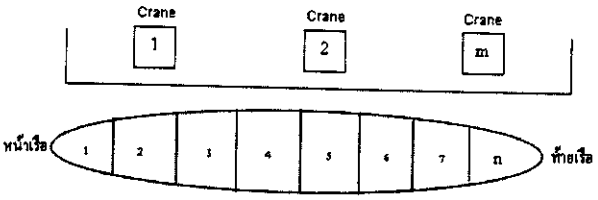
จากปัญหาดังกล่าว การศึกษา ณ ท่าเรือของประเทศสิงคโปร์ซึ่งมีท่าเรือที่เป็นศูนย์การขนถ่ายสินค้าทางเรือที่มีขนาดใหญ่อีกที่หนึ่งของโลก และมีการซื้อขายต่อปีมากถึง 17.04 ล้านบาทต่อปี หรือ 9% ของโลกจะอยู่ที่ท่าเรือแห่งนี้ ท่าเรือที่ประเทศสิงคโปร์จึงเป็นศูนย์ขนถ่ายสินค้าที่มีขนาดใหญ่ และมีอุปกรณ์ที่ใช้ขนถ่ายสินค้าเป็นจำนวนมาก (Kohครอสโอเวอร์, 1994; Bish ครอสโอเวอร์, 2001) จากปัญหาดังกล่าวนี้จึงได้ทำการศึกษาการจัดลำดับงานของเครนออกมาในรูปของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีข้อจำกัด ดังนี้

1) เครนทำงานพร้อมกันเครนจะไม่สามารถทำงา

ในเส้นทางที่ตัดข้ามกันได้

2) เครนจะไม่ทำงานอื่นก่อนที่จะทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ

3) เครนจะไม่หยุดทำงานจนกว่าจะทำงานทั้งหมดเสร็จสิ้น



m = จำนวนเครน

n = จำนวนงาน

รูปที่ 1 การทำงานของเครน

โดยการจัดลำดับการทำงานของเครนนี้ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดเวลาการทำงานของเครนในการทำงานให้น้อยที่สุด ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการจัดลำดับงานของเครนที่จะทำให้การทำงานทั้งหมดเสร็จเร็วที่สุด

1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kap Hwan Kim and Young-Man Park (2004) ได้ทำการศึกษาวิธีการจัดตารางการทำงานของเครนที่ใช้ขนถ่ายคอนเทนเนอร์ในท่าเรือโดยได้นำวิธีการหาค่าทาง (mixed-integer programming model) มาใช้ในการหาคำตอบร่วมกับการหาค่าทางฮิวริสติก (Heuristic algorithm) และ (Branch and Bound : B&B) ร่วมกับ (Greedy randomized adaptive search procedure : GRASP) ผลที่ได้ในการหาค่าที่มีปัญหาขนาดใหญ่การหาค่าโดยวิธี B&B และวิธีการ (GRASP) จะหาค่าคำตอบด้านเวลาได้ดี

Y Shu and Lim (2005) เป็นงานวิจัยที่ต้องการจะจัดการเครนหรือการจัดตารางเครนในท่าเรือที่ประเทศสิงคโปร์ โดย Y Shu and Lim ได้นำเอาวิธีการจัดลำดับงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลดระยะเวลาในการทำงานของชุดงานน้อยที่สุด (Make Span) โดยใช้ (Branch and Bound : B&B) และ Simulated Annealing (SA) มาแก้ไขการจัดตารางผลที่ได้ในขนาดของปัญหาขนาดเล็กและปานกลาง B&B จะ หาคำตอบได้ดีกว่า SA เมื่อปัญหามีขนาดที่ใหญ่ขึ้น SA จะหาคำตอบได้ดีกว่า

ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับงานของเครนนี้ และการจัดตารางการทำงานเป็นปัญหา Combinatorial Optimization ประเภท NP-Hard (Boh, 1996) ซึ่งโดยนัยหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบที่ค่อนข้างยาวนาน เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ และเวลาที่ใช้จะเพิ่มขึ้นแบบ exponential ถ้ามีขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น เช่น ในกรณีที่มีงานอยู่ n งานจะสามารถจัดงานได้ n! การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานสามารถทำได้โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าคำตอบที่ต่ำสุดของรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดทางฮิวริสติก ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้ง่ายต่อการแก้ไขปัญหา

ปัญหาการจัดตารางการทำงานของเครน (Crane Scheduling Problems) ของท่าเรือ ซึ่งจุดประสงค์เพื่อที่จะขนถ่ายสินค้าให้ใช้เวลาในการทำงานที่น้อยที่สุด ซึ่งในแต่ละงานจะมีเวลาทำงาน (Processing Time) ที่แตกต่างกัน เช่น มีงานอยู่ 10 งาน มีเครนที่ใช้ยกคอนเทนเนอร์อยู่ 3 เครน ปัญหาตัวอย่างนี้จะสามารถจัดลำดับงานได้

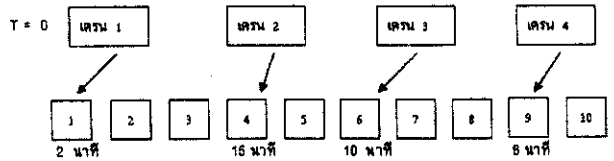
ถึง 10 ! =10 x 9 x 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1 = 3,628,800 วิธีดังตัวอย่างรูปแบบการทำงานของเครนเมื่อจำนวนงานที่กำหนดให้ 10 งาน โดยแต่ละงานมีเวลาตามที่กำหนด โดยในแต่ละรูปของการทำงานของแต่ละเครน แต่ละตัวที่กระทำภายใต้ข้อจำกัด 3 ข้อ ดังกล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเวลาการทำงานของงานแต่ละงาน

ตำแหน่งงาน	เวลาการทำงาน (นาที)
1	2
2	1
3	6
4	15
5	2
6	10
7	6
8	5
9	6
10	3

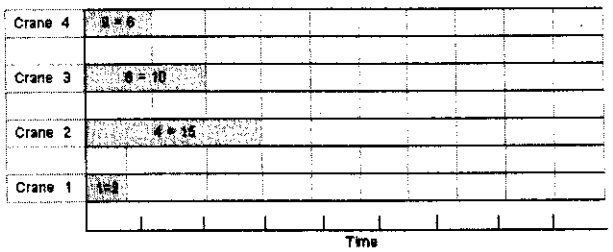
กำหนดให้ T เป็นเวลา

ขั้นตอนที่ 1 ให้เครนตัวที่ 1 ทำงานที่ 1 และเครนตัวที่ 2 ทำงานที่ 4 ให้เครนตัวที่ 3 ทำงานที่ 6 และ เครนตัวที่ 4 ทำงานที่ 9 เมื่อให้เครนแต่ละเครนทำงานแล้ว เวลาในการทำงาน (Processing Time) นำมาใส่เป็นเวลาการทำงานรวมของเครนนั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของเครนที่ T = 0 ในตำแหน่งงานต่าง ๆ

เมื่อการทำงานของเครนทำงานแต่ละงานที่ได้รับมอบหมายแล้ว นำค่าเวลาการทำงานมาใส่เป็นเวลารวมของเครนนั้น



รูปที่ 3 แสดงการทำงานที่ T= 0

ในการทำงานจะมีเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ และเมื่องานถูกจัดแต่ละชุดงานเรียบร้อยแล้ว ในแต่ละชุดงานจะได้ Makespan ของแต่ละชุดงานนั้นแล้วนำมาดูว่าการจัดแบบใดจะหาผลคำตอบและให้เวลาในการทำงานที่ดีที่สุด

วิธีการแก้ปัญหาสามารถที่จะจำแนกได้ 2 แบบ คือ วิธีการหาค่าคำตอบโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional optimization algorithms) และวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการของการประมาณ (Approximation optimization algorithms) (Pongchaoen *et al.*, 2001)

1) วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด **โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์** วิธีการในกลุ่มนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยมีจุดประสงค์ในด้านการแก้ปัญหาทางด้านการทหารที่มีความซับซ้อน ซึ่งหลังจากนั้นวิธีการเหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้แก้ปัญหาด้านอื่นๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) ซึ่งการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางการทำงานมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ Dynamic Programming, Integer Linear Programming และ Branch and bound algorithm (Pongcharoen *et al.*, 2001)

2) วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด **โดยอาศัยหลักของการประมาณ** ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดของการจัดตาราง หรือเรียงลำดับก่อนหลัง เพื่อที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุด เพราะปัญหาแบบนี้เป็นแบบ NP-Hard problems ขณะที่ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ก็จะต้องใช้เวลาในการหาค่าคำตอบมากขึ้น ดังนั้น จึงมีวิธีการหาค่าคำตอบที่ดีโดยวิธีของการประมาณเพื่อจะจัดการกับปัญหาลักษณะเช่นนี้ โดยตรงวิธีการกลุ่มนี้จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และมีความสลับซับซ้อนได้ดี (Pongcharoen et al., 2001)

2. วิธีดำเนินงาน

จากปัญหาของการจัดตารางการทำงานของเครนในท่าเรือ ได้มีการนำปัญหาเหล่านี้มาทำการวิจัยเพื่อที่จะลดเวลาในการทำงานของเครนลง Zhu และ Lim ก็ได้นำปัญหานี้มาสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยแบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดลำดับงานของเครนโดยมีข้อจำกัดคือ ห้ามตัดข้ามกันของเครนแต่ละตัว ดังนี้

กำหนดให้แบบจำลองนี้มีค่า M คือ ค่าคงที่ที่มีค่ามากค่าหนึ่ง

- m = จำนวนของเครน
- n = จำนวนของงาน
- P_i = เวลาที่ใช้ในการทำงานตัวแปรในการตัดสินใจ
- C_i = เวลางานเสร็จที่
- C_{max} = เวลาที่งานทั้งหมดถูกทำให้เสร็จสมบูรณ์

2.1 แบบจำลองของ Zhu และ Lim ในการแก้ปัญหา

$$\text{Minimize } C_{max}$$

$$C_{max} \geq C_i \quad \text{โดยที่ } 1 \geq i \geq n \quad (1$$

$$C_i - P_i \geq 0 \quad \text{โดยที่ } 1 \geq i \geq n \quad (2$$

$$\sum_{k=1}^{m} X_{ik} \leq 1 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i \leq n \quad (3$$

$$Z_{ijkl} \leq X_{ik} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n, 1 \leq k, l \leq m \quad ($$

$$Z_{ijkl} \leq X_{jl} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n, 1 \leq k, l \leq m \quad ($$

$$X_{ik} + X_{jl} - 1 \leq Z_{ijkl} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n, 1 \leq k, l \leq m$$

$$C_i - (C_j - P_j) + Y_{ij} M \geq 0 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n$$

$$C_j - (C_i - P_i) + (1 - Y_{ij}) M \leq 0 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n$$

$$Y_{ij} + Y_{ji} \geq Z_{ijkk} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i, j \leq n, i \neq j, 1 \leq k \leq m$$

$$Y_{ij} + Y_{ji} \geq Z_{ijkl} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq i < j \leq n, 1 \leq l < k \leq m \quad ($$

2.2 แบบจำลองใหม่ในการแก้ปัญหา

การจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมแก้ปัญทางคณิตศาสตร์

http://ird.rmutto.ac.th

แบบจำลองใหม่นี้เป็นแบบจำลองที่ใช้แนวคิดประยุกต์ปรับปรุงจากแบบจำลองของ Zhu และ Lin โดยศึกษาตัวแปร Z_{ijkl} เพราะเป็นตัวแปรที่ไม่มีความจำเป็น เนื่องจากเป็นตัวแปรที่เป็นตัวเชื่อมระหว่าง X_{ik} กับ Y_{ij} ทำให้เวลาในการประมวลผลนานกว่าที่เป็นจริง หลังจากการศึกษาแบบจำลองเดิมเสร็จในการวิจัยได้ทำการปรับปรุง โดยทำการตัดสมการที่มีตัวแปร Z_{ijkl} ออกจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X_{ik} กับ Y_{ij} ขึ้นมาดังสมการที่ (6) และ (7)

กำหนดให้แบบจำลองนี้มีค่า M คือ ค่าคงที่ที่มีค่ามากกว่า 1

Minimize C_{max}

$$C_{max} \geq C_i \quad \text{โดยที่} \quad 1 \leq i \leq n \qquad (1)$$

$$C_i - P_i \geq 0 \quad \text{โดยที่} \quad 1 \leq i \leq n \qquad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{m} X_{ik} \leq 1 \quad \text{โดยที่} \quad 1 \leq i \leq n \qquad (3)$$

$$C_i - (C_j - P_j) + Y_{ij} M \geq 0 \quad \text{โดยที่} \quad 1 \leq i, j \leq n \qquad (4)$$

$$C_i - (C_j - P_j) + (1 - Y_{ij}) M \leq 0 \quad \text{โดยที่} \quad 1 \leq i, j \leq n \qquad (5)$$

$$X_{ik} + X_{jk} \leq (Y_{ij} + Y_{ji}) M + 1 \quad \text{โดยที่} \quad V1 \leq i < j \leq n \quad \text{และ} \quad V1 \leq 1 < k \leq m \qquad (6)$$

$$X_{ik} + X_{jk} \leq (Y_{ij} + Y_{ji}) M + 1 \quad \text{โดยที่} \quad V1 \leq i < j \leq n \quad \text{และ} \quad V1 \leq 1 < k \leq m \qquad (7)$$

3. ผลการดำเนินการ

จากที่ได้ทำการพิจารณาเพื่อหาจำนวนข้อจำกัดของสมการของแบบจำลองของ Zhu และ Lim และแบบจำลองใหม่ จะทำการหาข้อแตกต่างระหว่างแบบจำลองทั้งสองว่าแบบใดให้จำนวนสมการข้อจำกัดที่น้อยกว่า และในปริมาณเท่าไร ดังนี้

แบบจำลองของ Zhu และ Lim มีข้อจำกัดเท่ากับ $4n\,m^2 + 2n^2 + n^2m + 4nn$ ข้อ

แบบจำลองใหม่มีข้อจำกัดเท่ากับ $2n^2 + n^2m^2 + n^2m + 3n$ ข้อ

เมื่อนำแบบจำลองของ Zhu และ Lim และแบบจำลองใหม่มาเปรียบเทียบกันจะได้ผลต่างของทั้งสองแบบจำลอง

$$= 4n + 4\,n^2m^2 + n^2 + 2n^2 - (3n + 2n^2 + n^2m + n^2m^2)$$

$$= 3\,n^2m^2 + n$$

ดังนั้น แบบจำลองใหม่สามารถลดข้อจำกัดได้มากกว่าแบบจำลองของ Zhu และ Lim ถึง $3\,n^2m^2 + n$ ข้อ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาโดยอยู่ภายใต้จำนวน เครน,งาน และเวลาของแต่ละงานที่เท่ากัน ทำการเปรียบเทียบปัญหา 12 ปัญหา เพื่อหาคำตอบที่ดีของเครน ซึ่งในการประมวลผลแบบจำลองของ Zhu และ Lim และแบบจำลองใหม่ ผลการทดลอง จะดูในเรื่องเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน เวลาในการประมวลผลสถานะของคำตอบ และวิธีการจัดลำดับงาน

ตารางที่ 2 ปัญหาและผลการประมวลผลแบบจำลองของ Zhu และ Lim

ที่	Crane	Job	*Processing Time (min)	C max (min)	*Run time	*State
1	3	5	2, 3, 4, 5, 3	8	4 s.	Optimum
2	3	5	15, 17, 23, 12, 10	32	3 s.	Optimum
3	3	6	5, 1, 2, 8, 1, 2	8	4 s.	Optimum
4	3	6	13, 32, 22, 17, 25, 19	45	28 s.	Optimum
5	3	7	36, 24, 24, 41, 36, 33, 15	77	7 min.43s.	Optimum
6	3	8	15, 12, 27, 28, 11, 22, 41, 35	68	16 min.19s.	Optimum
7	5	6	11, 22, 10, 10, 10, 6	22	55 s.	Optimum
8	5	7	1, 2, 4, 1, 2, 1, 1	4	1.43 min.	Optimum
9	5	8	25, 25, 35, 25, 25, 35, 25, 25	50	39 min.25s.	Optimum
10	5	9	4, 4, 4, 3, 3, 7, 2, 2, 7,	9	71hr.9min	Feasible
11	5	10	26, 18, 26, 30, 18, 55, 30, 15, 30, 15	74	8hr.46min	Feasible
12	5	12	20, 22, 25, 20, 29, 21, 25, 29, 25, 23, 24, 27	(91, 41)	71hr.59min	Feasible

ตารางที่ 3 ปัญหาและผลการประมวลผลแบบจำลองแบบใหม่

ที่	Crane	Job	*Processing Time (min)	C max (min)	*Run time	*State
1	3	5	2, 3, 4, 5, 3	8	1 s.	Optimum
2	3	5	15, 17, 23, 12, 10	32	1 s.	Optimum
3	3	6	5, 1, 2, 8, 1, 2	8	1 s.	Optimum
4	3	6	13, 32, 22, 17, 25, 19	45	2 s.	Optimum
5	3	7	36, 24, 24, 41, 35, 33, 15	77	1.11min.	Optimum
6	3	8	15, 12, 27, 28, 11, 22, 41, 35	68	1 min.	Optimum
7	5	6	11, 22, 10, 10, 10, 6	22	1 s.	Optimum
8	5	7	1, 2, 4, 1, 2, 1, 1	4	1 s.	Optimum
9	5	8	25, 26, 36, 26, 25, 36, 26, 25	50	4 s.	Optimum
10	5	9	4, 4, 4, 3, 3, 7, 2, 2, 7,	9	24 s.	Optimum
11	5	10	26, 18, 26, 30, 18, 55, 30, 15, 30, 15	66	40min.34s	Optimum
12	5	12	20, 22, 25, 20, 29, 21, 25, 29, 25, 23, 24, 27	(69, 49)	72hr.	Feasible

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองปัญหาตัวอย่างในแบบจำลองของ Zhu และ Lim และแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ เมื่อได้นำผลการทดลองของปัญหา เพื่อหาความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบปัญหาของแบบจำลอง

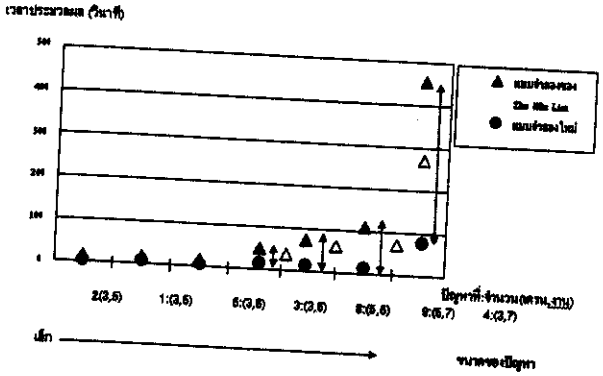
ปัญหา	จำนวนเครน (m)	จำนวนงาน (n)	แบบจำลองของ Zhu และ Lim			แบบจำลองใหม่			เวลาที่ลด (hr:min:s)	% เวลาที่ลด
			*C max (min)	*Run time (*hr:min:s)	*State	C max (min)	Run time (hr:min:s)	State		
1	3	5	8	0:00:04	Optimum	8	0:00:01	Optimum	0:00:03	75
2	3	5	32	0:00:03	Optimum	32	0:00:01	Optimum	0:00:02	66.67
3	3	6	8	0:00:04	Optimum	8	0:00:01	Optimum	0:00:03	75
4	3	6	45	0:00:28	Optimum	45	0:00:02	Optimum	0:00:26	92.86
5	3	7	77	0:07:43	Optimum	77	0:01:11	Optimum	0:06:32	84.67
6	3	8	68	0:16:19	Optimum	68	0:01:00	Optimum	0:15:19	93.87
7	5	6	22	00:00:55	Optimum	22	0:00:01	Optimum	00:00:54	98.18
8	5	7	4	0:01:43	Optimum	4	0:00:01	Optimum	0:01:42	99.03
9	5	8	50	0:39:25	Optimum	50	0:00:04	Optimum	0:39:21	99.83
10	5	9	9	71:09:00	Feasible	9	0:00:24	Optimum	-	-
11	5	10	74	8:45:00	Feasible	66	0:40:34	Optimum	-	-
12	5	12	(91,41)	71:59:00	Feasible	(69, 49)	72:00:00	Feasible	-	-

http://ird.rmutto.ac.th

ime	*State
.	Optimum
.	Optimum
.	Optimum
.	Optimum
in.	Optimum
n.	Optimum
	Optimum
	Optimum
	Optimum
.	Optimum
4 s	Optimum
	Feasible

ตกต่างของเวลาที่ใช้

ที่ลด (in:s)	% เวลาที่ลด
0:03	75
:02	66.67
:03	75
:26	92.86
:32	84.67
19	93.87
:54	98.18
42	99.03
21	99.83
	-
	-
	-



รูปที่ 5 สรุปการหาเวลาในการประมวล

* หมายเหตุ

C_{max}	คือ	เวลาที่ทำงานทั้งหมดถูกทำเสร็จสมบูรณ์
Run time	คือ	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล
State	คือ	ประเภทของคำตอบที่ได้จากการประมวลผล
Optimum	คือ	คำตอบที่เหมาะสมที่สุด
Feasible	คือ	คำตอบที่มีความเป็นไปได้เท่านั้น
hr : min : s	คือ	ชั่วโมง : นาที : วินาที

จากการทดลองนำตัวอย่างปัญหาทั้ง 12 ตัวอย่างมาแก้ปัญหา ผลที่ได้ในการแก้ปัญหาทั้ง 12 ตัวอย่าง ทางด้านการใช้เวลาในการประมวลผล (Run Time) จึงได้นำเวลาประมวลผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างแบบจำลองของ Zhu และ Lim กับแบบจำลองใหม่ เพื่อหาประสิทธิภาพในการประมวลผล จากการประมวลผลทางด้านเวลาในการประมวลผลแบบจำลองใหม่จะใช้เวลาในช่วงแรกๆ เป็นปัญหาขนาดเล็ก จะมีการประมวลผลใกล้เคียงแต่เมื่อปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นการประมวลผลของแบบจำลองใหม่จะมีเวลาในการประมวลผล (Run Time) ที่สั้นกว่าดังภาพที่ เห็นได้ว่าแบบจำลองของ Zhu และ Lim ใช้เวลาในการประมวลผลที่นานกว่า แบบจำลองใหม่ที่ปรับปรุงขึ้นมา และมีผลต่อเวลาในการประมวลผล (△) ของแบบจำลองของ Zhu และ Lim กับแบบจำลองใหม่มากขึ้น เมื่อทำการประมวลผลกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สรุปได้ว่า แบบจำลองใหม่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลได้เร็วกว่าแบบจำลองของ Zhu และ Lim

6. เอกสารอ้างอิง

1. Baker, k. (1974). Introduction to Scquencing and Scheduling. New York : John Wiley & Sons.
2. Bish, E. Leong, T. Lic, Ng J. and Simchi - Levi, D. (2001) : Analysis of a new vehicle scheduling location problem. Naval Reslogist 48 :1002-1024.
3. LINGO user's guide. (1999). Chicago. IL:LINDO Systems Inc.
4. Pongcharoen, P., Stewardson, D.J., Hicks, C. and Braiden, P.M. (2001). Applying designed experiments to optimise the performance of genetic algorithms used for scheduling complex products in the capital goods industry. Journal of Applied Statistics. 28(3&4). Pages 441-455.
5. Pongcharoen, P. (2004). Project Manage: Planning. Scheduling and Controlling. Lecture Handout. Naresuan University. Pitsanulok. Thailand.
6. W.C.Ng and K.L.Mak. (2003). Yard crane scheduling in port container terminals. Received 1 September.
7. W.C.N. (2005). Crane scheduling in container yards with inter-crane interference. European Journal of operational Research. 1 July 2005. Pages 64 - 78.
8. Winston , W.L. (2004). Operation Research. CA : Brooks/cole-ThomsonLearning.
9. Zhu ,Y and Lim,A (2006). Journal of the Operational Research Society. pp. 1464 - 1471 (8), Volume 57, Number 12.

TCI ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย
Thai Journal Citation Index Centre
สนับสนุนโดย สกอ.

ชื่อบทความ : การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

ชื่อผู้แต่ง : อดุลย์ พุกอินทร์[1], ขวัญนิธิ คำเมือง[2], เอราวิล ถาวร[1], หนึ่งฤทัย ทัพใหญ่[1]

ที่อยู่
1. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อวารสาร : วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ปีที่ : 2 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 14-19 ปีพ.ศ. : 2552

บทคัดย่อ