การวางแผนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพ

AN EFFICIENT TRANSPORT PLANNING TO DELIVER SUGAR CANE TO SUGAR MILL

บุริม นิลแป้น[1] พงษ์ชัย จิตตะมัย[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail: burimnilpan@hotmail.com

Burim Nilpan[1] Phongchai Jittamai[2]

[1,2]School of Industrial Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

E-mail: burimnilpan@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหาการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ที่เกิดจากการวางแผนการใช้รถบรรทุกที่ไม่มีประสิทธิภาพ ไม่มีการกำหนดเลือกเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน รถบรรทุกจึงมาถึงโรงงานพร้อมกันทำให้เกิดการรอคอย ปัญหาดังกล่าวถือเป็นการสูญเสียโอกาสในการใช้งานรถบรรทุกที่ควรจะทำได้ การวิจัยครั้งนี้ศึกษาหา แนวทางในการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ในพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งใช้วิธี Saving Algorithm ในการหาคำตอบ โดยใช้โปรแกรม Excel ในการประมวลผล ซึ่งผลจากการดำเนินการ สรุปได้ว่าจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องเดินทางไปเก็บอ้อยทั้งหมดเท่ากับ 26 เที่ยว ระยะทางรวม 233.27 กิโลเมตร

คำหลัก ปัญหาเส้นทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP), Saving Algorithm

Abstract

The objective of this research is to solve a problem of inefficient use of trucks to pickup sugarcanes to sugar mill. Trucks usually arise at the mill simultaneously and this causes by waiting time for dropping off. This study aims to develop an efficient use of trucks to determine a sequence of pickup route using vehicle routing problem (VRP). Saving algorithm is selected to calculate the solution. We worked on to pick-up locations and five pick-up trucks traveling simultaneously. The total trip computed is 26 and total distance is 233.27 km.

Keywords: Vehicle Routing Problem (VRP), Saving Algorithm

1. บทนำ

การจัดหาวัตถุดิบเพื่อป้อนโรงงานจัดเป็นหัวใจสำคัญของโรงงานน้ำตาล เนื่องจากสภาวะในปัจจุบันที่อุตสาหกรรมน้ำตาลมีกำลังการผลิตรวมมากกว่าปริมาณอ้อยที่มีในประเทศทำให้ทุกโรงงานน้ำตาลต้องหาอ้อยมาป้อนโรงงานให้ได้มากที่สุด

ในช่วงที่อยู่ระหว่างฤดูของการหีบอ้อยจะมีการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ส่งผลทำให้ต้องมีการระดมรถบรรทุกเพื่อใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเป็นจำนวนมาก ด้วยลักษณะของพื้นที่และระยะทางที่แตกต่าง ทำให้การเดินทางไปรับอ้อยของรถบรรทุกมีความหลากหลาย ทุก ๆ ฝ่ายที่เกี่ยวข้องเองก็ต้องการที่จะลำเลียงอ้อยเข้าสู่โรงงานให้เร็วที่สุด ดังนั้นลักษณะในการดำเนินในช่วงฤดูการหีบอ้อยจึงเป็นไปในรูปแบบที่ทางฝ่ายขนส่ง จัดส่งรถบรรทุกออกไปรับอ้อยให้มากที่สุดเพื่อมาป้อนให้โรงงาน โดยไม่คิดถึงการจัดสรรลำดับ การเลือกเส้นทางในการลำเลียง และความสัมพันธ์ด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถบรรทุกคันต่าง ๆ ส่งผลทำให้รถบรรทุกที่ขนอ้อยมาจากพื้นที่ต่าง ๆ มาถึงโรงงานพร้อม ๆ กันจึงต้องมีการมารอที่หน้าโรงงานเพื่อที่เข้าโรงงานเป็นเวลานานหลายชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายในการจ้างรถบรรทุกจะคิดค่าจ้างเป็นรายวัน ซึ่งเมื่อไม่มีการวางแผนการใช้รถที่ดี จะทำให้รถบรรทุกมาถึงพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จึงเกิดการรอคอยขึ้น ทำให้แทนที่รถบรรทุกจะสามารถไปรับส่งอ้อยได้จำนวนหลายเที่ยวตามประสิทธิภาพที่สมควรจะทำได้ ซึ่งถือเป็นสาเหตุหลักของปัญหาการขนส่งในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมน้ำตาล

การวางแผนการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงถือเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดการรอคอยของรถบรรทุก ดังนั้น การที่สามารถกำหนดได้ว่า รถบรรทุกแต่ละคันควรจะเดินทางไปเก็บอ้อยที่แปลงใด และใช้เส้นทางไหน ลำดับการเข้าออกโรงงานของรถแต่ละคันที่เหมาะสมควรเป็นเช่นไร ถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ลักษณะที่สำคัญของปัญหาในการวิจัย

ถ้ากำหนดให้โรงงานมีจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งเป็นจำนวนที่จำกัด เท่ากับ N คันมีพื้นที่ที่ต้องเก็บเป็นจำนวน A ไร่ ลำดับในการเก็บอ้อยของรถบรรทุกควรเป็นอย่างไร เพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด

3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) สามารถจัดลำดับการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลของรถบรรทุกในพื้นที่ตัวอย่างได้

2) สามารถคำนวณหาระยะทางรวมในการเดินทางของรถบรรทุกที่ดีที่สุดได้

4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในภาคการขนส่งของธุรกิจอุสาหกรรมน้ำตาลในประเทศไทย ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีทางการวิจัยและดำเนินงานเพื่อใช้หาลำดับในการเดินทางของส่งของรถบรรทุกที่ต้องขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยใช้ข้อมูลของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา เป็นกรณีศึกษา ซึ่งทางโรงงานมีพื้นที่ไร่อ้อยที่อยู่ในเขตส่งเสริมในระยะ 50 กิโลเมตรเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถที่จะนำเสนอวิธีการวางแผนที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ในบทความนี้ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเป็นตัวอย่างเพียงบางส่วนของพื้นที่ทั้งหมด เพื่อให้เห็นถึงหลักการและแนวทางในการดำเนินการของงานวิจัยพอสังเขป

5.สมมติฐานในการวิจัย

เพื่อลดความซับซ้อนในขั้นตอนการคำนวณผู้วิจัยจึงได้มีการกำหนดสมมติฐานที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1) กำหนดให้ต้นทุนในการขนส่งเป็นค่าที่ขึ้นกับระยะทาง

2) ระยะทางที่ใช้ในแบบจำลอง คิดจากระยะทางของถนนที่ตัดเข้าสู่ไร่อ้อยจริง

3) กำหนดให้อ้อย 1 ไร่ให้ผลผลิต 10 ตันอ้อย ไม่สนใจพันธุ์อ้อยที่ปลูก

4) กำหนดให้การเก็บเกี่ยวอ้อยทำโดยการใช้รถตัดอ้อยทั้งหมด ไม่คิดเวลาที่ใช้ในการเก็บ

5) กำหนดให้ในการขนส่งรถบรรทุกไปรับอ้อยจากแปลงเข้าสู่โรงงานนับเป็นรอบ โดยที่ 1 รอบจะมีรถบรรทุก 5 คัน

6) กำหนดให้รถบรรทุกที่ใช้ในการคำนวณในตัวอย่างนี้ เป็นแบบรถบรรทุกขนาด 10 ล้อติดพ่วง บรรทุกเต็มอัตรา น้ำหนักในการบรรทุกรวม 30 ตันต่อคัน

7) กำลังการผลิตอ้อยอยู่ในช่วงสูงสุด ดำเนินการหีบ 24 ชั่วโมงต่อวัน

6.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

6.1 Traveling Salesman Problem (TSP)

เป็นรูปแบบหนึ่งของวิธีในการดำเนินการแก้ปัญหาการขนส่ง ที่มีลักษณะของปัญหา คือ ต้องการที่จะสร้างลำดับในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังทุกจุดที่ต้องการแล้วกลับสู่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง ข้อมูลที่มีได้แก่ ระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังทุกจุดที่เหลือ แสดงอยู่ในรูปแบบเมตริกซ์ที่เรียกว่าเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix)

6.2 Vehicle Routing Problem (VRP)

เป็นรูปแบบของปัญหาที่ประยุกต์มาจาก TSP ซึ่งข้อแตกต่างที่สำคัญ คือ ใน VRP จะมีการพิจารณา Capacity เข้ามาเกี่ยวข้อง

ลักษณะข้อเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนจึงอธิบายได้ดังนี้

TSP - พิจารณาว่ามีนักเรียน n คน อาศัยใกล้ภายในบริเวณโรงเรียน คุณครูที่ปรึกษา 1 คน ต้องการไป

พบผู้ปกครองของนักเรียนทั้งหมด โดยออกจากโรงเรียนแล้วไปเยี่ยมบ้านนักเรียนบ้านละ 1 ครั้งแล้วกลับมาที่โรงเรียน

VRP - พิจารณาว่ามีนักเรียน n คน อาศัยใกล้ภายในบริเวณโรงเรียน มีรถรับส่งนักเรียนซึ่งมีที่นั่งจำกัดต้องการไปรับนักเรียนทั้งหมด โดยออกจากโรงเรียน แล้วไปรับนักเรียน เมื่อเต็มความสามารถในการบรรทุกแล้วจึงกลับมาส่งที่โรงเรียนจากนั้นจึงออกไปรับนักเรียนใหม่

6.3 วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติก

เป็นรูปแบบของการหาคำตอบรูปแบบหนึ่งของการวิจัยการดำเนินงาน วิธีการที่ใช้ไม่มีความซับซ้อนด้านการคำนวณที่มากนัก จึงใช้เวลาในการประมวลผลน้อย แต่คำตอบที่ได้จากวิธีการดังกล่าวอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหานั้น

6.4 วิธีการในการแก้ปัญหา VRP แบบฮิวริสติก

วิธีการแก้ปัญหา VRP แบบฮิวริสติกมีหลายวิธีการ [13] แต่ในการวิจัยครั้งนี้ได้เสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบเพียง 3 วิธีการที่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกและประหยัดเวลาในการคำนวณ ซึ่งรูปแบบวิธีการหาคำตอบที่เลือก ได้แก่

1) วิธีการหาคำตอบแบบ Saving Algorithm

2) วิธีการหาคำตอบแบบ Route-First-Cluster Second

3) วิธีการหาคำตอบแบบ Cluster-First-Route Second

6.4.1 วิธีการหาคำตอบแบบ Saving Algorithm

การดำเนินการจะทำการคำนวณค่าของ Saving value ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการประหยัดทรัพยากร (ในบทความนี้จะหมายถึงระยะทางในการเดินทาง) จากนั้นจึงทำการจัดเรียงลำดับเส้นทางที่เป็นไปได้โดยความต้องการในแต่ละเส้นทางที่เลือกต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถที่มี

6.4.2 วิธีการหาคำตอบแบบ Route-First-Cluster Second (Neighborhood Method)

การดำเนินการจะทำการจัดเรียงลำดับพื้นที่ในการเดินทางก่อน โดยหลักในการจัดเรียงจะพิจารณาจากระยะทางความใกล้กันระหว่างพื้นที่ เมื่อดำเนินการเสร็จจึงค่อยมาพิจารณาถึงการจัดเส้นทาง เส้นทางแต่ละสายต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้และต้องไม่เกินความสามารถของรถบรรทุก

6.4.3 วิธีการหาคำตอบแบบ Cluster-First-Route Second (Sweep Method)

การดำเนินการจะมีความคล้ายคลึงกับแบบวิธี Route-First-Cluster Second แต่จะมีส่วนที่แตกต่างกันอยู่ที่ในส่วนของการจัดเรียงลำดับพื้นที่จะพิจารณาจากการคำนวณมุมแทน

กระบวนการหาคำตอบของการวิจัยในบทความนี้ได้พิจารณาเลือกใช้วิธี Saving Algorithm เนื่องจากมีหลักการทางคณิตศาสตร์รองรับ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

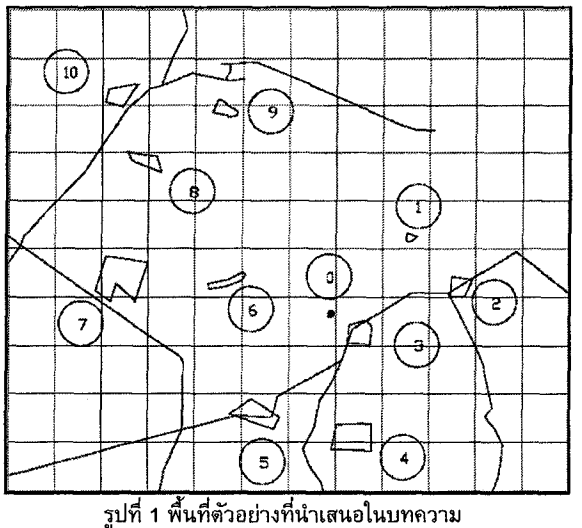
7.การดำเนินการวิจัย

7.1 รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากฐานข้อมูลระบบ GIS (Global Information System) ประกอบไปด้วยลักษณะของพื้นที่ เส้นทางคมนาคม

7.2 เลือกพื้นที่ตัวอย่าง

พื้นที่ตัวอย่างในการบทความนี้ เป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ในเขตการส่งเสริมการปลูกอ้อยของโรงงานน้ำตาล หลักในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างทำการเลือกแบบสุ่มเป็นจำนวน 10 พื้นที่และมีหลากหลายขนาดพื้นที่ เพื่อที่จะให้ข้อมูลมีการกระจายตัว และสามารถที่จะใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ส่วนอื่น ๆ ได้ ลักษณะของพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในบทความครั้งนี้ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ตัวอย่างที่นำเสนอในบทความ

7.3 ดำเนินการแปลงข้อมูลเพื่อที่จะใช้ในการคำนวณ

กระบวนการในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อที่จะใช้ในขั้นตอนของการคำนวณต่อไป ข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณประกอบไปด้วยพื้นที่ของไร่อ้อยทั้งหมดที่ต้องดำเนินการเก็บส่งโรงงาน (ตารางที่ 1) และความสัมพันธ์ของระยะทางในแต่ละพื้นที่ซึ่งในส่วนนี้แสดงในรูปแบบเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 พื้นที่ของอ้อยที่ต้องเก็บในแต่ละโซน

Node	Area (Rai)	Yields (ton)
1	4.14476	41.4476
2	23.5715	235.715
3	34.4362	344.362
4	70.3733	703.733
5	51.1982	511.982
6	16.2875	162.875
7	108.139	1081.39
8	23.4542	234.542
9	17.4599	174.599
10	30.5772	305.772

ตารางที่ 2 เมตริกซ์ระยะทาง(Distance Matrix)ของพื้นที่ตัวอย่าง (km.)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	1.43	1.60	0.26	6.17	1.51	3.99	4.00	7.79	9.18	7.91
1	1.43	0	0.90	1.17	7.08	2.42	4.90	8.70	10.09	8.82	8.72
2	1.60	0.90	0	1.07	6.98	2.32	4.80	4.81	8.60	9.99	8.72
3	0.26	1.17	1.07	0	1.23	1.25	3.73	3.74	7.53	8.92	7.65
4	6.17	7.08	6.98	1.23	0	1.83	4.31	4.32	8.11	9.50	8.23
5	1.51	2.42	2.32	1.25	1.83	0	2.48	2.49	6.28	7.67	6.40
6	3.99	4.90	4.80	3.73	4.31	2.48	0	1.41	5.20	6.59	5.32
7	4.00	8.70	4.81	3.74	4.32	2.49	1.41	0	2.83	4.22	2.95
8	7.79	10.09	8.60	7.53	8.11	6.28	5.20	2.83	0	1.89	0.62
9	9.18	8.82	9.99	8.92	9.50	7.67	6.59	4.22	1.89	0	1.27
10	7.91	8.72	8.72	7.65	8.23	6.40	5.32	2.95	0.62	1.27	0

7.4 กำหนดเส้นทางที่เป็นไปได้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับการวางแผนแบบใช้วิธี Saving Algorithm

ดำเนินการโดยการลำดับเส้นทางขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยกำหนดให้รถบรรทุกต้องเดินทางไปเก็บยังพื้นที่ต่าง ๆ เรียงลำดับดังนี้ 1-3-5-7-9-2-4-6-8-10 จำนวนรอบที่ใช้ในการจัดเก็บอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลเท่ากับ 26 รอบ และผลรวมของระยะทางของลำดับเส้นทางนี้เท่ากับ 272.54 กิโลเมตร แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนรอบในการจัดเก็บอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล และผลรวมของระยะทางของลำดับเส้นทางที่สุ่มเลือก

Lap	Sequent	Total Distance (km.)	Node	Yields (ton)	Slack (ton)
1	0-1-3-0	2.86	1,3	385.81	235.81
2	0-3-0	0.52	3	235.81	85.81
3	0-3-5-0	3.02	3,5	597.79	447.79
4	0-5-0	3.02	5	447.79	297.79
5	0-5-0	3.02	5	297.79	147.79
6	0-5-7-0	8.00	5,7	1229.18	1079.18
7	0-7-0	8	7	1079.18	929.18
8	0-7-0	8	7	929.18	779.18
9	0-7-0	8	7	779.18	629.18
10	0-7-0	8	7	629.18	479.18
11	0-7-0	8	7	479.18	329.18
12	0-7-0	8	7	329.18	179.18
13	0-7-0	8	7	179.18	29.18
14	0-7-9-0	17.40	7,9	203.78	53.78
15	0-9-2-0	19.60	9,2	289.50	139.50
16	0-2-4-0	14.75	2,4	843.23	693.23
17	0-4-0	12.34	4	693.23	543.23
18	0-4-0	12.34	4	543.23	393.23
19	0-4-0	12.34	4	393.23	243.23
20	0-4-0	12.34	4	243.23	93.23
21	0-4-6-0	14.47	4,6	256.10	106.10
22	0-6-8-0	16.98	6,8	397.42	247.42
23	0-8-0	15.58	8	247.42	97.42
24	0-8-10-0	16.32	8,10	403.19	253.19
25	0-10-0	15.82	10	253.19	103.19
26	0-10-0	15.82	10	103.19	0.00
Total Distance		272.54			

7.5 ดำเนินตามวิธีการหาคำตอบแบบ Saving Algorithm

กำหนดให้

n = ลูกค้า

m = ยานพาหนะ

Q = ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ

o = จุดเริ่มต้น (โรงงานน้ำตาล)

d_{oi} = ระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังลูกค้าที่ i

d_{jo} = ระยะทางจากลูกค้าที่ j ไปยังจุดเริ่มต้น

d_{ij} = ระยะทางจากลูกค้าที่ i ไปยังลูกค้าที่ j

7.5.1 คำนวณค่า saving values

สมการ : $S_{ij} = d_{oi} + d_{jo} - d_{ij}$ 1)

แสดงตัวอย่างการคำนวณบางส่วนดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณ Saving Value ของพื้นที่

	d_{oi}	d_{jo}	d_{ij}	Saving value
S1,2	1.43	1.60	0.90	2.13
S1,3	1.43	0.26	1.17	0.52
S1,4	1.43	6.17	7.08	0.52
S1,5	1.43	1.51	2.42	0.52

7.5.2 เรียง S(i,j) จากมาไปหาน้อย

ตัวอย่างในการจัดเรียงแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการจัดเรียงค่า Saving value

	Saving value
S9,10	15.82
S8,10	15.08
S8,9	15.08
S7,9	8.96
S7,10	8.96
S7,8	8.96

7.5.3 จัดเรียงลำดับของเส้นทางตามค่าของ Saving value

จัดเรียงลำดับเส้นทางรถบรรทุก โดยพิจารณาเรียงตามค่า Saving Value จากมากไปหาน้อยได้ผลเป็นลำดับของพื้นที่ดังนี้ 9-10-8-7-6-4-5-1-2-3

7.5.4 คำนวณหาจำนวนรอบและระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด

หลักในการคำนวณ

จำนวนรอบ

$$= \frac{\text{ผลรวมของปริมาณอ้อยที่ต้องเก็บทั้งหมด}}{\text{ความสามารถในการบรรทุก}} \quad 2)$$

= 3796.4176 ton / 15 ton/Lap

= 26 Lap

ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด

= ผลรวมของเส้นทางแต่ละรอบซึ่งคิดจากเมตริกซ์ระยะทาง 3)

7.4.5 ผลการคำนวณด้วยวิธี Saving Algorithm

จากการจัดเรียงเส้นทางด้วยวิธี Saving Algorithm จะต้องจัดส่งรถบรรทุกในการไปรับอ้อยในพื้นที่เรียงตามลำดับดังนี้ 9-10-8-7-6-4-5-1-2-3 ซึ่งการขนส่งจะมีจำนวน 26 รอบ ระยะทางรวมทั้งหมด 233.27 กิโลเมตร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนรอบในการจัดเก็บอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาล และผลรวมของระยะทางของลำดับเส้นทางที่ใช้วิธี Saving Algorithm

Lap	Sequent	Total Distance (km.)	Node	Yields (ton)	Slack (ton)
1	0-9-0	18.36	9	174.60	24.60
2	0-9-10-0	18.36	9,10	330.37	180.37
3	0-10-0	15.82	10	180.37	30.37
4	0-10-8-0	16.32	10,8	264.91	114.91
5	0-8-7-0	14.62	8,7	1196.30	1046.30
6	0-7-0	8	7	1046.30	896.30
7	0-7-0	8	7	896.30	746.30
8	0-7-0	8	7	746.30	596.30
9	0-7-0	8	7	596.30	446.30
10	0-7-0	8	7	446.30	296.30
11	0-7-0	8	7	296.30	146.30
12	0-7-6-0	9.4	6,7	309.18	159.18
13	0-6-0	7.98	6	159.18	9.18
14	0-6-4-0	14.47	6,4	712.91	562.91
15	0-4-0	12.34	4	562.91	412.91
16	0-4-0	12.34	4	412.91	262.91
17	0-4-0	12.34	4	262.91	112.91
18	0-4-5-0	9.51	4,5	624.89	474.89
19	0-5-0	3.02	5	474.89	324.89
20	0-5-0	3.02	5	324.89	174.89
21	0-5-0	3.02	5	174.89	24.89
22	0-5-1-2-0	5.36	5,1,2	302.06	152.06
23	0-2-0	3.2	2	152.06	2.06
24	0-2-3-0	2.93	2,3	346.42	196.42
25	0-3-0	0.52	3	196.42	46.42
26	0-3-0	2.34	4	46.42	0
Total Distance		233.27			

8.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ระยะทางรวมที่เกิดจากการวางแผนเส้นทางการวิ่งด้วยวิธี Saving Algorithm เท่ากับ 233.27 กิโลเมตร เมื่อเทียบกับการวางแผนเส้นทางการวิ่งที่ได้จากการกำหนด

แบบสุ่ม สามารถลดระยะทางลงจากเดิมได้ถึง 39.25 กิโลเมตร ประสิทธิภาพในการขนส่งเพิ่มขึ้น 15% ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงด้วย อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะของตัวอย่างปัญหาที่นำเสนอในบทความครั้งนี้ไม่มีความซับซ้อนมาก ไม่มีการคำนึงถึงเวลาที่รถบรรทุกแต่ละคันใช้ในการเดินทางไป-กลับ การดำเนินการประมวลผลในบทความนี้จึงทำการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel เนื่องจากสะดวกและไม่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ถ้าปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้นการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel จะมีความยากลำบากในการประมวลผล จึงจำเป็นที่จะต้องใช้โปรแกรมเฉพาะ เช่น LINDO เข้ามาช่วยในการประมวลผลแทน

เอกสารอ้างอิง

[1] Mokhtar S. Barzaraa, John J. Jarvisand and Hanif D. Sherali. 2005. Linear Programming and Networks Flows (Third Edition), A John Wiley & Sons, Inc.

[2] Stephen G. Nash and Ariela Sofer. 1996. Linear and Nonlinear Programming, The McGraw-Hill Companies, Inc.

[3] Hillier Lieberman 2005. Introduction to Operations Research (Eight Editions), The McGraw-Hill Companies, Inc.

[4] รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, พูลประเสริฐ ปิยะอนันต์, บพิตร ตั้งวงศ์กิจ และฐิตินัย ชัยณรงค์. 2547. การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรในไร่อ้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต. รายงานการวิจัย สำนักกรรมการวิจัยแห่งชาติ

[5] Paitoon Chetthamrongchai, Aroon Auansakul and Decha Supawan. 2001. Assessing the transportation problems of the sugar cane industry in Thailand. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific 70,2001: 31-39.

[6] George Ioannou. 2005. Streamlining the supply chain of the Hellenic sugar industry. Journal of Food Engineering, 70: 323-332.

[7] AJ Higgins and LA Laredo. 2006. Improving harvesting and transport planning within a sugar value chain. Journal of The Operation Research Society, 57: 367-376.

[8] Estaban Lopea Milan, Silvia Miquel Fernandez, Lluis Miquel Pla Aragones. 2006. Sugar cane transportation in Cuba, a case study. European Journal of Operation Research, 174: 374-386.

[9] รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, พูลประเสริฐ ปิยะอนันต์, บพิตร ตั้งวงศ์กิจ และฐิตินัย ชัยณรงค์. 2547. การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรในไร่อ้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต. รายงานการวิจัย สำนักกรรมการวิจัยแห่งชาติ

[10]สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม. 2548. สรุปสถานการณ์อ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย ประจำปีการผลิต 2547/48 เล่มที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2548): 3

[11]สำนักงานคณะกรรมการอ้อยน้ำตาลทราย. 2550. สถานการณ์น้ำตาลในตลาดโลก ฤดูการผลิตปี 2549/2550 (ไตรมาสที่ 2)

[12] เชฏฐา ชำนาญหล่อ, ศุภชัย ปทุมนากุล. การจัดสรรรถบรรทุกขนส่งอ้อยสำหรับเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเมื่อสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการตัดอ้อยในแต่ละเดือนได้. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[13] นันทิกา ชัยกัณหา, ศุภชัย ปทุมนากุล. การจัดกลุ่มเกษตรกรไร่อ้อยเพื่อให้ระยะทางขนส่งรวมสูงสุดต่ำสุด. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[14] Gilbert Laporate, Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin, Frederic Sement. 2000. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. International Transactions In Operational Research, 7: 285-300.