Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 194-197 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 194-197 (2546)

การจัดสรรรถบรรทุกขนส่งอ้อยสำหรับเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เมื่อไม่สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการตัดอ้อยในแต่ละเดือนได้

Truck Allocation in Transporting Sugar Cane from Harvesting Regions when the Monthly Harvesting Quantity is Fixed

เชฏฐา ชำนาญหล่อ[1] **และ ศุภชัย ปทุมนากุล**[1]
Chetta Chamnanhlaw[1] and Supachai Pathumnakul[1]

Abstract

In this paper, a mathematical model of a truck allocation problem is presented. The objective is minimize the transportation cost of trucks in transporting sugar cane from a set of harvesting regions to factory. The quantity of sugar cane to be harvested is fixed in each month. There are two groups of trucks to be allocated. The developed mathematical model is employed to find optimal solution for allocating trucks.

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ของการแก้ปัญหาการจัดสรรรถบรรทุก โดยมีจุดประสงค์เพื่อหาค่าใช้จ่ายของการขนส่งที่ต่ำที่สุดของรถบรรทุกทั้งหมด ในการขนส่งอ้อยจากพื้นที่เก็บเกี่ยวสู่โรงงาน ซึ่งปริมาณของการเก็บเกี่ยวอ้อยถูกกำหนดไว้แน่นอนในแต่ละเดือน รถบรรทุกทั้งหมดมีอยู่ 2 กลุ่ม ที่ต้องทำการจัดสรร รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกทั้งหมด

คำนำ

การขนส่งพืชผลทางการเกษตรจากพื้นที่เพาะปลูกเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากข้อกำหนดทางด้านเวลาที่จะทำให้พืชผลเกิดการสูญเสีย และใช้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง โดยเฉพาะอ้อยซึ่งถือเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นรายได้หลักของประเทศไทย เมื่อตัดอ้อยแล้วต้องรีบนำอ้อยส่งโรงงานน้ำตาลทันทีเนื่องจากปริมาณน้ำตาลในอ้อยจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาของการรอคอยเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล ดังนั้นต้องทำการวางแผนการขนส่งอ้อยจากเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับจำนวนรถบรรทุกที่มีอยู่เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด

ปัญหาการจัดสรรรถบรรทุกในการขนส่งอ้อย นั้นเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจในการทำการวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่น ในงานวิจัยของ Semenzato, (1994) ศึกษาการวางแผนตัดอ้อยในประเทศเปรูด้วยวิธีจัดตารางปฏิบัติงานและวางแผนทรัพยากรให้ได้พื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุด ตั้งแต่เริ่มปฏิบัติงานจนกระทั่งส่งอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลในระยะเวลา 15 วัน นอกจากนี้ Hansen *et al*., (1998) ได้จำลองระบบขนส่งอ้อย (Simulation Model) จากแหล่งเพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลในประเทศแอฟริกาใต้ เพื่อวิเคราะห์ระบบการผลิตและการขนส่งไปยังโรงงานน้ำตาล จุดประสงค์เพื่อลดความล่าช้าในการขนส่งอ้อยและวงรอบการขนส่งของรถบรรทุก ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล และเมื่อเร็วๆ นี้ (Diaz and Perez, 2000) ได้จัดสรรทรัพยากรที่มีในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดตลอดฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยใช้การตัดสินใจในเรื่องทรัพยากร (Decisions Resource Allocation) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นจากการใช้การจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ทรัพยากรทั้งหมดถูกใช้อย่างมีประโยชน์ที่สุด (Utilization of Resources)

ในบทความนี้ ได้นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาวิธีการจัดสรรรถบรรทุกในการขนส่งอ้อย จากเขตพื้นที่เพาะปลูกแต่ละเขตสู่โรงงานน้ำตาล เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดจากการขนส่งของรถบรรทุกทั้งหมด โดยแต่ละเขตพื้นที่เพาะปลูกจะมีปริมาณอ้อยแตกต่างกันในแต่ละเดือน ปริมาณการตัดอ้อยจะถูกกำหนดไว้ให้ต้องตัดอย่างแน่นอนในทุกๆ เดือนของทุกๆ เขตพื้นที่เพาะปลูก รถบรรทุกที่ใช้ทั้งหมดมีอยู่ 2 ประเภท คือรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ และรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใช้หาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกทั้งหมด โดยการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LINDO 6.1 หาคำตอบของตัวอย่างปัญหาที่สังเคราะห์ขึ้น รูปแบบทางคณิตศาสตร์และคำอธิบายจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป หลังจากนั้นจะเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาตัวอย่าง วิจารณ์และสรุป ตามลำดับ

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อุปกรณ์และวิธีการ

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดสรรรถบรรทุกขนส่งอ้อยสำหรับเขตพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เมื่อไม่สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการตัดอ้อยในแต่ละเดือนได้ มีสมการเป้าหมายเพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยที่ต่ำที่สุด

Objective Function

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{m}\sum_{u=1}^{s}\sum_{v=1}^{l}\left\{c_i' x_{iju}' + c_i'' x_{ijv}''\right\} \qquad [1]$$

Subject to

$$\sum_{u=1}^{s} k' x_{iju}' + \sum_{v=1}^{l} k'' x_{ijv}'' \geq M_{ij} \quad \text{for} \quad \forall_i \forall_j \qquad [2]$$

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{m} M_{ij} \leq Q \qquad [3]$$

$$\sum_{i=1}^{a} x_{iju}' \leq R_j \quad \text{for} \quad \forall_j \forall_u \qquad [4]$$

$$\sum_{i=1}^{a} x_{ijv}'' \leq R_j \quad \text{for} \quad \forall_j \forall_v \qquad [5]$$

$$\sum_{i=1}^{a} t_i' x_{iju}' \leq T_{maxj} \quad \text{for} \quad \forall_u \forall_j \qquad [6]$$

$$\sum_{i=1}^{a} t_i'' x_{ijv}'' \leq T_{maxj} \quad \text{for} \quad \forall_v \forall_j \qquad [7]$$

$$x_{iju}' \in N \qquad [8]$$

$$x_{ijv}'' \in N \qquad [9]$$

โดยที่

i : เขตพื้นที่เพาะปลูกแต่ละเขต (i = 1, 2, ….., a)

j : เดือนแต่ละเดือนในช่วงฤดูหีบอ้อย (j = 1, 2, ….., m)

u : รถบรรทุกขนาด 6 ล้อแต่ละคัน (u = 1, 2, …..,s)

v : รถบรรทุกขนาด 10 ล้อแต่ละคัน (v = 1, 2, ….., l)

c_i', c_i'' : ค่าใช้จ่ายของรถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อตามลำดับ ผันแปรตามเขตพื้นที่ i

k', k'' : ความสามารถในการบรรทุกอ้อยของรถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อตามลำดับ

M_{ij} : ปริมาณอ้อยที่กำหนดไว้ให้ต้องตัดในแต่ละเดือน j ของแต่ละเขตพื้นที่ i ที่ต้องขนส่งให้หมดในแต่ละเดือน

Q : ความสามารถในการหีบอ้อยตลอดฤดูกาลหีบของโรงงานน้ำตาล

R_j : จำนวนรอบการเข้าคิวภายในแต่ละเดือน j

t_u', t_v'' : เวลาที่ใช้ในการขนส่งหนึ่งรอบของรถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อตามลำดับ ของแต่ละเขตพื้นที่ i

$T_{max\ j}$: เวลาสูงสุดในแต่ละเดือน j

x_{iju}' : จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก 6 ล้อ คันที่ u ของเดือน j ในแต่ละเขตพื้นที่ i

x_{ijv}'' : จำนวนเที่ยวของรถบรรทุก 10 ล้อ คันที่ v ของเดือน j ในแต่ละเขตพื้นที่ i

สมการ [1] เป็นสมการเป้าหมาย เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดโดยรวมของจำนวนเที่ยวรถบรรทุกทั้งหมดที่ใช้ขนส่งอ้อยทุกๆ เดือนในช่วงเวลาของฤดูหีบอ้อย จากทุกพื้นที่เพาะปลูกที่ทำสัญญาการส่งมอบอ้อยกับทางโรงงานน้ำตาล

สมการ [2] เป็นการกำหนดให้ปริมาณการบรรทุกอ้อยทั้งหมดของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ และรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ เท่ากับปริมาณอ้อยทั้งหมดที่ได้ทำการตัดและขนส่งสู่โรงงานน้ำตาลในเดือนนั้นๆ ของแต่ละเขตพื้นที่ โดยรถแต่ละคันจะทำการขนส่งอ้อยในแต่ละเดือน j ของแต่ละเขตพื้นที่ i เป็นจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกทั้ง 2 ขนาด รวมกัน

สมการ [3] หมายความถึงปริมาณของการบรรทุกอ้อยสู่โรงงานน้ำตาลในแต่ละเดือนของแต่ละเขตพื้นที่เพาะปลูกโดยรวมทั้งหมดจะต้องไม่เกินกำลังหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล

สมการ [4] และ [5] เป็นการกำหนดจำนวนรอบการเข้าคิวของรถบรรทุกที่มีอยู่ โดยรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ในสมการ [4] และรถบรรทุกขนาด 10 ล้อในสมการ [5] แต่ละคันจะสามารถขนส่งอ้อยได้ไม่เกินจำนวนรอบที่กำหนดไว้ในแต่ละเดือน ไม่ว่ารถบรรทุกคันนั้นจะขนส่งอ้อยจากเขตพื้นที่เพาะปลูกใดก็ตาม

สมการ [6] และ [7] หมายถึงเวลารวมในการขนส่งอ้อยจากทุกๆ เขตพื้นที่เพาะปลูกของรถบรรทุก 6 ล้อแต่ละคันในสมการ [6] และรถบรรทุก 10 ล้อแต่ละคันในสมการ [7] ซึ่งรถบรรทุกคันใดก็ตามจะใช้เวลาในการขนส่งอ้อยจากทุกๆ เขตพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละเดือน j ไม่เกินเวลาสูงสุดในเดือนนั้นๆ

สมการ [8] และ [9] กำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นสมาชิกของจำนวนนับ หรือหมายถึงจำนวนเที่ยวของการขนส่งอ้อยจะต้องมากกว่าศูนย์หรือเท่ากับศูนย์โดยต้องเป็นจำนวนเต็มบวก

ขั้นตอนการคำนวณปัญหาตัวอย่าง

ข้อสมมติสำหรับปัญหาตัวอย่าง กำหนดให้มีฤดูหีบอ้อยในขั้นต้น 4 เดือน ปริมาณอ้อยในตารางที่ 1 เป็นปริมาณอ้อยที่ต้องทำการตัดและขนส่งสู่โรงงานน้ำตาลในแต่ละเดือนของแต่ละเขตพื้นที่เพาะปลูก โรงงานน้ำตาลแบ่งเขตพื้นที่เพาะปลูกออกเป็น 6 เขต ตารางที่ 2 เป็นข้อสมมุติของค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการขนส่งอ้อยของรถบรรทุกแต่ละชนิดจะผันแปรตามตำแหน่งที่ตั้งของเขตพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ขนส่งอ้อยต่อหนึ่งเที่ยว โดยมีรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ สามารถบรรทุกอ้อยได้ 10 ตัน มีจำนวน 6 คัน และรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ สามารถบรรทุกอ้อยได้ 20 ตัน มีจำนวน 4 คัน

กำหนดให้รถบรรทุกทุกคันทั้งชนิด 6 ล้อ และชนิด 10 ล้อ มีจำนวนรอบของการเข้าคิวเท่ากันทุกๆ เดือน คือ 50 รอบ ซึ่งได้จากการกะประมาณด้วยสูตร (จำนวนอ้อยทั้งหมดในเดือนที่มากที่สุด/ความสามารถของการบรรทุกของรถที่มีอยู่) = [7,000 / (6(10)+4(20))] และความสามารถในการหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาลตลอดฤดูหีบคือ Q = 30,000 ตัน โดยการหีบอ้อยของทางโรงงานจะสามารถกระทำได้ตลอดระยะเวลาของฤดูหีบ ดังนั้นเวลาสูงสุดในเดือนที่ 1 (มี 30 วัน) คือ 720 ชั่วโมง เดือนที่ 2 (มี 31 วัน) คือ 744 ชั่วโมง เดือนที่ 3 (มี 31 วัน) คือ 744 ชั่วโมง และเดือนที่ 4 (มี 28 วัน) คือ 672 ชั่วโมง เป็นต้น ซึ่งรถบรรทุกแต่ละคันจะไม่สามารถทำการขนส่งเกินกว่าเวลาสูงสุดในแต่ละเดือนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณอ้อย 4 เดือนใน 6 เขตพื้นที่ (หน่วย: ตัน)

Regions	Month			
	1	2	3	4
1	1,200	1,000	1,200	1,100
2	1,200	1,100	1,100	1,100
3	1,000	1,100	1,100	1,200
4	1,000	1,000	1,200	1,200
5	1,100	1,100	1,100	1,200
6	1,200	1,100	1,100	1,200

ตารางที่ 2 แสดงค่าใช้จ่าย (หน่วย : บาท) และเวลาที่ใช้ของรถบรรทุก (หน่วย : ชั่วโมง)

Regions	Small Size Truck		Large Size Truck	
	Costs	Time	Costs	Time
1	80	1.5	110	2.5
2	50	0.5	80	1.0
3	65	1.0	85	2.0
4	60	1.0	80	2.0
5	85	1.0	120	2.0
6	70	1.2	100	2.2

ผลและวิจารณ์

ผลของการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์คำนวณปัญหาตัวอย่างหาผลเฉลยที่ดีที่สุดจากโปรแกรม LINDO 6.1 ได้ผลดังตารางที่ 3 โดยในการหาคำตอบนั้นจะทำการเปลี่ยนจำนวนรอบไปเรื่อยๆ

ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณรูปแบบทางคณิตศาสตร์

No. of allowed trips. (R_i)	Cost Function	No. of trips (Small Size Trucks)	No. of trips (Large Size Trucks)	Total no. of trips	No. of unused Trucks (XS: Small Trucks)
50	146,350	1,090	800	1,890	XS24
51	145,710	1,058	816	1,874	XS24
52	145,070	1,026	832	1,858	XS16, XS24
53	144,430	994	848	1,842	XS16, XS24, XS34
54	143,790	962	864	1,826	XS24, XS44
55	143,150	930	880	1,810	XS23, XS24, XS34, XS44
88	129,050	0	1,345	1,345	All small trucks.

จำนวนรอบของการเข้าคิวที่กำหนดไว้ตามปัญหาตัวอย่างขั้นต้นคือ 50 รอบ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดคือ 146,350 บาท โดยรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ บรรทุกอ้อยเป็นจำนวน 1,090 เที่ยว และรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ บรรทุกอ้อยเป็นจำนวน 800 เที่ยว ซึ่งมีจำนวนเที่ยวของการขนส่งอ้อยโดยรวมเท่ากับ 1,890 เที่ยว หลังจากทำการปรับเปลี่ยนค่าจำนวนรอบการเข้าคิว เป็น 51 รอบ จะเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดคือ 145,710 บาท ซึ่งเป็นจำนวนค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดของจำนวนรอบของการเข้าคิว 50 รอบ และเมื่อทำการปรับค่าจำนวนรอบของการเข้าคิวมากขึ้นเรื่อยๆ จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยต่ำลงเรื่อยๆ ด้วยเช่นกัน นั้นหมายความว่าคำตอบที่ได้ดีขึ้นเนื่องจากจำนวนรอบมากขึ้นจะทำให้รถบรรทุกมีความยืดหยุ่น รถบรรทุกที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อยหรือสามารถขนส่งอ้อยได้ในปริมาณมาก จะสามารถถูกเลือกใช้งานมากขึ้น

เมื่อเพิ่มค่าจำนวนรอบจนกระทั่งมีค่า 88 รอบ จะใช้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 129,050 บาท โดยรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ จะมีจำนวนเที่ยวของการขนส่งเป็น 0 หมายความว่ารถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ไม่ได้ถูกใช้งานเลย และเมื่อเพิ่มจำนวนรอบมากกว่า 88 รอบ คำตอบจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 129,050 บาท ดังนั้นคำตอบของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขนส่งที่ต่ำที่สุดคือ 129,050 บาท โดยจะต้องกำหนดจำนวนรอบของการเข้าคิวเท่ากับ 88 รอบ และจะต้องยอมรับด้วยว่ารถบรรทุกขนาด 6 ล้อ จะไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ ตารางที่ 3 แสดงจำนวนรถบรรทุกที่จะไม่ถูกนำมาใช้ในการขนส่งเมื่อยอมให้มีจำนวนรอบในการขนส่งของรถแต่ละคันสูงขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นทำไม่ได้เพราะเกษตรกรชาวไร่อ้อยมีรถอยู่แล้ว และต้องนำรถบรรทุกมาใช้ประโยชน์ ถ้ามีจำนวนรอบมากขึ้นจะไม่เกิดการกระจายการใช้รถ รถที่ไม่ถูกเลือกก็จะไร้ประโยชน์ จะเห็นว่าคำตอบของค่าใช้จ่ายที่ต่ำลงจากการเพิ่มจำนวนรอบให้มีค่าสูงขึ้นนั้น ทำให้มีรถบรรทุกบางคันจอดอยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ใช้ในการขนถ่ายในเดือนต่างเช่น จำนวนรอบ 52 รอบ จะมีรถบรรทุกที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์คือ รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ คันที่ 6 ในเดือนที่ 1 (XS16) และรถบรรทุกขนาด 6 ล้อคันที่ 4 ในเดือนที่ 2 (XS24) จอดอยู่เฉยๆ

สรุป

รูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้ ยังอาจจะไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการจัดสรรรถบรรทุกในการขนส่งอ้อยในอุตสาหกรรมจริงได้ เพราะยังไม่พิจารณาปัจจัยอื่นๆ อีกมาก เช่น ความพร้อมของการตัด ปัจจัยแรงงาน กำลังผลิตต่อวันของโรงงาน เป็นต้น แต่รูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้สามารถนำมาใช้สำหรับเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการกำหนดจำนวนรอบ การกำหนดจำนวนรถบรรทุกในระบบ รวมทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคต โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ เพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

Diaz, J.A. and I.G. Perez. 2000. Simulation and optimization of sugar cane transportion in harvest season. Proceedings of the 2000 Winter Simulation.

Hansen, A.C., A.J. Barnes and P.W.L. Lyne. 1998. An integrated approach to simulating sugarcane harvest-to-mill delivery systems. An ASAE Meeting Presentation Paper No. 986099. Orlando. Florida.

Semenzato, R. 1995. A simulation study of sugar cane harvesting. Agricultural Systems. 47: 427-437.