

ปัญหาการจัดกลุ่มเกษตรกรไร้อ้อยและการหาทำเล ที่ตั้งสำหรับสถานีพักอ้อยในรูปแบบพลวัต*

ปณิธาน พืระพัฒนา¹⁾, รัฐไท ธนภาพไพศาล²⁾, ชาดิชาัย บุญญ²⁾ และ วีรพัฒน์ เศรษฐสมบุญ¹⁾

¹⁾อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Email:panpee@kku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งสำหรับสถานีพักอ้อยในลักษณะพลวัตและการจัดกลุ่มเกษตรกรไร้อ้อย การจัดตั้งสถานีพักอ้อยภายใต้การจัดการของโรงงานเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการขนส่งอ้อยดิบจากไร่อ้อยไปยังโรงงานและการบริหารจัดการหน้าลานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด แต่เมื่อพื้นที่ในการปลูกอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัญหาความแห้งแล้ง หรือการเปลี่ยนไปปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น จึงทำให้ตำแหน่งของที่ตั้งสถานีพักอ้อยที่เหมาะสมควรจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้การขนส่งอ้อยดิบจากไร่อ้อยไปยังสถานีพักอ้อยและจากสถานีพักอ้อยไปยังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด ดังนั้นปัญหานี้จึงควรพิจารณาในรูปแบบปัญหาทำเลที่ตั้งในลักษณะพลวัตสำหรับสถานีพักอ้อยรวมทั้งการจัดกลุ่มเกษตรกรไร้อ้อยเพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอ้อยตั้งแต่แหล่งปลูกถึงโรงงานน้ำตาลให้ต่ำที่สุด โดยการพิจารณาแบบหักล้าง (Tradeoff) ระหว่างต้นทุนการขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าโสหุ้ยต่าง ๆ) กับค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรกและค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การจับคู่ (Clustering Method) เพื่อจัดกลุ่มเกษตรกรให้กับสถานีพักอ้อยภายใต้ปริมาณดินที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างไร่อ้อยกับสถานีพักอ้อยและระหว่างสถานีพักอ้อยกับโรงงานมีค่าต่ำที่สุด

คำสำคัญ : การวิเคราะห์การจับคู่ สถานีพักอ้อย การหาทำเลที่ตั้งในรูปแบบพลวัต

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2549

A dynamic location problem of the sugar cane loading station and problems of clustering sugar cane growers^{*}

Panitarn Peerapattana¹⁾, Ratthai Tananupappaisal²⁾, Chatchai Boonyu²⁾ and Veerapat Sessomboon¹⁾

¹⁾ Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, KKU

²⁾ Undergraduate student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, KKU

Email: panpee@kku.ac.th

ABSTRACT

This paper formulates a dynamic location problem of the sugar cane loading station and problems of clustering sugar cane growers by using Clustering Method. The objective of clustering sugar cane growers problem is to minimize the travel distance between the sugar cane growers to the sugar cane loading station. Whereas the total cost is minimized in the dynamic problem over a given planning horizon by considering the tradeoff between the transportation cost consisting of the cost between the sugar cane growers to the sugar cane loading station and the sugar cane growers to the sugar cane mill and the rearrangement cost of sugar cane loading station.

Keywords : Clustering Method, sugar cane loading station, dynamic location problem

*

Original manuscript submitted: May 23, 2006 and Final manuscript received: June 7, 2006

บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของไทย โดยมีมูลค่าการส่งออกน้ำตาลทรายของไทยในปี 2548 เท่ากับ 18,638.84 ล้านบาท จากผลผลิตอ้อย 64,973,805 ตัน และมีพื้นที่ปลูกอ้อย 7,008,830 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) ในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ต้นทุนการผลิตที่สำคัญคือการขนส่งอ้อยจากไร่อ้อยไปสู่โรงงานโดยคิดเป็น 30-34% ของต้นทุนรวมทั้งหมด (Chetthamrongchai P, 2001) ซึ่งมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงขึ้นมากกว่า 30% และยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีกในอนาคต ระบบการขนส่งอ้อยในไทยโดยทั่วไปมีรูปแบบที่อ้อยจะถูกขนส่งจากเกษตรกรโดยตรงสู่โรงงานซึ่งทำให้เกิดปัญหาคือ เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องจ้างรถบรรทุกในการขนส่งอ้อยแต่ไม่สามารถขนส่งได้เต็มความจุของรถบรรทุกเนื่องจากมีอ้อยไม่พอดีกับความจุทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยสูง นอกจากนี้ปริมาณอ้อยที่ส่งให้โรงงานมีมากกว่ากำลังการผลิตทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าทำให้น้ำหนักและค่าความหวานของอ้อย (CCS) ของอ้อยลดลง (นันทิกา, 2547) ได้ศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหาการขนส่งอ้อยด้วยวิธีการจัดกลุ่มเกษตรกรเพื่อจัดตารางส่งอ้อยเข้าโรงงานในแต่ละวัน เพื่อให้เกิดการกระจายตัวในการตัดอ้อยให้มีปริมาณการขนส่งที่เหมาะสมในการขนถ่ายอ้อยเข้าโรงงานที่เหมาะสมกับกำลังการผลิตของโรงงานโดยการจัดให้แต่ละกลุ่มเกษตรกรมีระยะทางการขนส่งไม่ต่างกันมากนัก นอกจากนี้ยังเสนอวิธีการจัดตั้งสถานีพักอ้อยร่วมกับการจัดกลุ่มเกษตรกรให้กับสถานีพักอ้อยซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ดีขึ้น โดยที่จำนวนและทำเลที่ตั้งสถานีพักอ้อยที่เหมาะสมจะทำให้การขนส่งอ้อยดิบจากไร่อ้อยไปยังสถานีพักอ้อย และจากสถานีพักอ้อยไปยังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

จากการพยากรณ์การผลิตอ้อยพบว่าในปี 2548 พื้นที่ปลูกอ้อยจะลดลง 4.1% และผลผลิตอ้อยจะลดลง 1.71% และมีแนวโน้มที่จะลดลงอีกในปี 2549 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547) เนื่องจากปัญหาภาวะแห้งแล้ง ทำให้ไม่มีอ้อยที่โตพอจะขยายพันธุ์ การปลูกอ้อยในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2547 ซึ่งเป็นอ้อยข้ามแล้งจึงลดลงโดยเฉพาะ ในภาคอีสานได้ผลผลิตน้อยไม่คุ้มกับต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ราคาพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆเช่น มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มีราคาที่ดีกว่าอ้อยทำให้เกษตรกรบางส่วนหันไปปลูกพืชเหล่านี้มากขึ้น เมื่อพื้นที่ในการปลูกอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ตำแหน่งของที่ตั้งสถานีพักอ้อยที่เหมาะสมควรจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำให้การขนส่งอ้อยดิบจากไร่อ้อยไปยังสถานีพักอ้อย และจากสถานีพักอ้อยไปยังโรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด ดังนั้นปัญหานี้จึงควรพิจารณาในรูปแบบปัญหาทำเลที่ตั้งในลักษณะพลวัตสำหรับสถานีพักอ้อยรวมทั้งการจัดกลุ่มเกษตรกรไร่อ้อยเพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอ้อยตั้งแต่แหล่งปลูกถึงโรงงานน้ำตาลให้ต่ำที่สุด โดยการศึกษาแบบหักล้าง (Tradeoff) ระหว่างต้นทุนการขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าโสหุ้ยต่างๆ) กับค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรกและการเคลื่อนย้ายสถานีพักอ้อย โครงการนี้ได้นำเสนอรูปแบบการหาทำเลที่ตั้งในรูปแบบพลวัตซึ่งได้พัฒนาจาก (นันทิกา, 2547) โดยการพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มเกษตรกรด้วยวิธี Single Linkage (SLINK) เพื่อให้ระยะทางในกลุ่มมีค่าต่ำที่สุด

รูปแบบของปัญหา

โดยที่

Z = ค่าใช้จ่ายรวมทุกช่วงเวลาที่วางแผน

TC_t = ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง (ประกอบด้วยค่าขนส่งอ้อยจากไร่อ้อยไปสถานีพักอ้อย ค่าขนส่งอ้อยจากสถานีพักอ้อยไปโรงงานรวมทั้ง ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร) ในคาบเวลา t

RE_cost = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นถ้าพิคตของสถานีพักอ้อยมีการเปลี่ยนแปลง (บาท)

$$\delta_{t(t+1)} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้าพิกัดของสถานีพักรถมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลา t ถึง $t+1$} \\ 0, & \text{เป็นอย่างอื่น} \end{cases}$$

$$F_0 = \text{ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรก (บาท)}$$
$$t = \text{ช่วงเวลาี่วางแผน (ปี)} ; \quad t=1,...,T$$

สมการที่ (1) คือการทำให้ค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ค่าขนส่งอ้อย จากไร่อ้อยไปสถานีพักอ้อย ค่าขนส่งอ้อยจากสถานีพักอ้อยไปโรงงาน ค่าใช้จ่ายการจัดตั้งสถานีพักอ้อย และค่าใช้จ่ายการย้ายสถานีพักอ้อย มีค่าต่ำที่สุด

การหาที่ตั้งของสถานีพักอ้อยและการจัดกลุ่มเกษตรกร

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการหาที่ตั้งของสถานีพักอ้อยและจัดกลุ่มเกษตรกรซึ่งได้พัฒนาจาก (นันทิกานต์, 2547) ในรูปแบบพลวัตโดยวิธีการวิเคราะห์การจับคู่แบบ Single Linkage (SLINK) ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าตำแหน่งและปริมาณอ้อยของเกษตรกร ให้ ($t=1$)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

min_cap = ปริมาณน้อยที่สุดในแต่ละสถานีพักน้อย (ตัน)

max_cap = ปริมาณอ้อยสูงสุดในแต่ละสถานีพักอ้อย (ตัน)

max_dist = ระยะทางขนส่งสูงสุดจากไร่ย่อยไปยังสถานีพักย่อย

$Cluster_i.cap$ = ปริมาณอ้อยในกลุ่ม i (ตัน)

$X_k.cap$ = ปริมาณอ้อยของเกษตรกร k (ตัน)

cb = ระดับการจัดเก็บอ้อยในแต่ละสถานีพักอ้อย หรือการเผื่อปริมาณความจุ

η = อัตราการเรียนรู้ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของที่ตั้งสถานีพักอ้อยในกระบวนการ

โครงข่ายประสาทแบบจัดเรียงตัวเอง (นันทิกา, 2547)

dist_mill = ระยะทางขนส่งจากไร่ย่อยไปยังสถานีพักย่อย

$$fc = \text{ความจุยืดหยุ่นที่กำหนดให้}$$

fd = ระยะทางยืดหยุ่นที่กำหนดให้

ขั้นตอนที่ 3 ไร่ย่อยที่อยู่ใกล้กับโรงงานมากกว่าสถานีพักย่อยจะถูกจัดสรรให้อยู่ในกลุ่มโรงงาน Cluster_{mill}

ขั้นตอนที่ 4 เลือกเกษตรกรคู่ที่มีระยะทางน้อยที่สุดมาเป็นคู่เริ่มต้นของการจัดกลุ่ม ($i=1$)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาปริมาณอ้อยในสถานีพักอ้อย i

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบเงื่อนไข $\|X_k - C_i\| \leq \max_dist$

และ $Cluster_i.cap + X_k.cap < cb \times \max_cap$ ถ้าตรงตามเงื่อนไขแสดงว่าเกษตรกรคู่ที่พิจารณาถูกจัดเข้าให้อยู่ในกลุ่ม i

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาที่ตั้งของสถานีพักอ้อยจากสูตร $C_j = C_i + \eta(X_k - C_i)$

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณระยะทางจาก C_j ไปยังจุดที่เหลือทุกจุด

ขั้นตอนที่ 9 ดำเนินการซ้ำขั้นตอนที่ 4 เพื่อทำการจัดกลุ่มต่อไปจนเกษตรกร X_k ถูกจัดเข้ากลุ่มหมด

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณระยะทางรวมทั้งหมด = ผลรวมของ (ระยะทางจากเกษตรกรไปสถานีพักอ้อยกับ

ระยะทางจากสถานีพักอ้อยไปโรงงานน้ำตาล) แล้วคำนวณค่าใช้จ่ายรวมจากสมการเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 11 ถ้า $t < T$, จะเพิ่มค่า $t = t+1$ แล้วกลับไปทำซ้ำขั้นตอน 1 แต่ถ้า $t = T$, สิ้นสุดการ ดำเนินการ

ตัวอย่างการคำนวณหาที่ตั้งของสถานีพักอ้อยและการจัดกลุ่มเกษตรกร

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าตำแหน่งและปริมาณอ้อยของเกษตรกรในปีที่ 1 ดังตารางที่ 1

แสดงเป็นโคออร์ดิเนต แกน x และ y ดังรูปที่ 1

ขั้นตอนที่ 2: กำหนดให้ $\min_cap$ = ค่าปริมาณอ้อยต่ำสุดในแต่ละสถานีพักอ้อย

$\max_cap$ = ค่าปริมาณอ้อยสูงสุดในแต่ละสถานีพักอ้อย

$\max_dist$ = ระยะทางขนส่งสูงสุดจากไร่อ้อยไปยังสถานีพักอ้อย

cb = ระดับการจัดเก็บอ้อยในแต่ละสถานีพักอ้อย หรือการเผื่อปริมาณความจุ

η = อัตราการเรียนรู้ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของที่ตั้งสถานีพักอ้อยในกระบวนการโครซายประชาแบบจัดเรียงตัวเอง (นันทิกา, 2547)

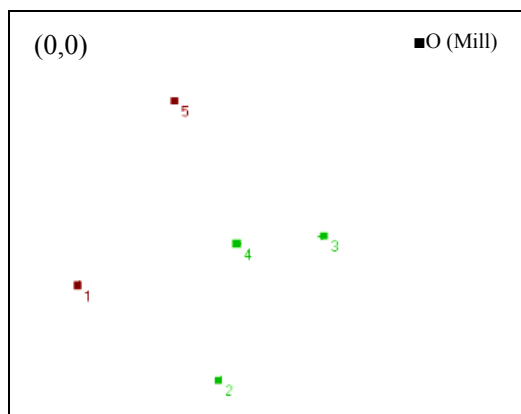
	ตำแหน่งแกน X	ตำแหน่งแกน Y	ปริมาณอ้อย (ตัน)
โรงงานน้ำตาล	0.8	0.15	0
เกษตรกรคนที่ 1	0.2477	0.5453	100
เกษตรกรคนที่ 2	0.4620	0.6974	80
เกษตรกรคนที่ 3	0.6233	0.4664	95
เกษตรกรคนที่ 4	0.4896	0.4781	105
เกษตรกรคนที่ 5	0.3952	0.2500	120

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตำแหน่งและปริมาณอ้อยของเกษตรกรปีที่ 1

$dist_mill$ = ระยะทางขนส่งจากไร่อ้อยไปยังสถานีพักอ้อย

fc = ความจุยัดหุ้ย่นที่กำหนดให้ และ fd = ระยะทางยัดหุ้ย่นที่กำหนดให้

ถ้า $\min_cap = 185$, $\max_cap = 350$, $\max_dist = 0.2$, $cb = 0.9$, $\eta = 0.3$, $dist_mill = 0.2$, $fd = 0.01 * \max_dist$, $fc = 0.1 * \max_cap$, M (ค่าน้ำมัน(บาท/กิโลเมตร))= 10, C_0 (ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อย) = 5000, C_1 (ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อย) = 2000



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของเกชตรกรในปีแรก

ขั้นตอนที่ 3: ไร่อ้อยที่อยู่ใกล้กับโรงงานมากกว่าสถานีพักอ้อยจะถูกจัดสรรให้อยู่ในกลุ่มโรงงาน $Cluster_{mill}$ ในตัวอย่างนี้กำหนดให้แปลงอ้อยที่มีระยะห่างจากโรงงานในรัศมี ($dist_mill$) = 0.20 จะถูกจัดสรรให้อยู่ในกลุ่มโรงงาน (ในตัวอย่างนี้ไม่มีเกชตรกรที่อยู่ในกลุ่มของโรงงาน)

ขั้นตอนที่ 4: เลือกเกชตรกรคู่ที่มีระยะทางน้อยที่สุดมาเป็นคู่เริ่มต้นของการจัดกลุ่มในตัวอย่างนี้เกชตรกรคนที่ 3 และ 4 มีระยะทางห่างกันน้อยที่สุดแสดงในตารางที่ 2

$$(\text{การหาระยะห่างระหว่างจุดคำนวณจากสูตร} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2})$$

	เกชตรกรที่ 1	เกชตรกรที่ 2	เกชตรกรที่ 3	เกชตรกรที่ 4	เกชตรกรที่ 5
เกชตรกรคนที่ 1	-	0.262791	0.383798	0.251061	0.330088
เกชตรกรคนที่ 2		-	0.281742	0.22103	0.452359
เกชตรกรคนที่ 3			-	0.134211	0.314418
เกชตรกรคนที่ 4				-	0.246862
เกชตรกรคนที่ 5					-

ตารางที่ 2 แสดงคู่ของเกชตรกรที่มีระยะทางต่ำที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณหาปริมาณอ้อยในสถานีพักอ้อย

$$X_3 \cdot cap + X_4 \cdot cop = 95 + 105 = 200$$

ขั้นตอนที่ 6 : ตรวจสอบเงื่อนไข $\|X_k - C_i\| \leq \max_dist$

และ $Cluster_i.cap + X_k.cap < cbx_{max_ap}$ ถ้าตรงตามเงื่อนไขแสดงว่า X_3 และ X_4 ถูกจัดเข้าให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 ดังรูปที่ 2

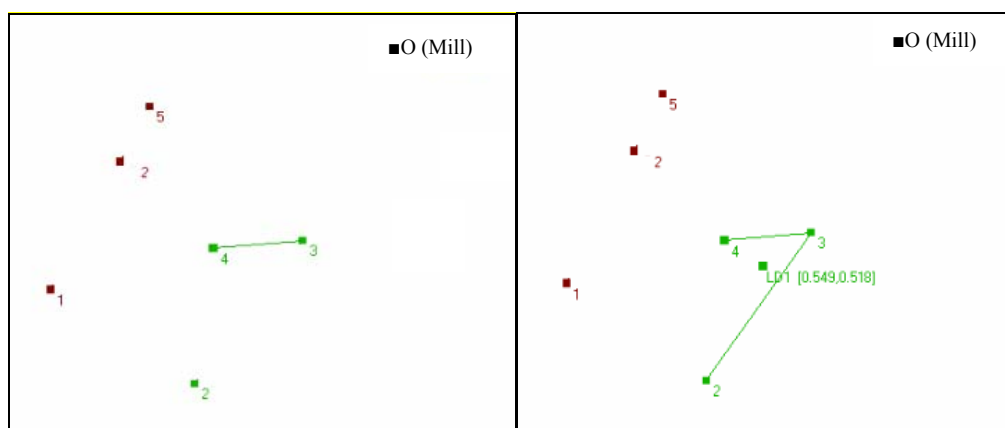
ขั้นตอนที่ 7: คำนวณหาจุดศูนย์กลางของสถานีพักอ้อย

ที่ตั้งของสถานีพักอ้อย $C_j = C_i + \eta(X_k - C_i) = C_1 = X_3 + \eta(X_4 + X_3) = (0.58, 0.47)$

ขั้นตอนที่ 8 : คำนวณระยะทางจาก C_1 ไปยังจุดที่เหลือทุกจุด (ยกเว้นจุด 3 และ 4)

	1	2	5
C_1	0.34	0.26	0.29

ตารางที่ 3 การหาตำแหน่งของเกษตรกรคนต่อไปที่จะนำเข้ากลุ่ม



รูปที่ 2 แสดงการจับกลุ่มของเกษตรกรคู่แรก

รูปที่ 3 แสดงการจับกลุ่มของสถานีพักอ้อยแรก

ขั้นตอนที่ 9 : ดำเนินการซ้ำขั้นตอนที่ 4 เพื่อทำการจัดกลุ่มต่อไปจนเกษตรกร X_k ถูกจัดเข้ากลุ่มหมด

9.1. เลือกเกษตรกรที่อยู่ใกล้กับ C_1 ที่สุด ซึ่งได้แก่ X_2

9.2. คำนวณระยะทางขนส่ง $\|X_2 - C_1\| = 0.26$

ปริมาณอ้อยในสถานี $Cluster_i.cap + X_8.cap = 200$

9.3. ตรวจสอบเงื่อนไข พบว่า $0.26 < 0.7$ และ $280 < 320$ ตรงตามเงื่อนไข ดังนั้น

X_2 ถูกจัดสรรให้กลุ่ม $Cluster_1 = \{X_3, X_4, X_2\}$

ปริมาณอ้อยในสถานีพักอ้อย $Cluster_i.cap = 280$

ที่ตั้งของสถานี $C_1 = C_{1,old} + \eta(X_2 - C_{1,old}) = (0.549, 0.518)$

9.4 เลือกเกษตรกรที่อยู่ใกล้กับ C_1 ที่สุด ซึ่งได้แก่ X_1

คำนวณระยะทางขนส่ง $\|X_1 - C_1\| = 0.29$

ปริมาณอ้อยในสถานี $Cluster_i.cap + X_1.cap = 280 + 100 = 380$

9.5 ตรวจสอบเงื่อนไข พบว่า $0.29 < 0.7$ และ $380 > 320$ ซึ่งไม่ตรงตามเงื่อนไข ดังนั้นกลุ่มใหม่จะ

ถูกสร้างขึ้นโดยเลือกเกษตรกรที่อยู่ใกล้กับ C_1 ที่สุด คือ จุด X_1

ดังนั้น เกษตรกรคนที่ 1 จะเป็นจุดเริ่มของการจัดกลุ่มที่ 2 $X_1 = C_2 = (0.248, 0.545)$

ปริมาณอ้อยในสถานี $Cluster_2.cap = 100$

9.6 คำนวณระยะขนส่ง จากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่เหลือ $\|X_1 - X_5\| = 0.33$

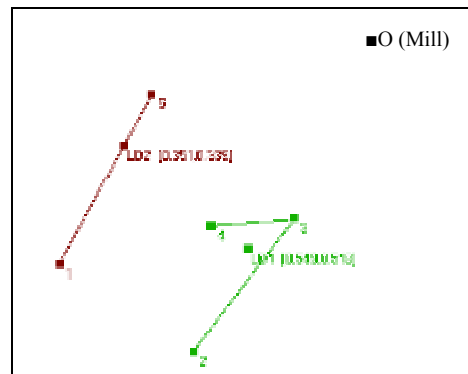
9.7 ปริมาณอ้อยในสถานี $Cluster_2.cap + X_5.cap = 100 + 120 = 220$

9.8 ที่ตั้งของสถานี $C_2 = C_{2,old} + \eta(X_5 - C_{2,old}) = (0.351, 0.339)$

ดังนั้นสถานีพักอ้อยแรกตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง $(0.549, 0.518)$ ประกอบด้วยเกษตรกรคนที่ 2, 3

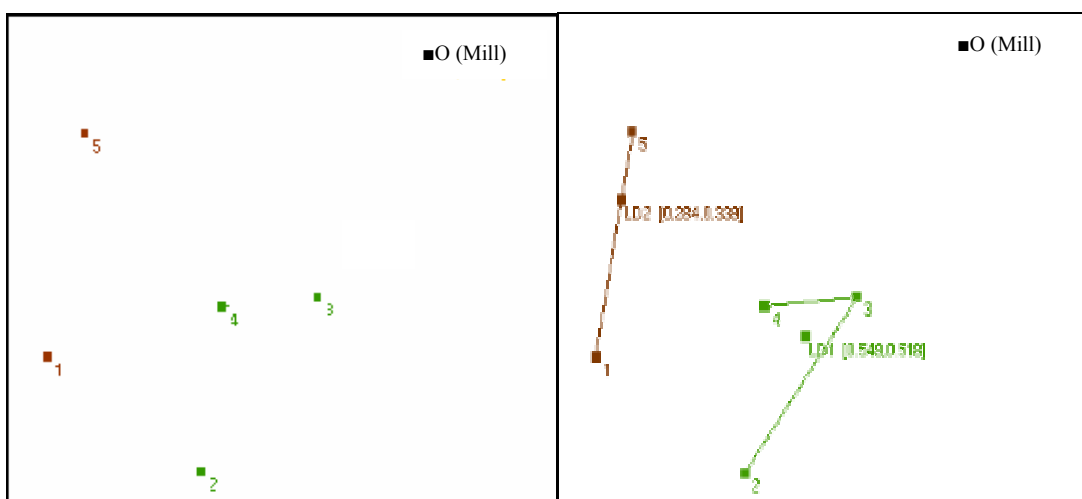
และ 4 มีปริมาณอ้อยทั้งหมด 280 ตัน สถานีพักอ้อยที่สองตั้งอยู่ที่ตำแหน่ง $(0.351, 0.339)$

ประกอบด้วยเกษตรกรคนที่ 1 และ 5 มีปริมาณอ้อยทั้งหมด 220 ตัน



รูปที่ 4 แสดงกลุ่มของเกษตรกรทุกรายจากการจัดกลุ่มด้วยวิธี SLINK

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณระยะทางรวมของปีที่ 1 = ผลรวมของ(ระยะทางจากเกษตรกรไปยังสถานีพักอ้อย + ระยะทางจากสถานีพักอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล)



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งของเกษตรกร

รูปที่ 6 แสดงการจับกลุ่มของเกษตรกรทุกรายในปีที่ 2

ปีที่ 2 ($t = 2$) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพื้นที่ปลูกอ้อยของเกษตรกรจะเกิดได้ในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

- เกษตรกรมีการย้ายตำแหน่งการปลูก
- มีเกษตรกรรายใหม่เพิ่มเข้ามา และ
- เกษตรกรหายไปหรือเกษตรกรเลิกปลูกอ้อย

ในตัวอย่างนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะในกรณีของการย้ายตำแหน่งของเกษตรกร ในปี ที่ 1

เช่นเกษตรกรคนที่ 5 มีการย้ายตำแหน่งจาก (0.3952, 0.2500) เป็น (0.3000, 0.3500) ดังรูปที่ 5

ขั้นตอนที่ 11 ถ้า $t < T$, จะเพิ่มค่า $t = t + 1$ แล้วทำตามขั้นตอน ที่ 1 ถึง 10 จะได้ผลของปีที่ 2 ดังรูปที่ 6 แต่
ถ้า $t = T$, สิ้นสุดการดำเนินการ

สถานีพักอ้อยแรกตั้งที่จุด (0.549, 0.518) ประกอบด้วยเกษตรกรคนที่ 2, 3 และ 4 ปริมาณอ้อย = 280 ตัน

สถานีพักอ้อยที่สองตั้งที่จุด (0.284, 0.339) ประกอบด้วยเกษตรกรคนที่ 1 และ 5 ปริมาณอ้อย = 220 ตัน

คำนวณระยะทางรวมของปีที่ 2 = ผลรวมของ (ระยะทางจากเกษตรกรไปยังสถานีพักอ้อย +
ระยะทางจากสถานีพักอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาล)

ค่าใช้จ่ายของปีที่ 1 = ค่าน้ำมัน x ระยะทางรวมของปีที่ 1 + ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อย
= $10 \times 1.63 \times 100 + 5,000 = 6,630$ บาท

ค่าใช้จ่ายของปีที่ 2 = ค่าน้ำมัน x ระยะทางรวมของปีที่ 2 + ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อย
= $10 \times 1.67 \times 100 + 2,000 = 3,670$ บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด = 10,300 บาท

การทดลองทางตัวเลข

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีโครงข่ายประสาทแบบจัดเรียงตัวเองที่มี
ความเป็นสัดส่วนกัน PSOM (นันทิกา, 2547) ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

จำนวนเกษตรกรเท่ากับ 10 - 99 ราย, ค่า $cb = 0.9$, $\eta = 0.01$, $min_cap = 400$, $max_cap = 600$,

$max_dist = 0.7$ ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรก = 100,000 บาทและค่าใช้จ่ายในการย้าย

สถานีพักอ้อยต่อครั้ง = 50,000 บาท

การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มจะทำการประเมินประสิทธิภาพในด้านความจุของสถานีพักอ้อยระยะ
ทางขนส่งและค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากค่าขนส่ง โดยที่ min_amount และ max_amount ใช้แทนปริมาณ
อ้อยที่สถานีพักอ้อยรองรับได้ต่ำสุดและสูงสุด $range_amount$ ($range_amount = max_amount -$
 min_amount) ใช้แทนช่วงความต่างของปริมาณอ้อยที่รองรับระหว่างสถานีพักอ้อย

การทดลองทางตัวเลขโดยใช้ข้อมูลของระบบโลจิสติกส์อ้อยและน้ำตาลในปัจจุบัน

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งใน 3 กรณี คือ

- การเพิ่มขึ้นของเกษตรกร
 - การลดลงของเกษตรกร
 - การย้ายตำแหน่งของเกษตรกร
- โดยการใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

Max_dist = 100 กม. Dist_mill = 60 กม. Min_cap = 20,000 ตัน Max_cap = 60,000 ตัน
 ค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรก (Fo) = 1,000,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อย
 (RE_cost) = 500,000 บาท ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ย (TC) = 215.96 บาท/ตัน
 ระยะทางเฉลี่ยรวม = 70 กิโลเมตร (ไป-กลับ=140)
 *จะได้ค่าใช้จ่ายโดยรวม = $(215.96 \times 25) / 140 = 38.56$ บาท/กิโลเมตร ที่ราคาน้ำมันลิตรละ 25 บาท

จำนวน เกษตรกร (ราย)	จำนวนกลุ่ม (กลุ่ม)		min_amount (ตัน)		max_amount (ตัน)		range_amount(ตัน)		ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM
10	2	2	506	413	511	604	5	191	235,012	292,013
29	5	5	410	518	517	620	107	102	654,303	744,410
52	10	9	508	411	517	618	9	207	1,230,277	1,260,350
71	12	12	605	505	720	623	115	118	1,469,966	1,623,790
99	18	17	417	407	520	620	103	213	2,174,702	2,309,560

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบการหาที่ตั้งสถานีพักอ้อยในช่วงเวลาที่ 1

จำนวน เกษตรกร (ราย)	จำนวนกลุ่ม (กลุ่ม)		min_amount (ตัน)		max_amount(ตัน)		range_amount(ตัน)		ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM	Proposed	PSOM
10	2	2	503	407	514	610	11	203	234,663	204,123
29	5	5	515	516	619	615	104	99	961,612	979,580
52	9	9	402	407	619	620	217	213	1,718,844	1,678,060
71	12	12	508	510	650	618	142	108	2,260,827	2,285,590
99	18	17	406	407	518	621	112	214	3,283,441	3,173,250

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบการหาที่ตั้งสถานีพักอ้อยในช่วงเวลาที่ 2

จำนวนเกษตรกร (ราย)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้ง 2 ช่วงเวลา (บาท)	
	Proposed	PSOM
10	469,675	496,136
29	1,615,915	1,723,990
52	2,949,121	2,938,410
71	3,730,793	3,909,380
99	5,458,143	5,482,810

ตารางที่ 7 แสดงค่าใช้จ่ายรวมของ 2 ช่วงเวลา

-- กรณีที่มีการเพิ่มเขตการปลูกอ้อยที่ 5 และ 14 ในปีที่ 2 ดังรูปที่ 7 และ 8

ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	การเก็บเกี่ยวและ ขนส่ง(บาท/ กม.)	ค่าใช้จ่ายปีแรก (บาท)	ค่าใช้จ่ายปีที่ 2(บาท)		ผลต่าง ค่าใช้จ่าย(บ.)	ผลการ เปรียบเทียบ
			กรณีย้าย	กรณีไม่ย้าย		
20	30.85	35,436,360	37,598,066	35,678,329	1,919,737	ไม่ย้าย
22.5	34.71	39,494,848	42,302,394	40,142,457	2,159,937	ไม่ย้าย
25	38.56	43,542,821	46,994,535	44,595,020	2,399,515	ไม่ย้าย
27.5	42.42	47,601,309	51,698,864	49,059,148	2,639,716	ไม่ย้าย
30	46.28	51,659,797	56,403,192	53,523,276	2,879,916	ไม่ย้าย

ตารางที่ 8 ในกรณีที่เพิ่มจำนวนเกษตรกรเพิ่มมากขึ้นจากปีแรก 2 เขตคือ 5 กับ 14 สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม

ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	การเก็บเกี่ยวและขนส่ง อ้อย(บาท/ กม.)	ค่าใช้จ่ายปีแรก (บาท)	ค่าใช้จ่ายปีที่ 2(บาท)		ผลต่างของ ค่าใช้จ่าย(บ.)	ผลการ เปรียบเทียบ
			กรณีย้าย	กรณีไม่ย้าย		
20	30.85	38,129,375	28,188,141	28,240,880	52,739	ย้าย
22.5	34.71	42,524,818	31,715,085	31,774,423	59,338	ย้าย
25	38.56	46,908,873	35,232,892	35,298,812	65,920	ย้าย
27.5	42.42	51,304,315	38,759,856	38,832,355	72,499	ย้าย
30	46.28	55,699,757	42,286,780	42,365,899	79,119	ย้าย

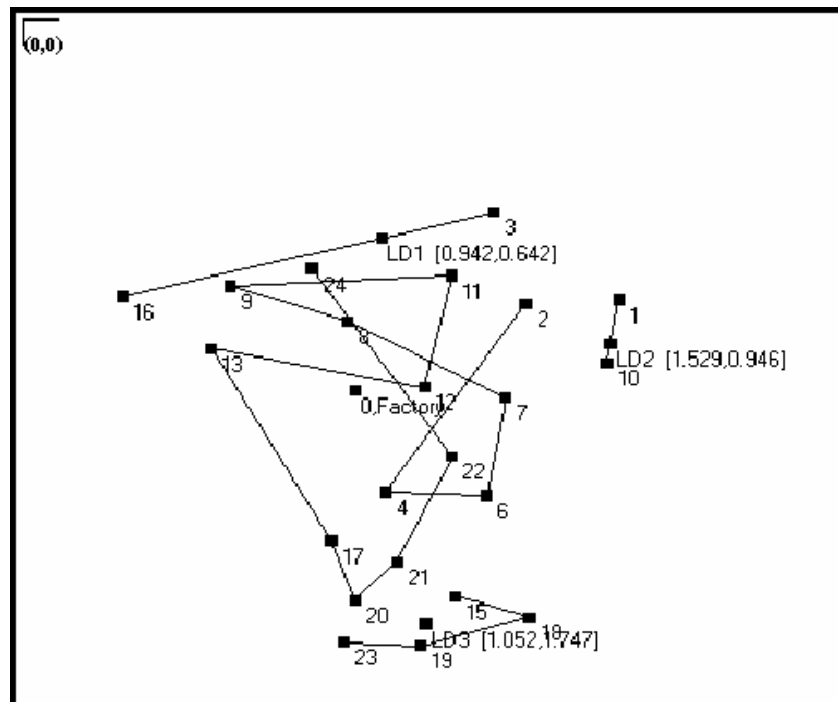
ตารางที่ 9 กรณีที่มีจำนวนเกษตรกรลดลงจากปีแรก 2 เขตคือ 5 กับ 14 สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม

ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	การเก็บเกี่ยวและขนส่ง อ้อย(บาท/ กม.)	ค่าใช้จ่ายปีแรก (บาท)	ค่าใช้จ่ายปีที่ 2(บาท)		ผลต่างของ ค่าใช้จ่าย(บ.)	ผลการ เปรียบเทียบ
			กรณีย้าย	กรณีไม่ย้าย		
20	30.85	39,099,285	37,224,034	40,894,627	3,670,593	ย้าย
22.5	34.71	43,798,738	41,839,089	46,005,958	4,166,869	ย้าย
25	38.56	48,498,801	46,454,743	51,117,952	4,663,209	ย้าย
27.5	42.42	53,198,864	51,070,397	56,229,946	5,159,549	ย้าย
30	46.28	57,897,099	55,684,256	61,339,952	5,655,696	ย้าย

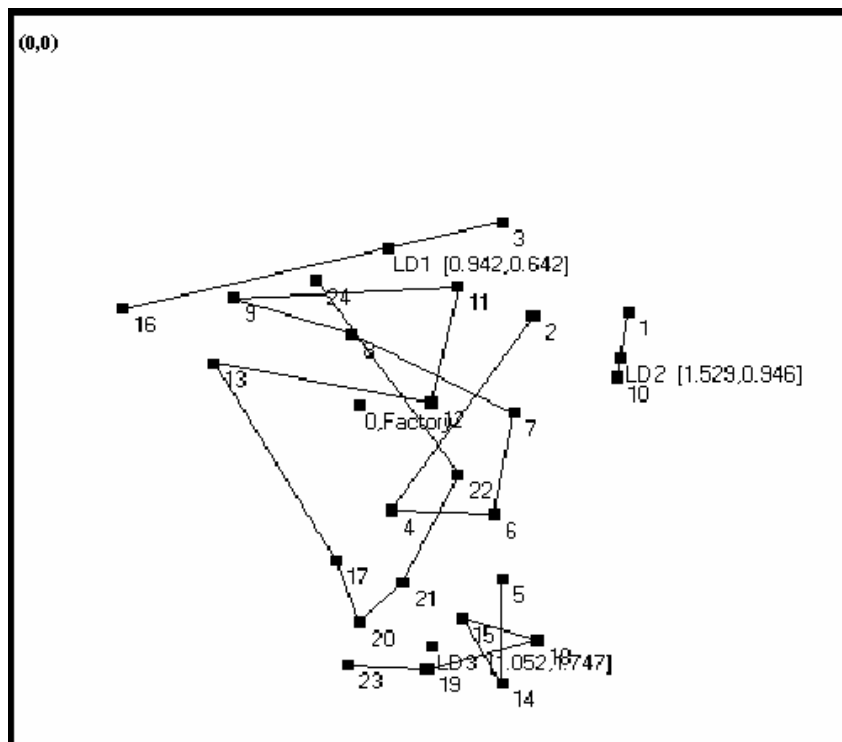
ตารางที่ 10 กรณีที่มีการย้ายตำแหน่งของเกษตรกรรายที่ 5, 14, 15, 18, 19 และ 23 สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม

-- กรณีลดเขตการปลูกอ้อยที่ 5 และ 14 ในปีที่ 2 ดังรูปที่ 9 และ 10

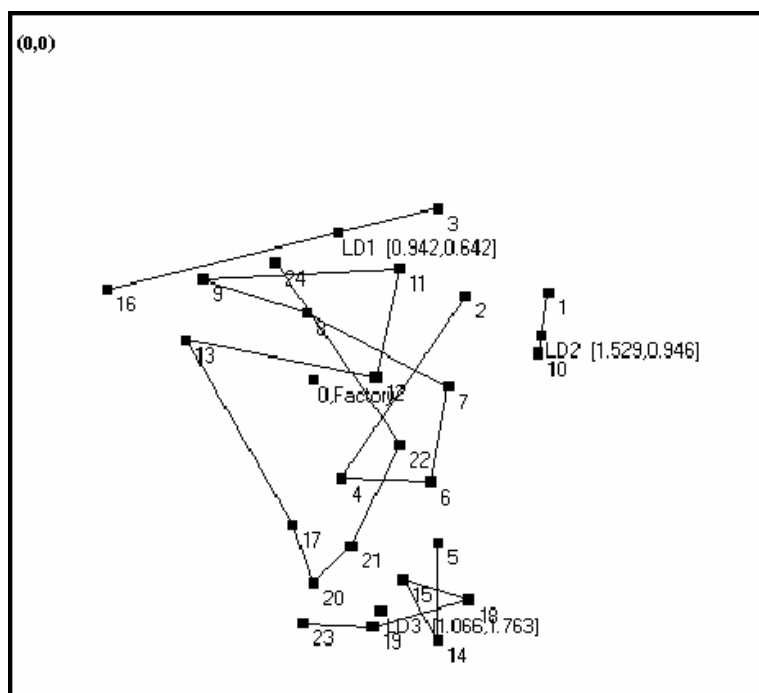
-- กรณีย้ายตำแหน่งเขตการปลูกอ้อยที่ 5,14,15,18,19และ23 ในปีที่ 2 ดังรูปที่ 11 และ 12



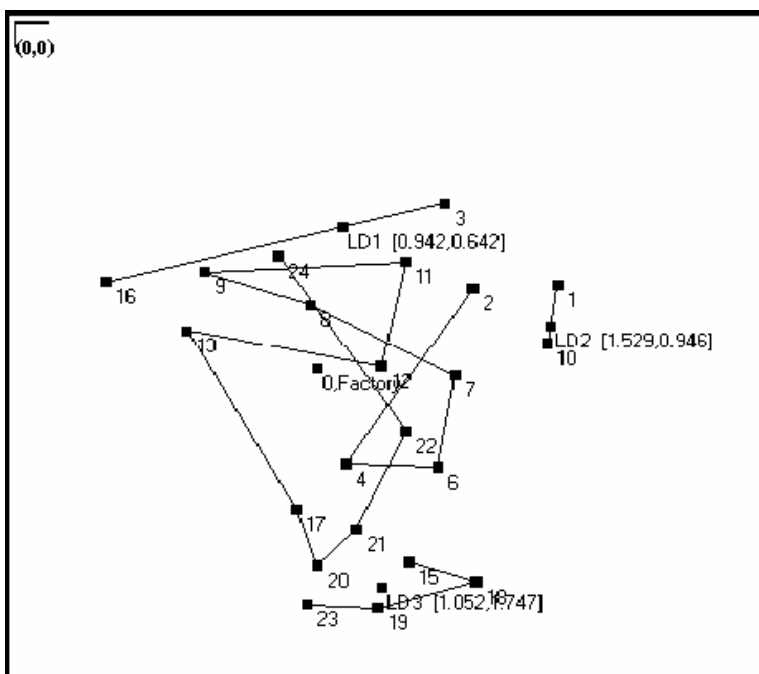
รูปที่ 7 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 1



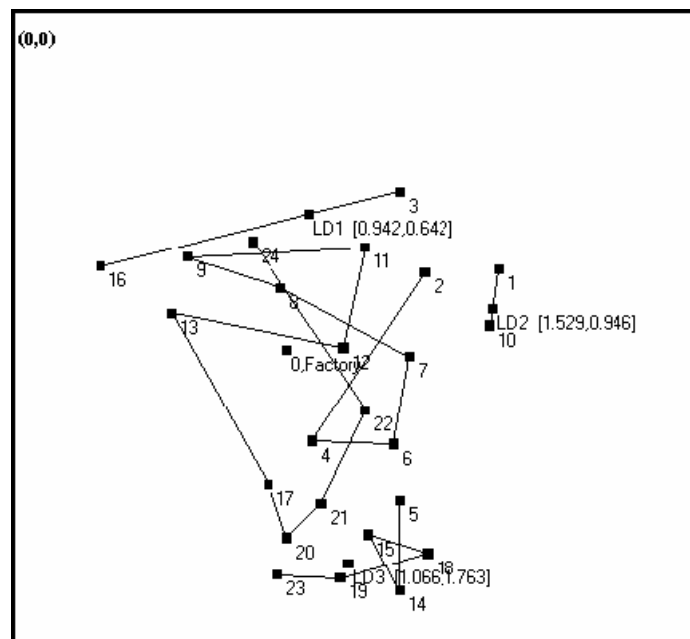
รูปที่ 8 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 2



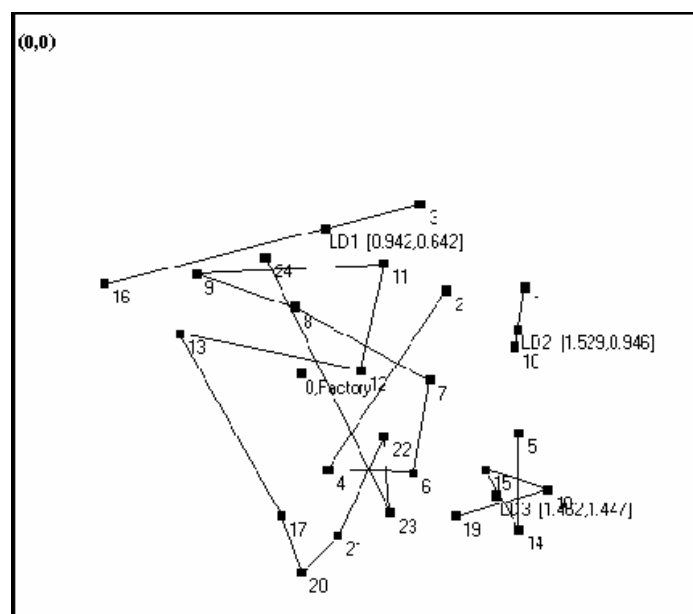
รูปที่ 9 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 1



รูปที่ 10 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 2



รูปที่ 11 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 1



รูปที่ 12 แสดงการจัดกลุ่มในปีที่ 2

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบพบว่าคำตอบที่ได้จากวิธีที่นำเสนอมีค่าดีกว่าคำตอบจากวิธี PSOM

จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลต้นทุนในปัจจุบันพบว่า ถ้าตำแหน่งการปลูกอ้อยของเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลง (กรณีเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรือย้ายตำแหน่ง) การคงตำแหน่งสถานีพักอ้อยไว้ที่เดิมหรือมีการย้ายตำแหน่งสถานีพักอ้อยจะก่อให้เกิดผลต่างของต้นทุนการขนส่งรวมที่มากขึ้นหรือลดลง

จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าตัวแปรหลักซึ่งก็คือราคาน้ำมันและค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อยโดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาในลักษณะพลวัต เพื่อหาค่าที่จุดสมดุล (Tradeoff point) ระหว่างช่วงของราคาน้ำมันและค่าใช้จ่ายการย้ายสถานีพักอ้อยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่าต่ำที่สุด พบว่า

- ถ้าค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อยมีค่าสูง (กรณีสถานีพักอ้อยขนาดใหญ่) แต่ราคาน้ำมันไม่สูงนัก จะพบว่าการย้ายสถานีพักอ้อยจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่สูงกว่า
 - ถ้าค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อยมีค่าต่ำ (กรณีสถานีพักอ้อยขนาดเล็กและเป็นแบบไม่ถาวร) แต่ราคาน้ำมันอยู่ในระดับราคาสูงการย้ายสถานีพักอ้อยทำให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ต่ำกว่าได้
- นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าความจุของสถานีพักอ้อยมีค่าสูงขึ้นจะทำให้จำนวนสถานีพักอ้อยที่ต้องการน้อยลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำลงด้วย

สรุป

บทความนี้นำเสนอ ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งสำหรับสถานีพักอ้อยในลักษณะพลวัตและการจัดกลุ่มเกษตรกรไร้อ้อยเพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอ้อยตั้งแต่แหล่งปลูกถึงโรงงานน้ำตาลให้ต่ำที่สุด โดยพิจารณาแบบหักล้าง (Tradeoff) ระหว่างต้นทุนการขนส่ง (ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าโสหุ้ยต่างๆ) กับค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีพักอ้อยครั้งแรกและค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีพักอ้อย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การจับคู่ (Clustering Method) เพื่อจัดกลุ่มเกษตรกรให้กับสถานีพักอ้อยภายใต้ปริมาณต้นที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมตั้งแต่ไร้อ้อยกับสถานีพักอ้อยและระหว่างสถานีพักอ้อยกับโรงงานมีค่าต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

เอกสารอ้างอิง

นันทิกา ชัยกัณหา, 2547. การจัดกลุ่มเกษตรกรไร้อ้อยและการหาพื้นที่ตั้งสถานีพักอ้อย.

วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. ผลการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. ปรากฏจาก:

<http://www.oae.go.th/mis/Forecast/Dec48/chDec48.htm>

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547. ผลการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. ปรากฏจาก:

<http://www.oae.go.th/mis/Forecast/Dec47/chDec47.htm>

- Chetthamrongchai P, Auansakul A, Supawan D. 2001. Assessing the transportation problems of the sugarcane industry in Thailand. *Transportation and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*. (70): 31-39.
- Tompkins, White, Bozer and Tanchoco. 2003. *Facilities Planning*. 3rd ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.