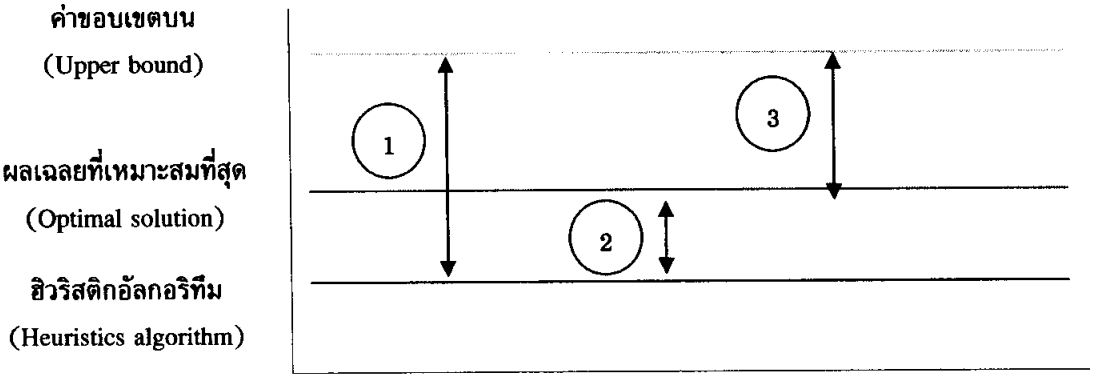
บทที่ 6
ค่าขอบเขตบน

1. บทนำ

โดยทั่วไปแล้ว การประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมสามารถทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับคำตอบจากวิธีอื่น ๆได้หลายวิธี เช่น คำตอบที่เหมาะสมสุด (Optimal solution) จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ คำตอบที่ได้จากค่าขอบเขตล่าง (Lower bound) หรือขอบเขตบน (Upper bound) และคำตอบที่เป็นข้อมูลจากสภาวการณ์จริง เป็นต้น การประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมที่เป็นปัญหาขนาดเล็ก คำตอบที่เหมาะที่สุดที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์จะนำมาใช้เปรียบเทียบกับคำตอบของฮิวริสติกอัลกอริทึม แต่ถ้าเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นคำตอบที่เหมาะที่สุดได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีการที่เหมาะสมจะเป็นการหาคำตอบจากค่าขอบเขตล่างหรือค่าขอบเขตบน หรือคำตอบที่เป็นข้อมูลจากสภาวการณ์จริงและนำมาเปรียบเทียบกับคำตอบจากฮิวริสติกอัลกอริทึมเพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพ โดยทั่วไปแล้ว คำตอบที่ได้จากค่าขอบเขตบน จะมีค่ามากกว่าคำตอบที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึม จะมีค่าน้อยกว่าคำตอบที่ได้จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยที่ความแตกต่างของคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึม ผลเฉลยที่เหมาะที่สุดและค่าขอบเขตบน แสดงได้ดังภาพที่ 6.1 ดังนั้น ผลต่างของคำตอบระหว่างคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมกับค่าขอบเขตบน จะสามารถนำมาประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมได้ โดยที่ผลต่างของคำตอบจากสองวิธีนี้ควรมีค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ ได้เสนอวิธีการหาค่าขอบเขตบนของฮิวริสติกอัลกอริทึมของการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นคำตอบที่เหมาะที่สุดได้ เนื่องจากมีตัวแปรและพารามิเตอร์เป็นจำนวนมาก ทำให้ลักษณะปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้น โดยวิธีการหาค่าขอบเขตบนที่นำเสนอมีสองวิธีการ ซึ่งจะได้ทำการหาวิธีการที่เหมาะสมซึ่งเป็นวิธีการที่มีผลต่างระหว่างคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมกับค่าขอบเขตบนที่มีค่าน้อยที่สุด



1 แสดงถึงผลต่างของคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมและค่าขอบเขตบน

2 แสดงถึงผลต่างของคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกอัลกอริทึมและผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด

3 แสดงถึงผลต่างของคำตอบที่ได้จากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดและค่าขอบเขตบน

ภาพที่ 6.1 แสดงความแตกต่างของค่าคำตอบที่ได้จากค่าขอบเขตบน ผลเฉลยที่เหมาะที่สุด และฮิวริสติกอัลกอริทึม

2. การหาค่าขอบเขตบนของฮิวริสติกอัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย

ค่าขอบเขตบนของฮิวริสติกอัลกอริทึมของการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยได้จากอัลกอริทึมการคำนวณค่าขอบเขตบนที่พัฒนาขึ้น ได้จากการปรับค่าความหวานก่อนการจัดลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดการแก้ไขปัญหา (Key idea) ของการพัฒนาอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน

จากฮิวริสติกอัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ได้ทำการพิจารณาข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องของปัญหาในด้านปริมาณบรรทุกและจำนวนรถบรรทุกที่แปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงมีอยู่และสามารถขนส่งอ้อยได้ ฮิวริสติกอัลกอริทึมของค่าขอบเขตบนได้ละเว้นการพิจารณาปริมาณบรรทุกและจำนวนรถบรรทุกดังกล่าวจากการคำนวณฮิวริสติกอัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยถือว่าอ้อยสามารถขนส่งโดยรถบรรทุกคันใดก็ได้ และสามารถผสมอ้อยจากแปลงเพาะปลูกอ้อยได้มากกว่าหนึ่งแปลงเพาะปลูก เพื่อให้การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการ

ปรับปรุงค่าความหวานของอ้อยแต่ละแปลงเพาะปลูกในแต่ละวันเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อใช้ในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เป็นค่าขอบเขตบนของฮิวริสติกอัลกอริทึม

2.2 สมมติฐานของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน (Assumptions)

สมมติฐานที่ใช้สำหรับฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับรูปแบบปัญหาและลักษณะต่าง ๆที่เกี่ยวข้องในปัญหาที่สนใจ ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น สมมติฐานของปัญหามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ค่าความหวานของอ้อยที่นำมาคำนวณผลผลิตน้ำตาลในสมการเป้าหมาย เป็นค่าความหวานจากการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงเพาะปลูกแต่ละช่วงเวลา ซึ่งถือว่าระยะเวลาเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลมีค่าน้อย โดยส่งผลให้ค่าความหวานของอ้อยไม่มีค่าลดลงตามระยะเวลารอคอยการเข้าสู่กระบวนการผลิต

2.2.2 ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูกมีค่าเท่ากันอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง

2.2.3 อ้อยที่ถูกจัดลำดับให้มีการเก็บเกี่ยวจากแต่ละแปลงเพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลาถือว่าสามารถเก็บเกี่ยวได้จริง นั่นคือ ไม่คำนึงถึงสภาวะปัญหาน้ำท่วม สภาพแปลงที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ หรือไม่มีปัญหาการขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย

2.2.4 ปริมาณอ้อยที่ทำการเพาะปลูกรวมทั้งหมด มีปริมาณมากกว่ากำลังการผลิตรวมทั้งหมด ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและกำหนดปริมาณการเก็บเกี่ยวอ้อยของแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำตาลรวมสูงสุด

2.2.5 การขนส่งอ้อยของรถบรรทุกแต่ละคัน อ้อยที่ทำการบรรทุกสามารถผสมอ้อยจากแปลงเพาะปลูกที่แตกต่างกันได้ และถือว่าปริมาณบรรทุกและจำนวนรถบรรทุกมีจำนวนมากเพียงพอ

2.2.6 การเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงมีความเป็นอิสระต่อกัน

2.2.7 การเก็บเกี่ยวอ้อยที่ถูกจัดลำดับ ไม่คำนึงถึงความเสมอภาคกันของปริมาณอ้อยในแต่ละแปลง

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน (Parameters)

พารามิเตอร์ที่ใช้ในขั้นตอนของฮิวริสติกอัลกอริทึม มีดังต่อไปนี้

p	=	แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ 1, 2,..., P
t	=	วันเก็บเกี่ยวที่ 1, 2,..., T
$CCS_{p,t}$	=	ค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p, ในวันเก็บเกี่ยวที่ t
$CANE_p$	=	ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p
CAP_t	=	กำลังการผลิตของโรงงานในวันเก็บเกี่ยวที่ t

2.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

ตัวแปรตัดสินใจของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน คือ

$QTY_{p,t}$ = ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ที่ทำการส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานในวันเก็บเกี่ยวที่ t (หน่วย : ตัน)

$YIELD_{p,t}$ = ผลผลิตน้ำตาลที่ได้ หาจากผลคูณของค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ pในวันเก็บเกี่ยวที่ t กับปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ในเก็บเกี่ยวที่ t (หน่วย : หน่วย)

2.5 ขั้นตอนของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน

ขั้นตอนของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกอัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกและการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย มีดังนี้

2.5.1 ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลป้อนเข้า (Inputs) โดยข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน มีดังนี้

(1) ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,t}$)

(2) ปริมาณกำลังการผลิตของโรงงานต่อวัน (CAP_t)

(3) ปริมาณอ้อยของแต่ละแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CANE_p$)

สำหรับการหาค่าขอบเขตบน จะละเว้นการพิจารณาปริมาณบรรทุกและรถบรรทุก และให้ถือว่าสามารถขนส่งอ้อยได้ในปริมาณไม่จำกัด

2.5.2 ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการปรับปรุงค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูก ($CCS_{p,t}$) โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดังนี้

(1) กำหนดค่า | Different CCS value | โดยที่ค่า Different CCS value คือ ค่าผลต่างของค่าความหวานระหว่างวันที่พิจารณาและวันถัดไป ซึ่งถ้าหากค่าผลต่างนี้ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ จะถือว่า ค่าความหวานในวันต่าง ๆเหล่านี้ เป็นข้อมูลกลุ่มเดียวกัน

(2) ในข้อมูลค่าความหวานชุดเดียวกัน ให้ถือว่าค่าความหวานเหล่านี้มีค่าเท่ากัน และมีค่าเท่ากับค่าความหวานสูงสุดในชุดนั้น

$$CCS_{j,i} = \underset{\forall i}{Max}\ CCS_{j,i}$$

เมื่อ i เป็นดัชนีแสดงวันเก็บเกี่ยวอ้อย

j เป็นดัชนีแสดงกลุ่มของค่าความหวานของอ้อย

(3) ค่าความหวานแต่ละชุดอาจมีจำนวนวันแตกต่างกัน ทั้งนี้จะมีจำนวนตั้งแต่ชุดละ 1 วันขึ้นไป

2.5.3 ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณของฮิวริสติกอัลกอริทึม มีขั้นตอนย่อยดังนี้

(1) หาค่า $CCS_{p,t}$ ที่มีค่าสูงที่สุด

(1.1) กรณีที่ค่า $CCS_{p,t}$ มีค่าสูงที่สุดมากกว่า 1 ค่า ให้หาค่า $CCS_{p,t+1}$ จะได้ DCCS = $CCS_{p,t}$ - $CCS_{p,t+1}$ ทำการเลือกค่า $CCS_{p,t}$ ที่ให้ค่า DCCS เป็นบวกสูงสุด

(1.2) กรณีที่ค่า DCCS เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้หาค่า $CANE_p$ และเปรียบเทียบค่า $CANE_p$ เลือกค่า $CANE_p$ ที่มีค่าสูงสุด

(1.3) กรณีที่ค่า $CANE_p$ เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้เลือกค่าใดค่าหนึ่งก็ได้

ผลที่ได้จากขั้นตอน (1) คือค่า $CCS_{p,t}$ และทำให้ได้ค่า $CANE_p$ หมายถึงได้ค่า CCS ที่สูงที่สุดโดยเป็นข้อมูลของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ของวันเก็บเกี่ยวที่ t และปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ตามลำดับ

(1.4) บันทึก $CCS_{p,t}$

(2) อัพเดต (Update) ค่าพารามิเตอร์ $CANE_p$, CAP_t และ $CCS_{p,t}$ ดังนี้

(2.1) กรณีที่ $CANE_p - CAP_t = 0$ ทำการอัพเดตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นดังนี้

$CAP_t = 0$

$CANE_p = 0$

$CCS_{p,t} = 0$

บันทึก $QTY_{p,t} = CANE_p$ ณ วันเก็บเกี่ยวที่ t

(2.2) กรณีที่ $CANE_p - CAP_t > 0$ ทำการอัพเดตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นดังนี้

$CAP_t = 0$

$CANE_p = CANE_p - CAP_t$

บันทึก $QTY_{p,t} = CAP_t$ ณ วันเก็บเกี่ยวที่ t

(2.3) กรณีที่ $CANE_p - CAP_t < 0$ ทำการอัพเดตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นดังนี้

$CAP_t = CAP_t - CANE_p$

$CANE_p = 0$

$CCS_{p,t} = 0$

บันทึก $QTY_{p,t} = CANE_p$ ณ วันหรือช่วงเวลาที่ t

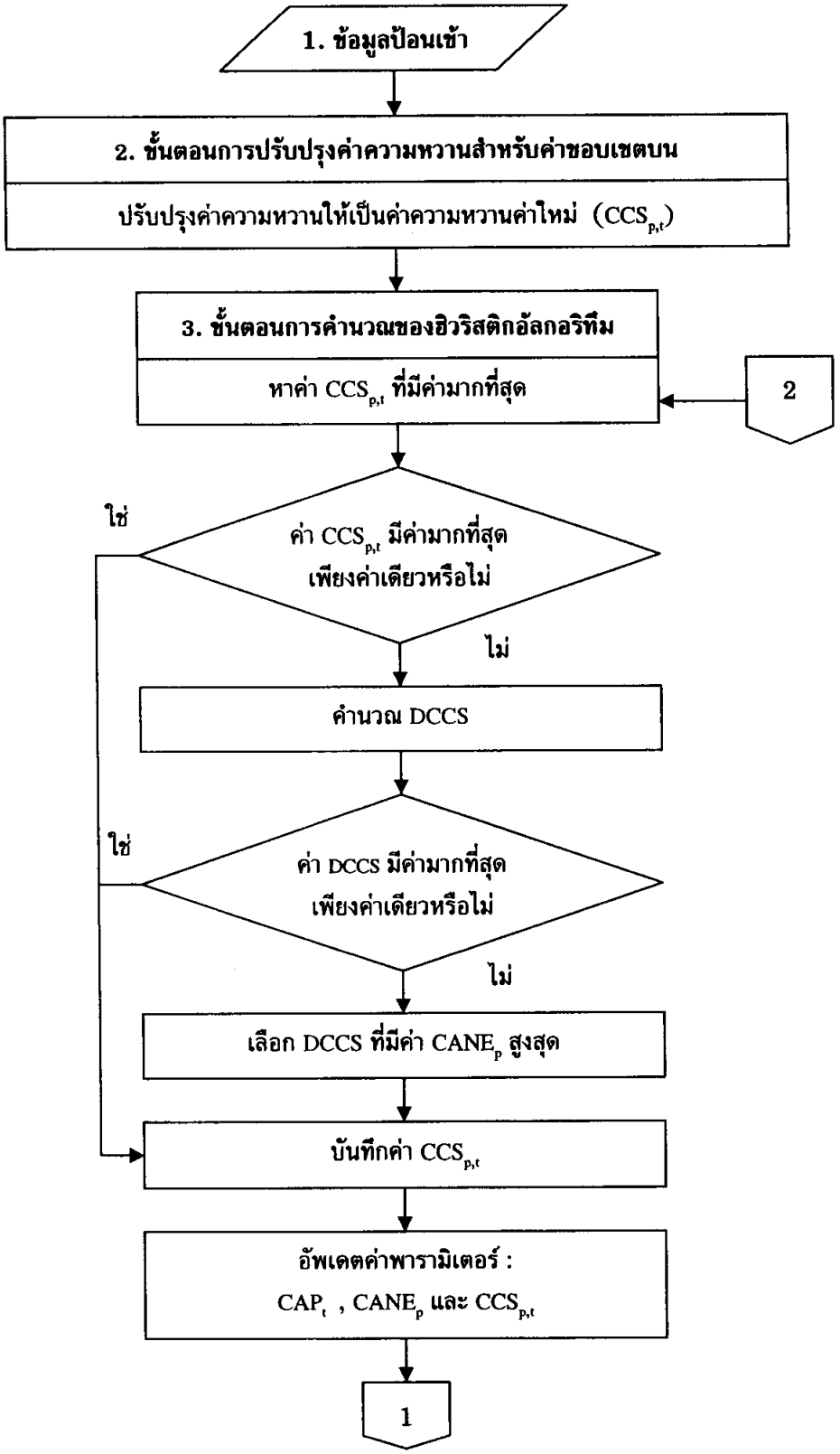
(3) หาผลคูณของ $CCS_{p,t}$ และ $QTY_{p,t}$ ที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 ตามลำดับจะได้

$YIELD_{p,t} = CCS_{p,t} \times QTY_{p,t}$

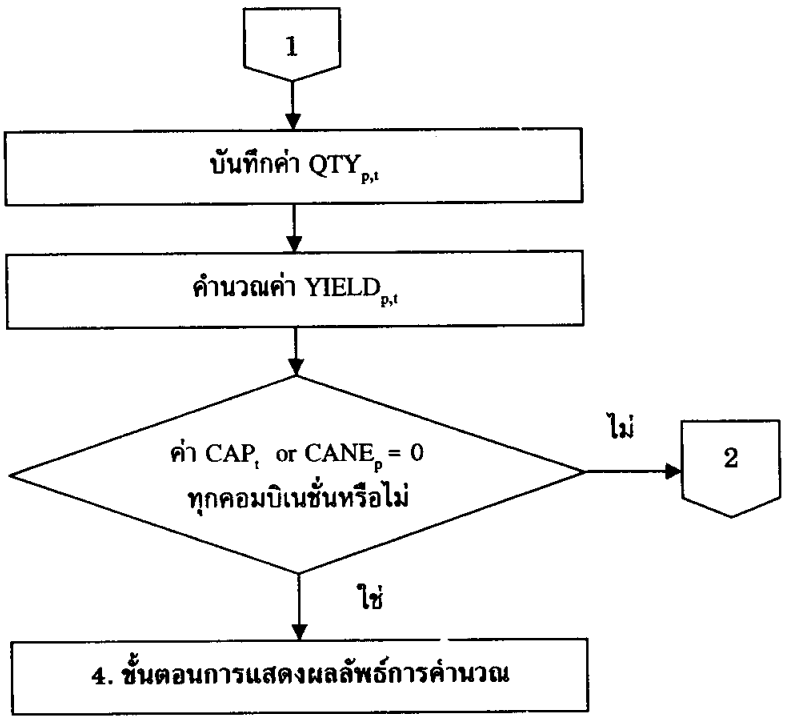
(4) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 – ขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่ง CAP_t หรือ $CANE_p$ ค่าใดค่าหนึ่งเป็น 0 ทุกคอมบิเนชั่น

2.5.4 ขั้นตอนที่ 4 การแสดงผลลัพธ์การคำนวณของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน ได้แก่ ผลผลิตน้ำตาลรวม = $\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} YIELD_{p,t}$

ขั้นตอนในการคำนวณของฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับหาคำตอบเริ่มต้น แสดงดังภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.2 แสดงขั้นตอนฮิวริสติกอัลกอริทึมในการหาค่าขอบเขตบน



ภาพที่ 6.2 แสดงขั้นตอนฮิวริสติกอัลกอริทึมในการหาค่าขอบเขตบน (ต่อ)

2.6 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าขอบเขตบน

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าขอบเขตบน ซึ่งประกอบด้วยขั้นการปรับปรุงค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูก เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าแทนค่าความหวานจริง และขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาค่าขอบเขตบน สามารถแสดงรายละเอียดของการคำนวณได้ดังนี้

2.6.1 รับข้อมูลป้อนเข้า ประกอบด้วย

(1) ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละวันของแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CCS_{p,t}$)

(2) ปริมาณกำลังการผลิตของโรงงานต่อวัน (CAP_t)

(3) ปริมาณอ้อยของแต่ละแปลงเพาะปลูกอ้อย ($CANE_p$)

2.6.2 ทำการปรับปรุงค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลง โดยได้ยกตัวอย่างการปรับปรุงค่าความหวานของอ้อย จากค่าความหวานจริงของแปลงเพาะปลูกอ้อยแห่งหนึ่ง แสดงดังตารางที่ 6.1

2.6.3 กำหนดค่าตัวแปร I Different CCS value I ให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึง ชุดข้อมูลค่าความหวานที่มีค่าแตกต่างกันระหว่างค่าความหวานในวันแรกที่พิจารณากับค่าความหวานวันถัดไปในชุดเดียวกัน ให้มีค่าไม่น้อยกว่า 1 หากคำนวณแล้วค่าแตกต่างดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1 ค่าความหวานของวันนั้น จะถูกนับเป็นชุดข้อมูลความหวานกลุ่มใหม่ ยกตัวอย่างเช่น

CCS(วันแรก,d1) - CCS(วันที่สอง,d2) ≤ |1|

CCS(วันแรก,d1) - CCS(วันที่สาม,d3) ≤ |1|

CCS(วันแรก,d1) - CCS(วันที่สี่,d4) > |1|

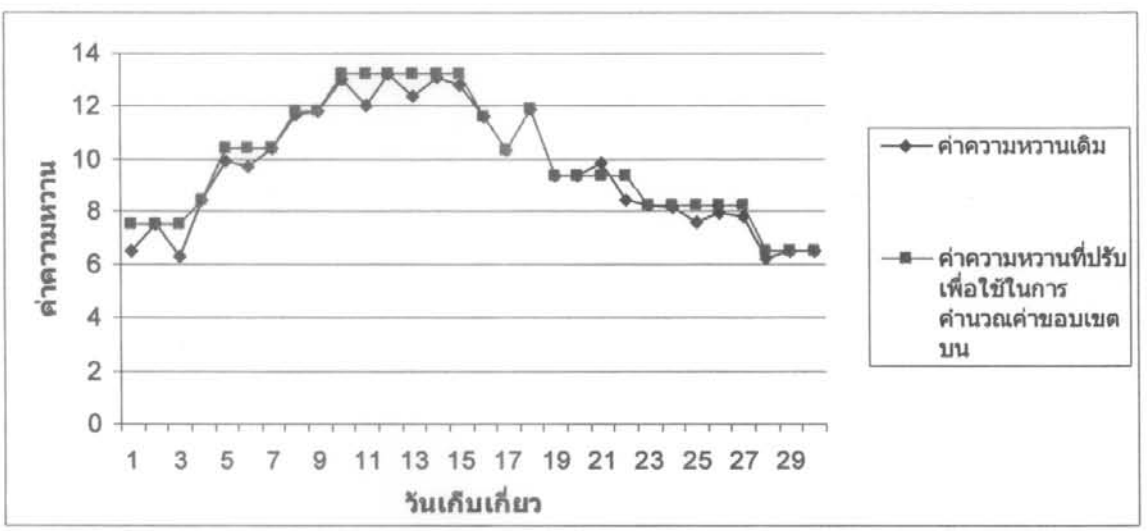
2.6.4 จัดกลุ่มของชุดข้อมูลค่าความหวาน โดยให้กลุ่มแรกประกอบด้วยวันเก็บเกี่ยวที่ 1-4 และมีค่าความหวานของกลุ่มแรกเท่ากันในทุก ๆวันเก็บเกี่ยวภายในกลุ่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าความหวานที่สูงที่สุดในกลุ่ม

$$CCS_{i,1} = \underset{\forall i}{Max}\ (CCS_{1,1}, CCS_{2,1}, CCS_{3,1})$$

$$= 7.5$$

กลุ่มที่ 2 จะเริ่มคำนวณใหม่ในวันเก็บเกี่ยวที่ 4 โดยนำค่าความหวานลบกับค่าความหวานในวันเก็บเกี่ยวถัดไป (วันเก็บเกี่ยวที่ 5, วันเก็บเกี่ยวที่ 6, วันเก็บเกี่ยวที่ 7,...) จนกระทั่งค่า | Different ccs value | > 1 จึงเริ่มคิดกลุ่มที่ 3

จากตัวอย่าง สามารถแสดงผลการจัดกลุ่มค่าความหวานและค่าความหวานค่าใหม่สำหรับการคำนวณหาค่าขอบเขตบน ดังตารางที่ 6.2 และแสดงกราฟของค่าความหวานจริงและค่าความหวานใหม่ ดังภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 กราฟแสดงโค้งของค่าความหวานของอ้อยในวันเก็บเกี่ยวต่าง ๆของแปลงเพาะปลูกเปรียบเทียบระหว่างค่าความหวานจริงกับค่าความหวานใหม่

ตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลค่าความหวานของอ้อยจริงในแปลงเพาะปลูกแห่งหนึ่ง

วันเก็บเกี่ยว	ค่าความหวานของอ้อย
1	6.5
2	7.5
3	6.3
4	8.4
5	9.9
6	9.7
7	10.4
8	11.7
9	11.8
10	13
11	12
12	13.2
13	12.4
14	13.1
15	12.8
16	11.6
17	10.3
18	11.9
19	9.3
20	9.3
21	9.8
22	8.4
23	8.2
24	8.1
25	7.6
26	7.9
27	7.8
28	6.2
29	6.5
30	6.5

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการจัดกลุ่มค่าความหวานและค่าความหวานใหม่สำหรับเป็นข้อมูลป้อนเข้าในการคำนวณหาค่าขอบเขตบน

วันเก็บเกี่ยว	ค่าความหวานจริง	หาค่าผลต่าง	Different CCS Value	กลุ่ม	ค่าความหวานใหม่
d1	6.5			1	7.5
d2	7.5	d1-d2	-1		7.5
d3	6.3	d1-d3	0.2		7.5
d4	8.4	d1-d4	|-1.9| > 1 (วันที่ 4 ไม่รวมในกลุ่ม 1)	2	8.4
d5	9.9	d4-d5	|-1.5| > 1 (วันที่ 5 ไม่รวมในกลุ่ม 2)	3	10.4
d6	9.7	d4-d6	0.2		10.4
d7	10.4	d4-d7	-0.5		10.4
d8	11.7	d4-d8	|-1.8| > 1 (วันที่ 8 ไม่รวมในกลุ่ม 3)	4	11.8
d9	11.8	d8-d9	-0.1		11.8
d10	13	d8-d10	|-1.3| > 1 (วันที่ 10 ไม่รวมในกลุ่ม 4)	5	13.2
d11	12	d10-d11	1		13.2
d12	13.2	d10-d12	-0.2		13.2
d13	12.4	d10-d13	0.6		13.2
d14	13.1	d10-d14	-0.1		13.2
d15	12.8	d10-d15	0.2		13.2
d16	11.6	d10-d16	|1.4| > 1 (วันที่ 16 ไม่รวมในกลุ่ม 5)	6	11.6
d17	10.3	d16-d17	|1.3| > 1 (วันที่ 17 ไม่รวมในกลุ่ม 6)	7	10.3
d18	11.9	d17-d18	|-1.6| > 1 (วันที่ 18 ไม่รวมในกลุ่ม 7)	8	11.9
d19	9.3	d18-d19	|2.6| > 1 (วันที่ 19 ไม่รวมในกลุ่ม 8)	9	9.3
d20	9.3	d19-d20	0		9.3
d21	9.8	d19-d21	-0.5		9.3
d22	8.4	d19-d22	0.9		9.3
d23	8.2	d19-d23	|1.1| > 1 (วันที่ 23 ไม่รวมในกลุ่ม 9)	10	8.2

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการจัดกลุ่มค่าความหวานและค่าความหวานใหม่สำหรับเป็นข้อมูลป้อนเข้าในการคำนวณหาค่าขอบเขตบน (ต่อ)

วันเก็บเกี่ยว	ค่าความหวานจริง	หาค่าผลต่าง	Different CCS Value	กลุ่ม	ค่าความหวานใหม่
d24	8.1	d23-d24	0.1		8.2
d25	7.6	d23-d25	0.6		8.2
d26	7.9	d23-d26	0.3		8.2
d27	7.8	d23-d27	0.4		8.2
d28	6.2	d23-d28	|2| > 1 (วันที่ 28 ไม่รวมในกลุ่ม 10)	11	6.5
d29	6.5	d28-d29	-0.3		6.5
d30	6.5	d28-d30	-0.3		6.5

2.6.5 เปลี่ยนแปลงข้อมูลป้อนเข้าที่เป็นค่าความหวานของอ้อย และคำนวณค่าขอบเขตบนตามฮิวริสติกอัลกอริทึมขั้นตอนที่ 3 โดยกำหนดให้โจทย์ปัญหาที่นำมาเป็นตัวอย่างการคำนวณตามฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน เป็นตัวอย่างจากบทที่ 5 ซึ่งละเว้นการคำนวณค่าความหวานใหม่

(1) รวบรวมข้อมูลป้อนเข้าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณให้อยู่ในรูปแบบของตารางที่ 6.3 โดยละเว้นการพิจารณาจำนวนรถบรรทุกและปริมาณบรรทุกทั้งหมด และปริมาณกำลังการผลิตของโรงงานต่อวัน (CAP_t) กำหนดให้ปริมาณความต้องการอ้อยในแต่ละวันมีค่าเท่ากัน คือ 400 ตันต่อวัน

(2) ขั้นตอนที่ 1 หาค่า $CCS_{p,t}$ ที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.4 เมื่อพิจารณาจากค่า $CCS_{p,t}$ ที่มีค่าสูงที่สุด พบว่ามีหลายค่าที่มีค่าเท่ากัน ดังนั้น ต้องทำการคำนวณหาค่า DCCS ตามขั้นตอนย่อยของขั้นตอนที่ 1 ยกตัวอย่างเช่น

แปลงเพาะปลูกที่ 1 จะได้ $DCCS = CCS_{1,6} - CCS_{1,7} = 10-9 = 1$

สำหรับค่า DCCS ของแปลงเพาะปลูกอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 6.5

จากตารางที่ 6.5 พบว่า ค่า DCCS ของแปลงเพาะปลูกที่ 2 และ 4 มีค่าเป็นบวกสูงสุด แต่การพิจารณาจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย จะพิจารณาแปลงเพาะปลูกที่มีปริมาณมากที่สุดก่อน ซึ่งแปลงเพาะปลูกที่ 2 มีจำนวนอ้อยในแปลงเพาะปลูก เท่ากับ 400 ตัน ซึ่งมากกว่าแปลงเพาะปลูกที่ 4 ที่มีจำนวนอ้อยในแปลงเพาะปลูกเท่ากับ 300 ตัน ดังนั้น จึงจัดให้มีการเก็บเกี่ยวอ้อยในวันเก็บเกี่ยวอ้อยที่ 4 จากแปลงเพาะปลูกที่ 2 เป็นปริมาณ 400 ตัน

ตารางที่ 6.3 แสดงข้อมูลป้อนเข้าทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

แปลงเพาะปลูกที่	ปริมาณอ้อย (ตัน)	วันที่	ค่าความหวาน
1	200	1	7
		2	8
		3	9
		4	10
		5	9
2	400	1	8
		2	9
		3	10
		4	10
		5	8
3	600	1	9
		2	9
		3	10
		4	9
		5	8
4	300	1	10
		2	10
		3	8
		4	7
		5	6
5	200	1	9
		2	10
		3	9
		4	9
		5	8

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าความหวานของอ้อยในแต่ละวัน ($CCS_{p,t}$) ที่มีค่าสูงที่สุดของแต่ละแปลงเพาะปลูก

แปลงเพาะปลูกที่	ปริมาณอ้อย (ตัน)	วันที่	ค่าความหวาน
1	200	1	7
		2	8
		3	9
		4	**10**
		5	9
2	400	1	8
		2	9
		3	**10**
		4	**10**
		5	8
3	600	1	9
		2	9
		3	**10**
		4	9
		5	8
4	300	**1**	**10**
		2	**10**
		3	8
		4	7
		5	6
5	200	1	9
		2	**10**
		3	9
		4	9
		5	8

ตารางที่ 6.5 แสดงค่า DCCS ของแต่ละแปลงเพาะปลูก

แปลงเพาะปลูกที่	t	DCCS
1	4	1
2	3	1
	4	2
3	3	1
4	1	0
	2	2
5	2	1

(3) ทำการบันทึกค่า CCS ปริมาณอ้อยที่จะเก็บเกี่ยว และวันที่ทำการเก็บเกี่ยวอ้อย ($CCS_{2,4} = 10$)

(4) ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด ยกตัวอย่างสำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เมื่อมีการจัดให้มีการเก็บเกี่ยวอ้อยในวันเก็บเกี่ยวอ้อยที่ 4 สำหรับแปลงเพาะปลูกที่ 2 ดังนี้

$CANE_2 - CAP_4 = 400-400 = 0$ เป็นไปตามกรณีที่ 1 ดังนั้น ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

$CAP_4 = 0$

$CANE_2 = 0$

$CCS_{2,4} = 0$

บันทึก $QTY_{2,4} = CANE_2 = 400$ นั่นคือ ปริมาณอ้อย 400 ตัน ซึ่งจะทำการเก็บเกี่ยวจากแปลงเพาะปลูกที่ 2 โดยเก็บเกี่ยวและส่งเข้าโรงงานในวันที่ 4

(5) หาผลคูณของ $CCS_{p,t}$ และ $QTY_{p,t}$ ที่ได้จากข้อ 3 และข้อ 4 ตามลำดับ จะได้ว่า

$YIELD_{2,4} = CCS_{2,4} \times QTY_{2,4} = 10 \times 400 = 4{,}000$ หน่วย

(6) เมื่อทำการปรับปรุงค่าตามขั้นตอนที่ 2 แล้ว จะทำให้ค่า DCCS ในตารางที่ 6.5 มีค่าเปลี่ยนแปลงไป โดยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.6 ดังนั้น แปลงเพาะปลูกที่ 4 ในวันเก็บเกี่ยวที่ 2 ที่มีปริมาณอ้อย 300 ตัน จะถูกจัดลำดับให้มีการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นลำดับต่อไป ซึ่งจำนวนอ้อยที่จะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยสามารถทำการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ทั้งหมด ซึ่งไม่ฝ่าฝืนปริมาณความต้องการตามกำลังการผลิตของโรงงาน 400 ตันต่อวัน

ตารางที่ 6.6 แสดงค่า DCCS ของแต่ละแปลงเพาะปลูกที่เหลืออยู่หลังจากที่ได้ทำการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยให้กับแปลงเพาะปลูกที่ 2 ของวันเก็บเกี่ยวที่ 4 แล้ว

แปลงเพาะปลูกที่	t	DCCS
1	4	1
2	3	1
3	3	1
4	1	0
	2	2
5	2	1

(7) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 – ขั้นตอนที่ 5 จนกระทั่ง CAP_t หรือ $CANE_p$ ค่าใดค่าหนึ่งเป็น 0 ทุกคอมบิเนชั่น

2.6.3 ขั้นตอนที่ 4 การแสดงผลลัพธ์การคำนวณของฮิวริสติกอัลกอริทึมค่าขอบเขตบน ประกอบด้วย

(1) ผลผลิตน้ำตาลรวม = $\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} YIELD_{p,t}$

= $10 \times (300+100+400+400) + 9 \times (200+100+200)$ = 16,500 หน่วย

(2) ลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ปริมาณอ้อยและค่าความหวานที่ได้จากแต่ละแปลงเพาะปลูกที่ถูกคัดเลือกให้มีการเก็บเกี่ยว โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ วันเก็บเกี่ยว หมายเลขแปลงเพาะปลูก ปริมาณอ้อยที่จะทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงเพาะปลูก และค่าความหวานที่ได้ ซึ่งจากตัวอย่างโจทย์ที่กำหนดขึ้น สามารถแสดงผลลัพธ์ของลำดับการเก็บเกี่ยวได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 แสดงลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยของแต่ละแปลง

วันเก็บเกี่ยวที่	แปลงเพาะปลูกที่	ปริมาณอ้อย (ตัน)	ค่าความหวานที่ได้
1	3	200	9
	5	100	9
2	4	300	10
	5	100	10
3	3	400	10
4	2	400	10
5	1	200	9
รวม	-	1,700	-