



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การพัฒนาระบบการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยสำหรับการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อย

The selecting sugar cane plantation development system for harvesting by considering the accessing to the sugar cane plantation

นพธาดา ไชยบัง และ กาญจนา เศรษฐนันท์*

NoptadaChaibung and Kanchana Sethanan*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002

Received April 2012

Accepted September 2012

บทคัดย่อ

การคัดเลือกแปลงเพาะปลูกสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยมีการบริหารจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรส่งผลให้เกษตรกรและโรงงานต้องแบกรับต้นทุนและได้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยแปลงต่างๆ ในพื้นที่เป็นปัญหามหาศาลที่มีความซับซ้อนในการบริหารจัดการเพื่อการเก็บเกี่ยวให้มีสอดคล้องกับปริมาณความต้องการโรงงานที่ต้องการอ้อยและได้ค่าความหวานและปริมาณจากอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมมากขึ้น หากคัดเลือกแปลงอ้อยสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งให้โรงงานได้ไม่ดีพอจะทำให้ค่าตอบแทนของเกษตรกรเจ้าของอ้อยได้ไม่คุ้มค่าและโรงงานก็จะได้ค่าความหวานที่น้อยกว่าที่ควรจะได้ทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมน้อยไปด้วย โดยปัญหาการคัดเลือกแปลงอ้อยในปัจจุบันไม่มีวิธีแน่นอนทำให้ค่าความหวานและปริมาณสำหรับการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสมที่ทำให้เพิ่มผลผลิตน้ำตาลมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นประเด็นสำคัญให้ทำการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้การวางแผนการเก็บเกี่ยวมีประสิทธิภาพให้สอดคล้องกับความต้องการดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากการวางแผนเก็บเกี่ยวที่สูงที่สุด ซึ่งพิจารณาเงื่อนไข ปริมาณอ้อย ค่าความหวานจากอ้อย กำลังผลิตของโรงงาน ปริมาณอ้อยที่เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้รวมถึงการเข้าถึงได้ของพื้นที่แปลงอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยว ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์อัลกอริทึมในการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยสำหรับการเก็บเกี่ยวขึ้นมา ซึ่งในการศึกษาได้ออกแบบการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฮิวริสติกส์งานวิจัยอ้างอิงโดยใช้ค่าร้อยละความแตกต่างของทั้ง 2 เปรียบเทียบ โดยพิจารณา 2 ปัจจัยหลัก คือปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยและปัจจัยจำนวนช่วงเวลาวางแผนเก็บเกี่ยว โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ ทำการทดลอง 10 ครั้งจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติด้วยการทดลอง 22 แฟคทอเรียล โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0 ความแตกต่างของฮิวริสติกส์อัลกอริทึมการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยกับฮิวริสติกส์งานวิจัยอ้างอิงจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.086 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.578 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 9.093 ซึ่งปัจจัยที่ผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลตอบสนองคือ ปัจจัยจำนวนแปลงอ้อยและปัจจัยจำนวนช่วงเวลาวางแผนเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากค่านัยสำคัญ P-Value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งเมื่อพิจารณารวมทั้ง 2 ปัจจัยข้างต้นจะได้ว่าไม่มีผลกระทบต่อร้อยละความแตกต่างของฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

คำสำคัญ: การคัดเลือกแปลงเพาะปลูก การเข้าถึงได้ของพื้นที่ ค่าความหวานอ้อย ฮิวริสติกส์อัลกอริทึม

*Corresponding Author. Tel.: +66 9416 2387

Email address: recanavano@gmail.com

Abstract

The selecting plantation for harvesting sugar cane was managed ineffectively. It affected to agriculturists and the industries to bear the cost of production and getting yield which are not as good as it should. Selecting sugar cane plantation for harvesting inside the area is the big complex problem. It has to be related with the amount of the industry's demand, cane sugar value and the quantity from sugar cane harvested which can gain the yield of sugar. If the selecting plantation for harvesting sugar cane and the sending yield to the industry are not good enough, the agriculturists, sugar cane's owners will not get the compensation good enough. In addition, the industries will be able to get less sweetness and less sugar yield. The selecting plantation problem in nowadays still does not have the certain solution. This affects to the cane sugar and the quantity to be inappropriate. Consequently, it is the important point in developing the decision support system of selecting sugar cane plantation. It will help about planning for harvesting efficiently. The purposes are to get high yield of sugar from harvest planning by considering the conditions, the quantity of sugar cane, cane sugar value, capacity of factory and accessing to the sugar cane plantation area. Therefore, this research is about to develop heuristic algorithm method of selecting sugar cane plantation by designing the experiment to estimate the different percentage of 2 main factors. These 2 main factors are the plantation number and the period of harvest planning. In each factor can be divided into 2 levels by testing 10 times and then testing 2nd Factorial Design using SPSS program, 17.0 version to analyze the statistical result. The differences between the heuristic algorithm of selecting sugar cane plantation and the heuristic of reference research will have the average equal to 6.086 percent, the lowest value is equal to 3.578 and the highest value is equal to 9.093. The factors that can affect significantly to the response are the plantation number and the period of harvest sugar cane planning in the confidence level of 95 percent because the significant P-Value is less than 0.05 and it can affect to the different percentages of heuristic algorithm and the heuristic of reference research.

Keywords: Selecting plantation, Accessing to the area, Cane sugar value, Heuristic algorithm

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย ก่อให้เกิดรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ที่เกี่ยวข้องในประเทศอย่างมากมายและจากข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยได้มีการส่งออกของน้ำตาลและผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับน้ำตาลไปยังต่างประเทศมีมูลค่าการส่งออกสูงถึงมูลค่า 54,748 ล้านบาท [1]

ในสภาวะปัจจุบันของธุรกิจที่เกิดขึ้นจากคู่แข่งกันต่างๆ ในด้านการส่งออกน้ำตาลจากประเทศอื่นๆ ทำให้ไทยจำเป็นต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้ทัดเทียมหรือมากกว่าคู่แข่งอื่นๆ ดังนั้นการลดต้นทุนหรือเพิ่มประสิทธิภาพจึงเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สามารถเพิ่มศักยภาพของ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยได้ โดยห่วงโซ่อุปทานของไทยในเรื่องของโลจิสติกส์ (Logistics) ที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆ โดยเฉพาะโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound logistics) ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน เป็นต้น ล้วนแต่มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตโดยตรง [2] การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดต้นทุนบริหารจัดการโดยรวมต่ำที่สุด ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญและพบว่ามีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพน้อยทำให้เกิดต้นทุนต่างๆ ตามมามากมาย คือ ขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยเฉพาะในส่วนการการบริหารจัดการเรื่องของการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยและจัดตารางการเก็บเกี่ยวส่งอ้อยเข้าโรงงาน นั้นเป็นขั้นตอนที่มีปัญหามากที่สุดกระบวนการหนึ่ง

เมื่อใกล้จะถึงฤดูเปิดหีบอ้อยทางโรงงานน้ำตาล จะวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรเพื่อให้ส่งอ้อยมายังโรงงานผลิต โดยการกระบวนการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยจะมีการวางแผนที่ไม่แน่นอน ซึ่งขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยกำลังการผลิต ปัจจัยค่าความหวานอ้อยและปัจจัยด้านกลยุทธ์ของทางโรงงาน โดยปัจจัยค่าความหวานของอ้อยนี้จะมีผลอย่างมากโดยตรงต่อรายได้ของเกษตรกร เพราะการคิดค่าผลตอบแทนสำหรับอ้อยแก่เกษตรกรในปัจจุบันจะพิจารณาค่าความหวานอ้อย (Commercial cane sugar: CCS) ที่เกษตรกรนำส่งให้โรงงาน หากว่าโรงงานคัดเลือกแปลงอ้อยและจัดลำดับการส่งอ้อยไม่ดีจะส่งผลให้ค่าความหวานที่เกษตรกรนำมาส่งนั้นน้อยทำให้ชาวไร่ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงโรงงานจะได้อ้อยที่มีค่าความหวานน้อยทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้มีปริมาณน้อย ทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงมากขึ้น

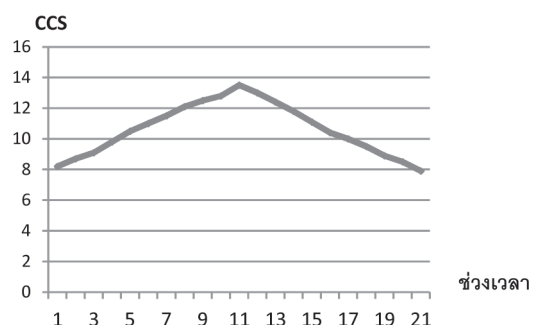
ปัญหาดังกล่าวนี้ส่งผลต่อความสอดคล้องของอ้อยที่เกษตรกรและโรงงานต้องการ โดยหากการเก็บเกี่ยวอ้อยในปริมาณที่มากเกินไปจะเกิดอ้อยที่เหลือค้างไว้ ซึ่งเมื่อระยะเวลารอคอยนาน จะทำให้ค่าความหวานของอ้อยมีค่าลดลง [3] และจากปัญหาข้างต้นดังที่ได้กล่าวมาได้มีงานที่ได้ทำการศึกษาปัญหาการคัดเลือกและจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อให้ได้ค่าความหวานและปริมาณสอดคล้องให้เหมาะสมกับความต้องการที่เกิดขึ้น [4] ซึ่งมีข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่ได้พิจารณาถึงการเข้าถึงได้ของพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยทำให้อาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของการนำวิธีการดังกล่าวไปใช้งาน ซึ่งในความเป็นจริง เนื่องจากข้อจำกัดในด้านปัจจัยต่างๆ ทำให้แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ถูกคัดเลือกในช่วงเวลานั้นๆ อาจเกิดปัญหาไม่สามารถนำแรงงานเก็บเกี่ยวเข้าไปทำการเก็บเกี่ยวอ้อยได้เนื่องจากการเข้าถึงพื้นที่ไม่สามารถทำได้ในช่วงเวลานั้นๆ อาจเกิดจากมีแปลงเพาะปลูกอื่นขวางได้ หรือ มีปัญหาเรื่องสภาพพื้นที่ที่ไม่พร้อมต่างๆ ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวในลักษณะอย่างนั้นได้ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของระบบและไม่สามารถสนองตอบต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย เป็นงานวิจัยที่ทำการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวโดยมีวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดและเงื่อนไข รวมถึงวิธีการหรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถนำไปสร้างแนวทางหรือประยุกต์กับปัญหาที่สนใจในงานวิจัย

นี้ได้ ตัวอย่างงานวิจัยด้านการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อย ได้แก่ การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มที่มีลักษณะปัญหาเป็นแบบ Generalized assignment problem ในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวอ้อย ช่วงเวลาว่างรอบของการเพาะปลูกและช่วงเวลาที่จะไถกลับแปลงปลูกสำหรับเขตพื้นที่การเพาะปลูกอ้อย โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลตอบแทนรวมสูงสุดในช่วงการวางแผนการเพาะปลูกเป็นเวลาหลายปี มีข้อจำกัดในด้านการกำหนดพื้นที่ ความเสมอภาค การหีบอ้อย และปริมาณการขนส่ง [5] การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์จากระบบ Linear regression เพื่อใช้ในการเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของโรงงาน และอัตราการเก็บเกี่ยวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ [6] และการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์นี้มาทำการพัฒนาเป็นคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer software) ชื่อว่า SugarMax เพื่อใช้ในการจัดตารางการเก็บเกี่ยว โดยให้ผลลัพธ์เป็นสัดส่วนของปริมาณอ้อยที่จะเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบและแต่ละพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งทำให้ผู้เพาะปลูกสามารถติดตามแนวโน้มของค่าความหวานที่ได้จากการเก็บเกี่ยวอ้อย [7] จากงานวิจัยที่เกิดขึ้นพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่พิจารณาปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยและการจัดตารางสำหรับการเก็บเกี่ยวโดยพิจารณาในเงื่อนไขของการเข้าถึงได้ของพื้นที่ในการเก็บเกี่ยว ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหที่เกิดขึ้น โดยในหัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงลักษณะของปัญหา หัวข้อที่ 3 จะกล่าวถึงการพัฒนาวิธีการที่นำเสนอ สำหรับหัวข้อที่ 4 และ 5 จะเป็นการออกแบบการทดลองและสรุปผลการทดลองที่ได้

2. ลักษณะของปัญหา

จากการศึกษาขั้นต้นพบว่าค่าความหวานอ้อย (CCS) จะเพิ่มขึ้นของค่าความหวานไปเรื่อยๆ จนถึงค่าสูงสุดแล้วค่าความหวานจึงค่อยๆ ลดมา (ดังแสดงในรูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงลักษณะค่าความหวานอ้อย

เนื่องจากในกรณีศึกษาลักษณะการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นขั้นตอนก่อนหน้าที่จะเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณแปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวนมากที่ต้องทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อส่งเข้าโรงงานในฤดูการเปิดหีบอ้อย ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำการตัดสินใจว่าต้องทำการเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยเพื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อย และกำหนดปริมาณอ้อยของแปลงนั้นที่ต้องส่งเข้าโรงงานแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้เนื่องจากหากมีการคัดเลือกที่ไม่มีประสิทธิภาพอาจทำให้อ้อยที่ได้มีค่าความหวานไม่ต่ำเท่าที่ควรทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้จากค่าความหวานที่สูญเสียไป รวมไปถึงโรงงานได้อ้อยที่ไม่มีคุณภาพค่าความหวานที่เหมาะสมอีกด้วยและการคัดเลือกแปลงอ้อยก็ไม่ได้พิจารณาถึงข้อจำกัดเรื่องการเข้าถึงพื้นที่ในการเก็บเกี่ยวทำให้เวลาเก็บเกี่ยวจริงไม่สามารถทำได้ตามแผนที่กำหนดขึ้น

3. การพัฒนาวิธีสถิติ

จากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเพื่อตอบสนองต่อการแก้ไขปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยสำหรับการเก็บเกี่ยวจึงได้พัฒนาวิธีทางวิธีสถิติเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมีสมมติฐานของปัญหาที่ดังนี้

3.1 สมมติฐานของปัญหา

- (1) ค่าความหวานของอ้อยไม่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเข้าสู่วัฏจักรการผลิ
- (2) ค่าความหวานของอ้อยในแต่ละแปลงเพาะปลูกมีค่าเท่ากันอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง
- (3) อ้อยที่ถูกจัดลำดับให้มีการเก็บเกี่ยวจากแต่ละแปลงเพาะปลูกในแต่ละช่วงเวลา จะคำนึงถึงสภาวะปัญหาน้ำท่วม หรือสภาพแปลงที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้
- (4) ปริมาณรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานมีจำนวนเพียงพอต่อความต้องการ
- (5) ปริมาณอ้อยที่กำหนดให้แต่ละแปลงเก็บเกี่ยวจะคำนึงถึงปริมาณการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงค่าความหวาน

3.2 สัญลักษณ์ ตัวแปรในการพัฒนาวิธีสถิติ

p	แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ $p; p = 1, 2, \dots, P$
t	ช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ $t; t = 1, 2, \dots, T$
P	จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยทั้งหมดที่พิจารณา
T	จำนวนช่วงเวลาเก็บเกี่ยวทั้งหมดที่พิจารณา

$CCS_{p,t}$	ค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p , ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t
$CANE_p$	ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p
CAP_t	กำลังการผลิตของโรงงานในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t
CUT_p	ปริมาณแปลงเพาะปลูกอ้อย p ที่สามารถเก็บเกี่ยวได้สูงสุดต่อช่วงเวลา t
$ICCS_t$	ค่าผลต่างระหว่างค่า $CCS_{p,t}$ สูงสุดที่กับค่า CCS_p ของแปลง p ในช่วงเวลา t ที่พิจารณา
$N I_t$	จำนวนทั้งหมดของค่า $ICCS_t$ โดยที่ $ICCS_t = \text{Min}(ICCS_p)$ ในช่วงเวลา t ที่พิจารณา
K_p	ค่าของช่วงเวลา t ที่ทำให้ อ้อยแปลง p นั้นมีค่า $CCS_{p,t}$ สูงสุด
$nK_{p,t}$	จำนวนทั้งหมดของค่า K_p โดยที่ $K_p = \text{Min}(K_p)$ ในช่วงเวลา t ที่พิจารณา
B_p	ค่าผลต่างระหว่างปริมาณอ้อยแปลง p ที่มีกับปริมาณการเก็บเกี่ยวสูงสุด
H_p	ปริมาณอ้อยแปลง p ที่สามารถเก็บเกี่ยวจริงในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t
W_{ij}	ค่าบ่งชี้ว่าแปลง i ต้องรอแปลง j ถูกตัดจนหมดจึงสามารถเข้าถึงได้โดยที่แปลง j คือ แปลงรอบนอกที่อยู่ติดกับแปลง i และขวางทางไม่ไห้สามารถเข้าถึงแปลง i ได้
$A_i = \begin{cases} \text{ถ้า } A_i = 0 ; \text{แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ } p \text{ ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันที} \\ \text{ถ้า } A_i = 1 ; \text{แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ } p \text{ สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันที} \\ \text{ถ้า } A_i = 2 ; \text{แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ } p \text{ ที่ถูกเก็บเกี่ยวหมดแล้ว} \end{cases}$	
$QTY_{p,t}$	ปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ที่ทำการส่งอ้อยเข้าโรงงานในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t
$YIELD_{p,t}$	ผลผลิตน้ำตาลที่ได้ หากจากผลคูณของค่า CCS ของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t กับปริมาณอ้อยของแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ p ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวที่ t

3.3 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิธีสถิติ

ขั้นตอนที่ 1 ป้อนข้อมูล $CCS_{p,t}$, CAP_t , $CANE_p$, CUT_p , W_{ij} และ A_i
 ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาแปลงที่มีค่า $A_i = 1$ ที่ค่า $K_p = \text{Min}(K_p)$
 ขั้นตอนที่ 2.1 กรณีที่มีแปลงที่มีวันที่มีค่า $CCS_{p,t}$ สูงที่สุด

ที่สุดใกล้ช่วงเวลาที่พิจารณาต่ำที่สุดช่วงเวลาเดียวกันมากกว่า 1 แปลง ให้หาค่า

$$ICCSt = \max CCS_{p,t} - CCS_{p,1} \quad (1)$$

ทำการเลือกค่า $CCS_{p,1}$ ที่ให้ค่า $ICCS$ เป็นบวกน้อยสุด

ขั้นตอนที่ 2.2 กรณีที่ค่า $ICCS$ เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้หาค่า $CANE_p$ และเปรียบเทียบค่า $CANE_p$ เลือกค่า $CANE_p$ ที่มีค่าสูงสุด

ขั้นตอนที่ 2.3 กรณีที่ค่า $CANE_p$ เป็นบวกสูงสุดมีมากกว่า 1 ค่า ให้เลือกค่าใดค่าหนึ่งก็ได้

ขั้นตอนที่ 2.4 บันทึก $CCS_{p,1}$

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นก็คำนวณหาค่า B , H ดังนี้

ขั้นตอนที่ 3.1 กรณี $CANE_p > CUT_p$

$$B_p = CANE_p - CUT_p \quad (2)$$

$$H_p = CUT_p \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 3.2 กรณี $CANE_p \leq CUT_p$

$$B_p = 0 \quad (4)$$

$$H_p = CANE_p \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 4 อัปเดต $CANE_p$, CAP_t , CUT_p และค่า $CCS_{p,t}$ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 4.1 กรณีที่ $H_p - CAP_t > 0$

$$CANE_p = H_p + B_p \quad (6)$$

$$QTY_{p,t} = QTY_{p,t} + CAP_t \quad (7)$$

$$CAP_t = 0 \quad (8)$$

บันทึก $QTY_{p,t}$

ขั้นตอนที่ 4.2 กรณีที่ $H_p - CAP_t < 0$

$$QTY_{p,t} = QTY_{p,t} + H_p \quad (9)$$

$$CANE_p = B_p \quad (10)$$

$$CAP_t = (H_p - CAP_t) \times (-1) \quad (11)$$

บันทึก $QTY_{p,t}$

ขั้นตอนที่ 5 อัปเดต (Update) ค่า $CCS_{p,t}$, $\sum_{j=1}^P W_{ij}$

และค่า A_i ดังนี้

ขั้นตอนที่ 5.1 กรณีที่ $CANE_p = 0$

$$\sum_{p=1}^P CCS_{p,t} = 0 \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^P W_{ij} = \sum_{j=1}^P W_{ij} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^P W_{ij} = 0 ; \forall j \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^P W_{ij} = 0 ; \forall i \quad (15)$$

$$A_i = 2 \quad (16)$$

$$\text{ขั้นตอนที่ 5.2 กรณี } \sum_{j=1}^P W_{ij} \leq \sum_{j=1}^P W_{ij} \quad (17)$$

$$A_i = 1 \quad (18)$$

ขั้นตอนที่ 5.3 กรณีที่ $CAP_t = 0$

$$\sum_{t=1}^T CCS_{p,t} = 0 \quad (18)$$

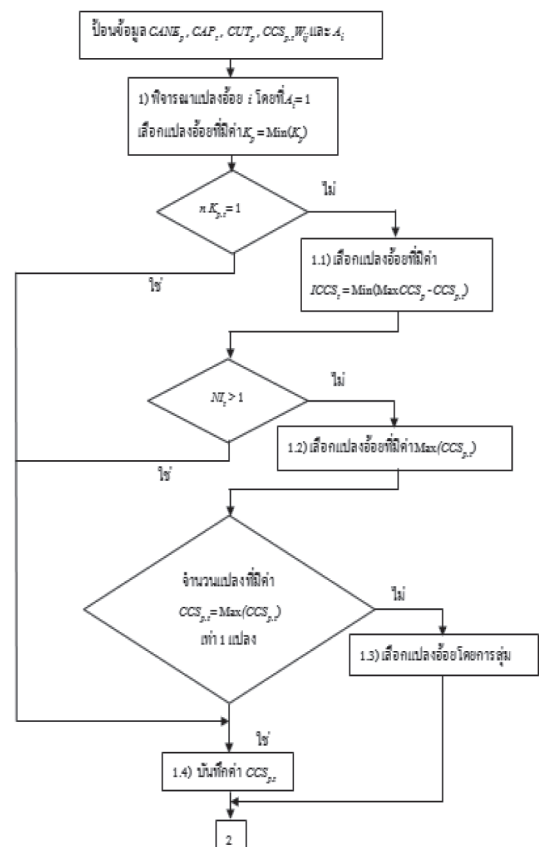
ขั้นตอนที่ 6 หาผลคูณของ $CCS_{p,t}$ และ $QTY_{p,t}$ ที่ได้ดังนี้

$$YIELD_{p,t} = CCS_{p,t} \times QTY_{p,t} \quad (19)$$

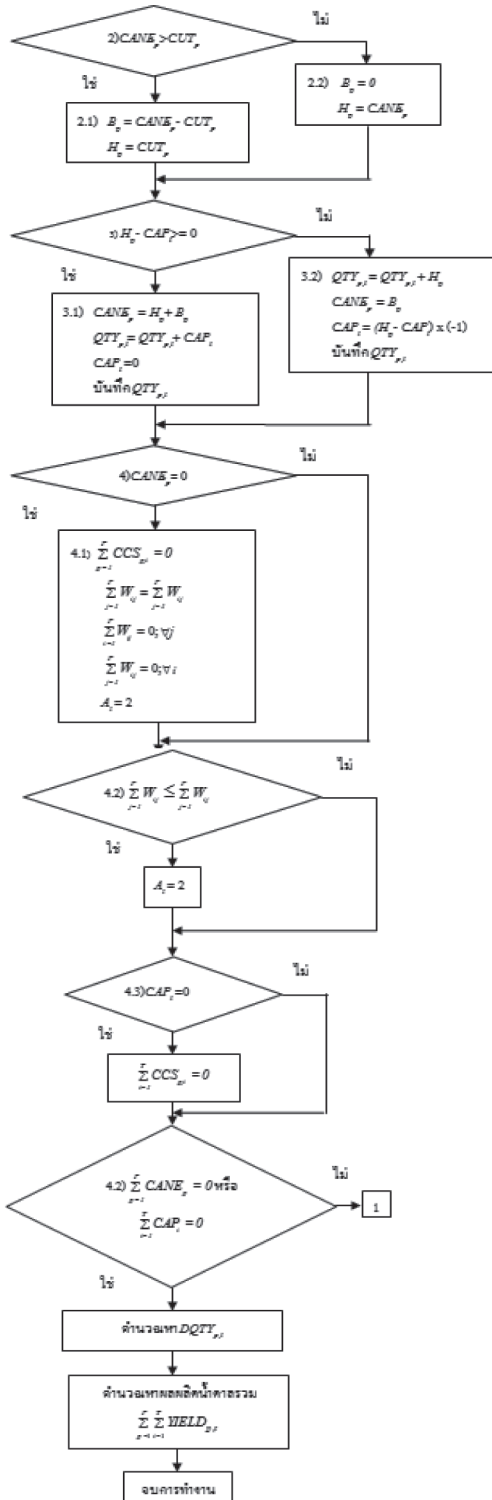
ขั้นตอนที่ 7 ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 – 6 โดยพิจารณาช่วงเวลาถัดไปเรื่อยๆจนกระทั่ง CAP_t หรือ $CANE_p$ ค่าใดค่าหนึ่งเป็น 0 ทุกคอมบินเนชัน

ขั้นตอนที่ 8 การแสดงผลลัพธ์การคำนวณของอีวิริสติกส์อัลกอริทึม

$$\text{ผลผลิตน้ำตาลรวม} = \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T YIELD_{p,t} \quad (20)$$



รูปที่ 2 แผนผังวิธีอีวิริสติกส์



รูปที่ 2 แผนผังวิธีอีวีสติกส์ (ต่อ)

4. ตัวอย่างผลเฉลยที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยอีวีสติกส์ที่ถูกพัฒนาขึ้น

จากอีวีสติกส์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อนำไปคัดเลือกแปลงอ้อยและจัดลำดับเก็บเกี่ยวเมื่อนำไปแก้ปัญหา คือสภาพพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อยจำนวน 15 แปลงดังรูปที่ 3 โดยจะสามารถแสดงผลการค้นหาคำตอบได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

2	3	4	
5	1	6	9
7	8		
10	11	12	
13	14	15	

รูปที่ 3 สภาพพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างคำตอบที่ได้จากอีวีสติกส์

ช่วงเวลา	ลำดับ	แปลง	CCS	ขนาด	Yield
1	1	2	9.6	120	1152
	2	5	6.4	120	768
	3	7	5.3	120	636
	4	13	5.2	90	468
2	5	2	10.7	120	1284
	6	5	7.7	120	924
	7	7	6.3	90	567
	8	13	6.4	120	768

5. การประเมินประสิทธิภาพของอีวีสติกส์

การประเมินประสิทธิภาพของอีวีสติกส์ที่สร้างขึ้นจะทำการเปรียบเทียบอีวีสติกส์ของงานวิจัยก่อนหน้านี้สำหรับปัญหาการคัดเลือกและจัดตารางการเก็บเกี่ยวอ้อยให้มีค่าความหวานและปริมาณเหมาะสมต่อความต้องการ [4] ที่ไม่ได้พิจารณาในเงื่อนไขของการเข้าถึงได้ของพื้นที่เก็บเกี่ยว ซึ่งมีปัจจัย A หรือจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยและปัจจัย B ช่วงเวลาวางแผนเก็บเกี่ยว โดยจะทำการเปรียบเทียบตอบสนองคือ ผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากอีวีสติกส์ที่พัฒนาขึ้นมากับงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อดูว่าเมื่อพิจารณาโดยมีเงื่อนไขการพิจารณาการเข้าถึงได้ของพื้นที่จะทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่เกิดการสูญเสียไปเท่าไร เมื่อพิจารณาเงื่อนไขการเข้าถึงได้ของพื้นที่เพื่อทำให้แนวทางวิธีการเก็บเกี่ยวสอดคล้องกับปัญหาจริงที่เกิดขึ้น

5.1 การออกแบบการทดลอง

การประเมินประสิทธิภาพอิทธิพลของอิทธิพลที่สร้างขึ้นจะทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า โดยผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง 2ⁿ Factorial Design ซึ่งจะพิจารณาปัจจัยต่างๆ โดยมีค่าแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลอง 4 กรณี

คอม บินชั้น	จำนวน ซ้ำ	ปัจจัย A		ปัจจัย B	
		LOW 30	HIGH 60	LOW 60	HIGH 90
1	10	✓		✓	
2	10	✓			✓
3	10		✓	✓	
4	10		✓		✓

หลังจากการใช้อิทธิพลในการค้นหาผลผลิตน้ำตาลรวมซึ่งผลที่ได้จะสามารถแสดงผลที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากอิทธิพลงานวิจัยอ้างอิง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากอิทธิพลที่พัฒนาขึ้นกับอิทธิพลงานวิจัยอ้างอิง

การ ทดลองซ้ำ ที่	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวม			
	ปัจจัย A (High)		ปัจจัย A (Low)	
	ปัจจัย B (High)	ปัจจัย B (Low)	ปัจจัย B (High)	ปัจจัย B (Low)
1	6.365	9.828	3.160	6.472
3	8.189	9.073	3.331	5.410
7	5.292	10.212	3.074	4.800
9	5.732	9.685	4.146	4.837
10	4.116	8.601	4.092	5.317

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวมของปัญหาการคัดเลือกแปลงเพาะปลูกสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยที่ได้จากวิธีอิทธิพลอิทธิพลที่พัฒนาขึ้นกับอิทธิพลงานวิจัยอ้างอิงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.086 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.578 และค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 9.093 โดยเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance;

ANOVA) และทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ด้วยวิธีทดสอบแบบ Lest-Significant different (LSD) พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตน้ำตาลรวมที่ได้จากวิธีอิทธิพลอิทธิพลที่พัฒนาขึ้นกับอิทธิพลงานวิจัยอ้างอิงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลการวิเคราะห์สถิติจะพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลผลิตน้ำตาลรวมที่เกิดขึ้น คือ ปัจจัย A หรือ จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยโดยมีค่า P- value ประมาณใกล้เคียงค่า 0.000 และ ปัจจัย B จำนวนช่วงเวลาวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยมีค่า P- value ประมาณใกล้เคียงค่า 0.000

การทดสอบการเปรียบเทียบแบบพหุคูณแสดงให้เห็นว่าระดับความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างผลผลิตน้ำตาลรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับต่ำของปัจจัย A หรือ จำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยจะมีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่ต่ำกว่าระดับสูง ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าปัจจัยจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่มีจำนวนน้อยจะเป็นระดับที่เหมาะสมที่ทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมมีค่าใกล้เคียงกับอิทธิพลงานวิจัยอ้างอิงมากขึ้น ซึ่งแสดงว่าอิทธิพลที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาคำตอบที่ให้ผลผลิตน้ำตาลรวมที่ดีตามไปด้วย ส่วนปัจจัย B หรือ จำนวนช่วงเวลาวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงจะมีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่ต่ำกว่าระดับต่ำ ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าปัจจัยจำนวนช่วงเวลาวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีจำนวนมากจะเป็นระดับที่เหมาะสมทำให้ผลผลิตน้ำตาลรวมมีค่าใกล้เคียงกับ อิทธิพลงานวิจัยอ้างอิงมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาคำตอบที่ให้ค่าผลผลิตน้ำตาลรวมดีขึ้น

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่ระดับต่ำ หรือจำนวนช่วงเวลาวางแผนเก็บเกี่ยวอ้อยที่ระดับสูงจะส่งผลให้อิทธิพลคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยที่พัฒนาขึ้นมามีประสิทธิภาพที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อจำนวนแปลงเพาะปลูกอ้อยที่มีจำนวนน้อยการค้นหาคำตอบของอิทธิพลจะมีตัวแปรที่น้อย ส่งผลให้ตัวเลือกในการค้นหาคำตอบน้อยจึงสามารถค้นหาคำตอบที่ดี ส่วนจำนวนช่วงเวลาวางแผนเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีจำนวนมากจะทำให้ตัวเลือก

ของคำตอบมาก ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นทำให้เวลาค้นหาเจอคำตอบที่ให้ผลผลิตน้ำตาลรวมมากทำให้สามารถเพิ่มค่าความหวานอ้อยที่เกษตรกรนำมาส่งให้โรงงานส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นและโรงงานผลิตได้รับอ้อยที่มีค่าความหวานสูงทำให้โรงงานผลิตน้ำตาลได้มากขึ้น จากผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้เพื่อคัดเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยสำหรับของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ ML SC535010

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Agricultural Economics. Exports Value of Agricultural Products 2008. Available from: URL: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=6731&filename=index.
- [2] Higgins A, Antony G, Sandell G, Davies I, Prestwidge D, Andrew BA framework for integrating a complex harvesting and transport system for sugar. production .Agricultural Systems. 2004; (82): 99-115.
- [3] Semenzato R. A simulation study of sugar cane harvesting. Agricultural Systems. 2004; (47): 427-437.
- [4] Taechasook P. Decision support system for sugar cane harvest in inbound logistics of mill region [MSc Thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2008. (In Thai).
- [5] Higgins AJ. Optimising cane supply decisions within a sugar mill region. Journal of Scheduling. 1999; (2): 229-244.
- [6] Daungmanee & Suwanasrai. An Optimal Scheduling for Agricultural Sugarcane for Factory Capacity. Journal of Industrial Engineer. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2004. (In Thai).
- [7] Jiao Z, Higgins AJ, Prestwidge DB. An integrated statistical and optimization approach to increasing sugar production within a mill region. Computers and electronics in agriculture. 2005; (48): 170-181.