อ้อยเป็นผลผลิตทางการเกษตรและเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในการเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดยขั้นตอนการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย หรือโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound logistics) ได้แก่ การเพาะปลูกอ้อย การเก็บเกี่ยว การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน และการรับซื้ออ้อยที่หน้าลานของโรงงาน ขั้นตอนเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรชาวไร่อ้อยโดยตรง ปัจจุบันการรับซื้ออ้อยเป็นการรับซื้ออ้อยตามคุณภาพอ้อย โดยราคาอ้อยที่เกษตรกรได้รับจะขึ้นอยู่กับค่าความหวานของอ้อย (Commercial cane sugar) อ้อยที่มีค่าความหวานมากก็จะทำให้ราคาอ้อยที่เกษตรกรจะได้รับมีราคาสูง โดยการเพาะปลูกอ้อยในช่วงเริ่มปลูกอ้อยจะมีความหวานต่ำและจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อเวลาผ่านไปอ้อยจะมีความหวานสูงสุด (อ้อยแก่เต็มที่) หากไม่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยในช่วงนี้ อ้อยจะเริ่มออกดอกและทำให้ค่าความหวานของอ้อยลดลง กระบวนการเก็บเกี่ยวในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ ทั้งระบบคิวเสรี คิวล็อค และคิวผสม ซึ่งปัญหาการจัดการหน้าลานในปัจจุบันนั้น โรงงานส่วนใหญ่ได้นำระบบคิวล็อคมาใช้ ซึ่งโรงงานจะเป็นผู้จัดสรรคิวการขนส่งอ้อยให้เกษตรกรที่ทำสัญญาต้นกับโรงงานให้ส่งอ้อยตามปริมาณที่กำหนดไว้ในคิว เพื่อช่วยให้ปริมาณอ้อยทั้งหมดที่เข้าสู่โรงงานในแต่ละวันสอดคล้องกับกำลังการผลิตและมีความต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงต้นหีบจนถึงปลายหีบ อย่างไรก็ตาม ระบบคิวรถบรรทุกจะเป็นการจัดสรรเฉพาะปริมาณอ้อยเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีการคำนึงถึงแปลงเพาะปลูกที่เหมาะสมเพื่อจะให้ได้ค่าความหวานของอ้อยสูง เกษตรกรบางรายได้รับใบคิวในการส่งอ้อยโดยที่ยังไม่มีความพร้อมของแปลงที่จะเก็บเกี่ยว อีกทั้งเกษตรกรภายในโควตาเดียวกันจะเป็นผู้ตัดสินใจคัดเลือกแปลงที่จะเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยตนเอง อาจเป็นไปตามความพึงพอใจหรือการใช้ประสบการณ์ที่จะคัดเลือกแปลงที่จะเก็บเกี่ยว ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากการขายอ้อยโดยเฉลี่ย (บาท/ตัน) ที่แตกต่างกัน

ดังนั้นเพื่อเป็นเชื่อมโยงระบบโลจิสติกส์ขาเข้าให้การเก็บเกี่ยวอ้อยมีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของอ้อย การวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงต่างๆ ของเกษตรกร เพื่อให้ได้ปริมาณอ้อยจากแปลงเพาะปลูกที่เหมาะสมในแต่ละโควตาเพื่อทำการขนส่งเข้าสู่โรงงานให้สอดคล้องกับคิวรถบรรทุกที่กำหนดขึ้น และอ้อยของแต่ละโควตาต้องมีค่าความหวานเฉลี่ยค่าใกล้เคียงกันและมีค่าความหวานอ้อยโดยรวมที่ได้มีค่าสูงสุด โดยทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็ก และพัฒนาอัลกอริทึมการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยการประยุกต์ใช้เมตะฮิวริสติก ซึ่งอัลกอริทึมแบ่งเป็น 2 phases (Two-phase algorithm) ใน Phase I จะเป็นการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อให้ค่าผลรวมน้ำตาล (Total Yield) จากทุกโควตามีค่าสูงที่สุด ซึ่งจากค่าความหวานรวมนี้สามารถหาค่าความหวานเฉลี่ยต่อตัน (Average maximum CCS: $AverageCCS_{max}$) ได้โดยนำปริมาณอ้อยที่ทำการเก็บเกี่ยวทั้งหมดและส่งเข้าสู่โรงงานไปหารค่า Total Yield ส่วนใน Phase II จะเป็นการพัฒนาอัลกอริทึมที่ทำให้ค่า CCS เฉลี่ยของแต่ละโควตามีค่าใกล้เคียงกับค่า CCS เฉลี่ยที่ได้จาก Phase I ($AverageCCS_{max}$) ให้มากที่สุด ซึ่งค่า $AverageCCS_{max}$ นี้จะถูกใช้เป็น Baseline เพื่อกำหนดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยของแปลงต่างๆ ของแต่ละโควตา และประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นด้วยการเปรียบเทียบกับขอบเขตบน (Upper bound) และออกแบบการทดลองเชิงแฟคตอเรียล เป็น 16 การทดลอง การทดลองละ 5 ซ้ำ ซึ่งปัจจัยที่สนใจในการทดลองมี 4 ปัจจัยคือ จำนวนวันเก็บเกี่ยวที่สนใจ ปริมาณความสม่ำเสมอในการส่งอ้อยเข้าโรงงาน จำนวนแปลงเพาะปลูกและจำนวนโควตา

จากการผลการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพของอัลกอรทึมเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตบนพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ค่าความหวานเฉลี่ย (Average CCS: AvgCCS) ต่างจากค่าขอบเขตบนเฉลี่ย 6.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง

ถือว่ามีค่าน้อย จึงกล่าวได้ว่าอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการหาค่าคำตอบที่ดี และโดยเฉลี่ยแล้ว Phase I Algorithm จะให้ค่าผลผลิตน้ำตาลรวมที่มากกว่า แต่จากการวิเคราะห์ค่าแปรปรวนพบว่ามีความแปรปรวนมากกว่า Phase II Algorithm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบ Phase I Algorithm ถึงแม้ให้ผลผลิตน้ำตาลรวมสูง แต่จะไม่ทำให้เกิดความเสมอภาคในแต่ละโควตา ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาการจัดลำดับการเก็บเกี่ยวแบบ Phase II Algorithm ที่แต่ละโควตาจะได้ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ยเท่าเทียมกัน จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าค่าความหวานเฉลี่ยที่ได้จากอัลกอริทึมทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความหวานน้ำตาลเฉลี่ย คือ จำนวนวันเก็บเกี่ยวอ้อย และจำนวนแปลงเพาะปลูก ซึ่งผลของการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานผลิตน้ำตาลทรายในการออกใบคิวตัดอ้อยแก่เกษตรกรตามโควตาต่างๆ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยต่อตันในการขายอ้อยให้กับโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้ระบบการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและมีความยั่งยืนต่อไป

Sugar cane is an agricultural produce and an important cash crop that plays a major role as a raw material for the sugar cane production and the sugar industry. The inbound logistics of sugar cane to the sugar mills involved planting of sugar cane, harvesting, transporting, and sugar cane purchasing at the mills' yards. It can be seen that sugar cane farmers are directly concerned with all of these steps. At present, the purchasing of sugar cane is based on the sugar cane quality. The prices offered to the farmers depend on the value of commercial cane sugar. The higher the commercial cane sugar the higher the price. At the beginning of the plantation, the commercial cane sugar is usually low. This value is increasing with time to its maximum (maximal maturity of sugar cane.) If the sugar cane is not harvested at this stage, it will start blooming, resulting in reduced sugary values. There are many methods used at present for harvesting, ranging from free queuing, locked queuing, and mixed queuing. Owing to the problem arising at the yards, most factories prefer to rely on the locked queuing system. The factory will allocate the queue to the farmer who has signed a contract with the factory. The farmer in turn transports his sugar cane according to the determined tons of weight stated in the contract. This allows the daily amount of sugar cane entering the factory to be in accordance with the production capacity and resulting in appropriate continuity from the beginning of juice extraction to the end. However, truck queuing is good for allocation of the amount of sugar cane only. There is no consideration made on proper plantation that yields high values of commercial cane sugar. Some farmers are allocated their queues for shipping sugar cane while they are still not prepared for any harvest. Moreover, the farmers under the same quota will decide for themselves which plantation is to be harvested. This relies on satisfaction or experience and results in differences in the average earnings per ton from selling the produce of many farmers.

Hence, in order to link the steps in the inbound logistics together so that harvesting of sugar cane is appropriate both in terms of quality and quantity, this research was conducted on the prioritization of harvesting in the farmers' plantations, with an aim to obtain suitable amount of sugar cane for each quota and so that the transportation is in line with the determined truck queuing. The sugar cane of each quota must have nearly similar values of cane sugar and the total cane sugar obtained must be optimal. A mathematical model was developed to solve small-scale problems. Then algorithms for prioritizing harvesting of sugar cane were built to solve medium- and large-scale problems through the meta-heuristic approach. The algorithms were divided into two phases. In the first phase, the algorithm was developed such that the total yield of sugar cane from all quotas is maximal. From this commercial cane sugar value, the average maximum CCS: AverageCCS_{max} could be calculated by dividing the total yield with the total harvested sugar cane for the factory. Phase II involved development of the algorithm that made the average CCS of each quota closest to Phase I's average CCS_{max}. This averageCCS_{max} was applied as the baseline for prioritizing harvesting of sugar cane form each quota's plantation. Then the efficiency of the developed algorithm was evaluated by comparing with the upper bound. The factorial experimentation was

designed in 16 experiments with 5 replications for each experiment. Four interesting factors were accented in the experiments, namely, harvesting days, consistency of the amount of sugar cane transported to the factory, number of plantations, and number of quotas.

From the experiments, the efficiency of algorithms compared to the upper bound indicated the different percentage of the average commercial cane sugar (Average CCS: AvgCCS) from the value of the upper bound at 6.52 per cent. This was considered low. Therefore, it can be said that the algorithms developed are efficient in yielding good answers. On average, Phase I algorithm gave a higher total yield of sugar. However, the fluctuation analysis shows that fluctuation value was higher than Phase II algorithm. This shows that even though the prioritization of harvesting by Phase I algorithm yielded a high total sugar, there is no equality among the quotas. Thus, prioritization of harvesting by Phase II algorithm should be developed so that each quota yields equal average sugar value. The statistical analysis reveals that the average cane sugar values obtained from the two algorithms were not different. Moreover, the statistics showed that the factors affecting the different average percentage of commercial cane sugar were the number of harvesting days and the number of plantations. The results of this study are useful for sugar factories in their issuing of sugar cane harvesting queues for farmers under different quotas. As a result, the system of sugar cane production and sugar production of the country will be more efficient and sustainable.