แบบจำลองทางเลือกเชิงพื้นที่สำหรับหาที่ตั้งเหมาะสมของโรงงานน้ำตาลเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อย กรณีศึกษา จังหวัดมุกดาหาร

Spatial Alternative Model Designed to Locate a Proper Sugar Mill to Reduce Sugar Cane Transportation Cost: A Case Study in Mukdahan Province, Thailand

ปฏิวัติ ฤทธิเดช[1]

Patiwat Littidej[1]

Received: 2 June 2015; Accepted: 14 September 2015

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการจัดการการขนส่งอ้อยในประเทศไทยนั้นจะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจที่ไม่มีกฎเกณฑ์และไม่เป็นระบบ ด้วยเหตุนี้ทำให้ประสิทธิภาพในการขนส่งค่อนข้างต่ำและมีการสูญเสียต้นทุนในการขนส่งเป็นจำนวนมากโดยไม่จำเป็น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายและการโปรแกรมเชิงเส้นตรงเพื่อจัดการการขนส่งอ้อยที่เหมาะสมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 1) สร้างชั้นข้อมูลแปลงอ้อย (.shp) ที่เป็นรูปปิดในระดับรายแปลงด้วยวิธีการนำเข้าจากภาพดาวเทียม Landsat 7 ETM+ แล้วนำมาแปลงเป็นชั้นข้อมูลจุดเพื่อนำมาจุดศูนย์กลางของพักอ้อยเพื่อลดจำนวนของตัวแปรของแปลงอ้อยในแต่ละตำบลด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยจุดศูนย์กลาง และกำหนดเป็นจุดเริ่มต้นของการขนส่งอ้อยในการวิเคราะห์โครงข่าย 2) หาตำแหน่งทางเลือกของโรงงานน้ำตาลจากการถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่จากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและพิกัดภูมิศาสตร์ของแปลงอ้อยซึ่งจะกำหนดเป็นจุดตั้งโรงงานน้ำตาล 3) การหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงอ้อยของแต่ละตำบลไปยังโรงงานน้ำตาลด้วยวิธี O-D Cost Matrix จากนั้นใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming, LP) เพื่อจัดสรรปริมาณการขนส่งอ้อยให้เส้นทางที่สั้นที่สุด รูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข่ายและการโปรแกรมเชิงเส้นตรงนั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการอื่นที่คิดอย่างไม่เป็นระบบ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากกระบวนการตรวจสอบสมมุติฐานของการศึกษา

คำสำคัญ: อ้อยและโรงงานน้ำตาล เมทริกซ์ค่าใช้จ่าย การวิเคราะห์โครงข่าย การโปรแกรมเชิงเส้นตรง

Abstract

Currently, sugarcane transportation management in Thailand relies only on arbitrary and unsystematic decisions. This can lead to low efficiency and great loss in transportation cost. The purpose of the study is to apply Network Analysis (NA) and Linear Programming (LP) to perform transportation management of sugarcane produced in the northeast region of Thailand.

The process of the study is 1) to create the shape data (.shp) of sugar cane plots derived from satellite Landsat 7 ETM+. Their polygons were converted to point layer used to reduce a number of variables in each sub district using mean center approach. 2) To find an alternative sugar mill location from weighting on each land use type with geographic coordinates of sugar plots. Their points defined as destination point of the sugar mill in network analysis. 3) Finding the shortest distance to transport sugar cane from plots of each sub district to the sugar cane way O-D Cost Matrix then use linear programming (LP) to allocate transportation quantity of sugar cane to the shortest path. The result showed that the suitable areas for sugar factory is located in miscellaneous area of Nasok sub district.

---

[1] *อาจารย์, หลักสูตรภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม*

[1] *Lecturer, School of Geo-informatics, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.*

* *Corresponding author; Patiwat Littidej, School of Geo-informatics, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, patiwat_noof@hotmail.com.*

The optimized transportation pattern resulted from using NA and LP provides better results compared to any unsystematic methods. This can be confirmed in an example of hypothesis evaluation.

Keywords: Sugar cane and mill, O-D cost matrix, Network analysis, Linear programming (LP)

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศ เป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของเกษตรกร[1] อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ[2] ปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นปลูกอ้อยจำนวนมากและมีโรงงานน้ำตาล 16 โรงงาน[3] และมีการแทรกแซงการจัดโควตาการขนส่งอ้อยทำให้เกิดการขนส่งอ้อยที่ไกลเกินความจำเป็น นอกจากนี้รถบรรทุกยังใช้เส้นทางการขนส่งที่รบกวนการจราจรทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางและมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นจากรถบรรทุกอ้อย[1] ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานน้ำตาลมีความสำคัญต่อการขนส่งอ้อย เนื่องจากถ้าขนส่งอ้อยไกลเกินกว่า 100 กิโลเมตร[4] จะทำให้เกิดทั้งความเสี่ยงอุบัติเหตุและคุณภาพอ้อยจะลดลงเนื่องจากใช้เวลาขนส่งและต้องรอคิวในการส่งเข้าโรงงานน้ำตาล งานวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาโครงสร้างต้นทุนอ้อยที่เกิดจากปัจจัยการผลิตเป็นหลัก เช่น [5]ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกอ้อย กรณีศึกษาบ้านโคกขมิ้นจังหวัดเลย โดยได้ทำการศึกษาอ้อยตามชนิดของอ้อยคือ อ้อยปลูกใหม่ อ้อยต่อปีที่ 1 และอ้อย ต่อปีที่ 2 จากเกษตรกรทั้งสิ้น 54 ราย 28 ผลการศึกษาพบว่าด้านกิจกรรมการเพาะปลูกพบว่า เกษตรกรใช้แรงงานคนในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ต้นทุนการปลูกอ้อยใหม่ เท่ากับ 5342.97 บาท/ไร่ และต้นทุนการปลูกอ้อยต่อปีที่ 2 เท่ากับ 5389.62 บาท/ไร่[6] ได้ศึกษาเรื่องต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยโรงงาน ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ปีการเพาะปลูก 2550/2551 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปการผลิตและการตลาดของอ้อยโรงงานของเกษตรที่ลงทุนในการเพาะปลูกอ้อย โรงงานในจังหวัดกาญจนบุรี และวิเคราะห์ต้นทุนและอัตราผลตอบแทนต่อการลงทุนในการผลิตอ้อยของเกษตรกร ผลการศึกษาข้อมูลด้านต้นทุนและรายได้จากการผลิตอ้อยรวมทั้งปี พบว่าต้นทุนการเพาะปลูกอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรรายใหญ่มีต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 3,527 บาท/ไร่ ต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 1,147 บาทต่อไร่ งานวิจัยนี้จะเป็นการคิดค่าขนส่งรายแปลงที่เน้นด้านโครงสร้างต้นทุนด้านการผลิตเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่[7]ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear programming, LP) มาใช้ในการหาพื้นที่ศักยภาพของศูนย์กระจายสิค้าประเภทวัสดุก่อสร้างพื้นที่เขตรอบเมืองนครราชสีมา โดยมีกี่กำหนดเงื่อนไขการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่นระยะทางจากหมู่บ้าน (Village), ถนน (Road, ทางรถไฟ (Railway) และแม่น้ำ (Stream) รวมทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่ได้ใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถจัดสรรการขนส่งวัสดุก่อสร้างได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในพื้นที่ของตำแหน่งทางเลือกของ DC ไซต์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ดินที่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งเป็นงานวิจัยที่บูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองคณิตศาสตร์เข้ามาจัดสรรการขนวัสดุก่อสร้าง ในการวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่ได้นำการวิเคราะห์การขนส่งอ้อยรายแปลง และการนำข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วยซึ่งจำเป็นอย่างมากเนื่องจากขนาดพื้นที่ที่ใหญ่และข้อมูลรายแปลงจำนวนมากสามารถทำให้ระยะทางในการขนส่งเปลี่ยนแปลงได้ ในการวิจัยนี้นี้จึงนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สามารถวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ในระดับรายแปลงอ้อยได้ รวมทั้งสร้างชั้นข้อมูลแปลงอ้อยในระดับรายแปลงจากภาพดาวเทียม ซึ่งเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีหลาย ๆงานวิจัยใช้มาก่อนหน้านี้จะทำให้ช่วยวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งอ้อยรายแปลงได้แม่นยำขึ้น[8] ทั้งนี้โรงงานน้ำตาลในจังหวัดมุกดาหารมีเพียงแห่งเดียว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกอ้อยแล้วอาจจะไม่เพียงพอ จากการศึกษางานวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยมีงานวิจัยใดที่ศึกษาถึงการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ามาวิเคราะห์ที่ตั้งโรงงานที่เหมาะสม ซึ่งถ้าหากว่ามีการตั้งโรงงานน้ำตาลแห่งใหม่ขึ้นมาจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ประกอบการตัดสินใจด้วยเพื่อความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงบูรณาการด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อจัดสรรอ้อยรายแปลงเข้าสู่โรงงานในรูปแบบของตัวแปรไบนารี (binary variable)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงงานน้ำตาลทางเลือก และสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการหาที่ตั้งโรงงานเพื่อให้มีระยะทางโดยรวมของการขนส่งอ้อยจากรายแปลงไปยังโรงงานน้อยที่สุด

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษาและขอบเขตการวิจัย

จังหวัดมุกดาหารมีพื้นที่ ทั้งหมด 4,339.830 ตารางกิโลเมตร มีประชากรโดยประมาณ 342,868 คน ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ที่อำเภอเมือง ข้อมูลโรงงานน้ำตาลโดยมีโรงงานน้ำตาลอยู่ 1 แห่งคือ โรงงานน้ำตาลสหเรือง ดังแสดงใน (Figure 1) ตั้งอยู่ที่ตำบลบางทรายใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร โดยมีความสามารถในการผลิตอยู่ที่ 6,000 ตันอ้อย/วัน มีฤดูเปิดหีบออ้อยประมาณ 5 เดือน (พฤศจิกายน-มีนาคม) ข้อมูลถนน มีถนน 2 ช่องจราจร ยาวประมาณ 1,100 กิโลเมตร ถนน 4 ช่องจราจร ยาวประมาณ 8 กิโลเมตร ถนน 6 ช่องจราจรยาวประมาณ 1 กิโลเมตร พื้นที่แปลงอ้อยนำเข้าจากภาพดาวเทียม Landsat 7 ETM+ บันทึกภาพช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2557 ด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตาร่วมกับวิธีแปลภาพแบบกำกับดูแล (Maximum Likelihood Classification) ขอบเขตการดำเนินงานคือจะใช้แปลงอ้อยที่อยู่ไม่เกินขอบเขต 100 กิโลเมตร จากตำแหน่งโรงงานเดิม และค่าขนส่งต่อหน่วยคิดจากค่าขนส่ง/บาท/ตัน ของสมาคมรถบรรทุกจังหวัดมุกดาหาร ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision variables) ในการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming, LP) จะมีได้ไม่เกิน 200 ตัว[8] รูปแบบของปัญหาการหาค่าเหมาะสมจะถูกสร้างแบบจำลองในรูปของแบบจำลองเชิงเส้น LP แบบ Minimization objective function การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจะใช้ทฤษฎี Disjktra's Algorithm ซึ่งจะถูกติดตั้งใน Network Analysis โดยอยู่ในเครื่องมือ O-D Cost Matrix คู่ของการคำนวณ LP เกิน 200 ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรที่กำหนดมาจากคู่ของเมทริกซ์การเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้นคือจุดศูนย์กลางแปลงอ้อยของแต่ละตำบลไปยังจุดปลายทางซึ่งก็คือจุดตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานน้ำตาลเดิม และตำแหน่งทางเลือก ซึ่งถ้ากำหนดตำแหน่งของจุดเริ่มต้นเป็นรายแปลงอ้อยจะทำให้จำนวนตัวแปรอิสระมีจำนวนมากเกินกว่า 200 เกินกว่าจำนวนที่โปรแกรมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) สามารถวิเคราะห์ได้

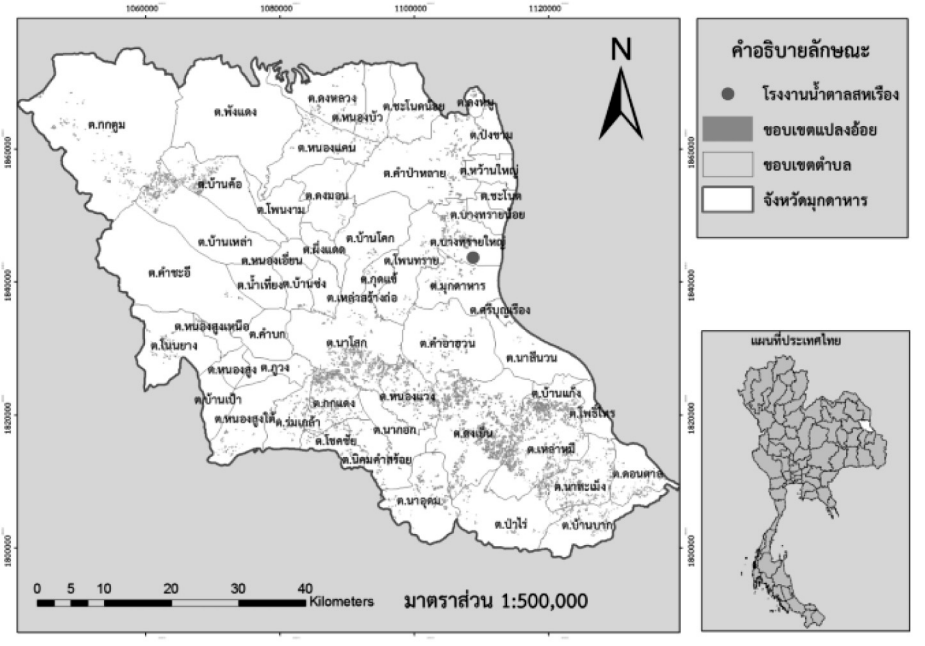

Figure 1 Sugar cane plots in Mukdahan province digitized from Landsat 7 ETM+ satellite imagery.

การวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ศูนย์กลางค่าเฉลี่ยการหาจุดศูนย์กลางของแต่ละรายแปลงอ้อยให้กลายเป็นจุดเดียวของแต่ละตำบลซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นจุดเดียวเมื่อนำจุดดังกล่าวไปคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดจะทำให้จำนวนของคู่ของการคำนวณใน Linear Programming ลดลงไม่เกิน 200 ตัวแปร เนื่องจากว่าโปรแกรมที่ใช้ในการโปรแกรมเชิงเส้นจะสามารถใส่ตัวแปรตัดสินใจได้ไม่เกิน 200 ตัวแปร ทำให้ในการวิจัยนี้จำเป็นจะต้องใช้วิธีการทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์โครงข่ายมาใช้ลดจำนวนตัวแปร

การดำเนินงานของการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use, LU) มาใช้ในการถ่วงน้ำหนักร่วมกับพิกัดภูมิศาสตร์ เพื่อหาที่ตั้งทางเลือกของโรงงานน้ำตาลและพิกัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแต่ละตำบล โดยใช้พิกัดแปลงอ้อยของแต่ละแปลงที่ตกอยู่ในแต่ละตำบลนั้นๆมาถ่วงน้ำหนักด้วยฟังก์ชัน Central Feature ของแต่ละตำบล นอกจากนี้ยังกำหนดข้อจำกัดของการตั้งโรงงานจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน LU มาเป็นตัวช่วยในการหาจุดศูนย์กลางสำหรับรวบรวมอ้อยเป็นจุดเริ่มต้นการขนส่ง (Origin points) ของแต่ละตำบล เพื่อไม่ให้จุดดังกล่าวของแต่ละตำบลไปตกในพื้นที่ที่เป็นเขตหวงห้ามรวมไปถึงการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งอ้อยจากแปลงอ้อยของแต่ละตำบลไปยังโรงงานน้ำตาล และเนื่องด้วยต้นทุนในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลในปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายสูงมาก จากราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ตำแหน่งโรงงานน้ำตาลเดิมที่มีอยู่แล้วที่สามารถรองรับปริมาณอ้อยต่อหนึ่งฤดูกาลผลิต จำเป็นจะต้องได้รับการประเมินค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปรียบเทียบกับตำแหน่งโรงงานใหม่ที่จะใช้เป็นตำแหน่งทางเลือกในการศึกษานี้จะทำการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมของจุดศูนย์กลางที่ตั้งโรงงานน้ำตาลนำมาทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณและค่าใช้จ่ายในการขนส่งอ้อยจากจุดศูนย์กลางแปลงในระดับตำบล ไปสู่โรงงานน้ำตาลเดิมที่มีอยู่แล้ว และตำแหน่งโรงงานน้ำตาลใหม่ที่จำลองมาจากตำแหน่งจุดศูนย์กลาง มาวิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมเชิงเส้น ผลลัพธ์จะเป็นการเปรียบเทียบค่าขนส่งอ้อยเข้าสู่สองโรงงานน้ำตาลทำให้ทราบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของทั้งสองโรงงานน้ำตาล และขั้นตอนการศึกษาอย่างละเอียดจะแสดงใน (Figure 2)

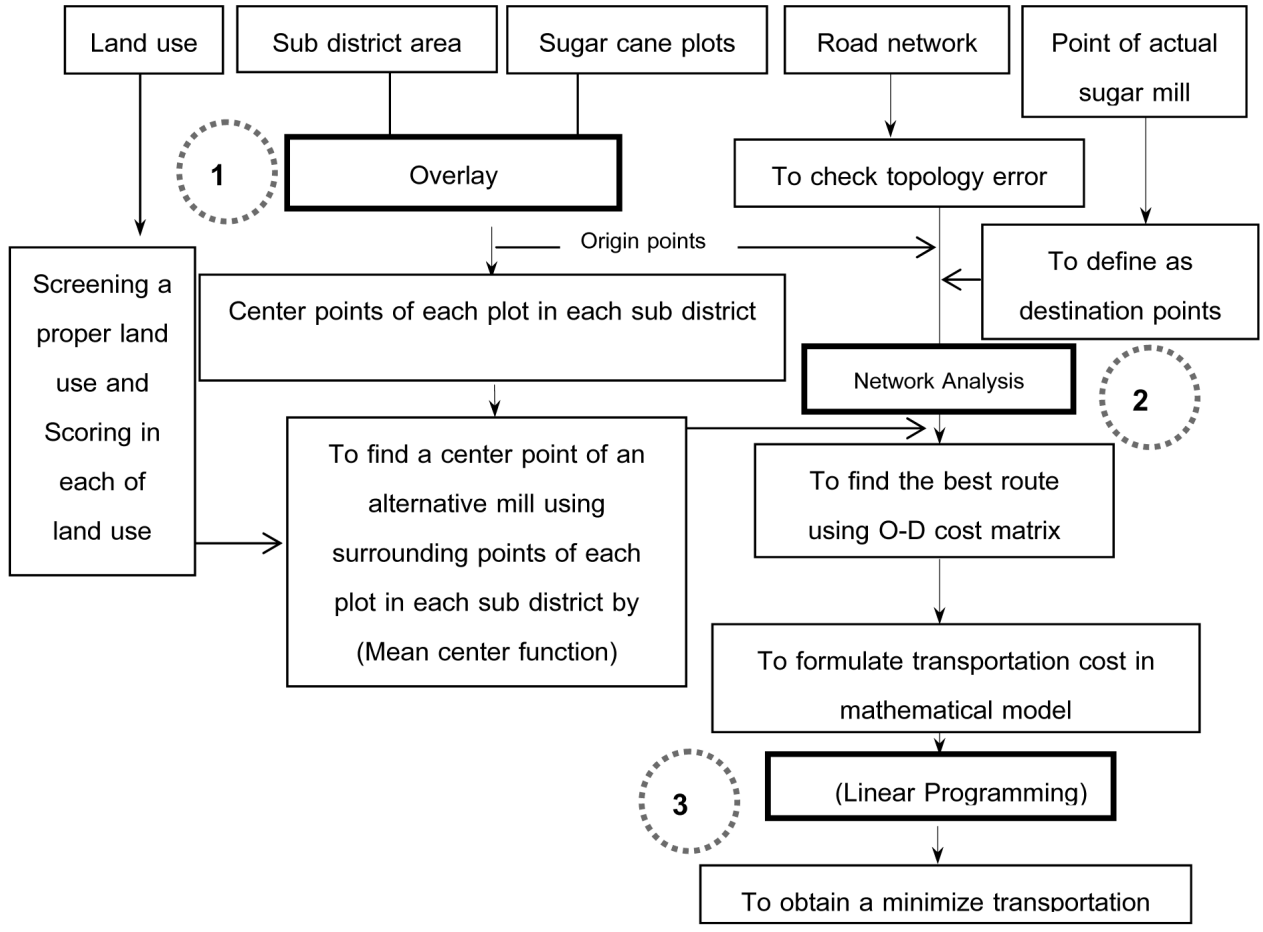

Figure 2 process of the research

ขั้นตอนที่ 1 การซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay) เป็นกระบวนการหาพื้นที่เหมาะสมของการกำหนดเป็นตำแหน่งทางเลือกของที่ตั้งโรงงานน้ำตาลโดยจะกำหนดให้พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) และพื้นที่โล่ง (Bare land) แสดงใน (Figure 3) มีคะแนนมากกว่าการใช้ประโยชน์ดินประเภทอื่นๆ เนื่องจากสามารถนำที่ดินมาใช้ได้ง่าย จากนั้นเป็นขั้นตอนการแปลภาพแปลงอ้อยจากภาพดาวเทียว Landsat 7ETM+ ผสมสีแบบ R:G:B: (4:5:3) เป็นการแปลภาพด้วยสายและนำไปเปรียบเทียบความแม่นยำกับชั้นข้อมูลแปลงอ้อยของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล (สอน.) และการเก็บข้อมูลแปลงอ้อยภาคสนามพบว่ามีค่า R^2 เท่ากับ 0.82 ชั้นข้อมูลแปลงอ้อยจะถูกนำมาซ้อนทับกับชั้นข้อมูลขอบเขตตำบลเพื่อที่จะกรองเอาเฉพาะแปลงอ้อยที่ปลูกอยู่ในแต่ละตำบลและแปลงเป็นข้อมูลประเภทจุด (point) ข้อมูลโครงข่ายถนนจะนำมาเช็คความผิดพลาดของการเชื่อมต่อด้วยเครื่องมือ (topology error) และนำไปสร้างเป็นชุดข้อมูลโครงข่าย (network dataset) เพื่อให้สามารถใช้งานฟังก์ชันการวิเคราะห์โครงข่าย (network analysis) ได้

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์โครงข่ายจะต้องกำหนดจุดเริ่มต้น (origin point) ซึ่งจะใช้จุดแปลงอ้อยที่ตกในอยู่ในแต่ละตำบลมาทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งศูนย์กลางค่าเฉลี่ยของปริมาณแปลงอ้อยเพื่อที่จะใช้กำหนดเป็นจุดพักอ้อยของแต่ละตำบล ซึ่งจะได้เป็นหนึ่งจุดพักต่อหนึ่งตำบล และจุดปลายทาง (destination point) ที่ใช้ตำแหน่งเดิมของโรงงานน้ำตาลสหเรืองและตำแหน่งทางเลือกที่วิเคราะห์ได้จากการนำตำแหน่งแปลงอ้อยทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตจังหวัดมาทำการวิเคราะห์ตำแหน่งจุดศูนย์กลางค่าเฉลี่ย จะได้เป็นจุดศุนย์กลางของจุดพักอ้อยทั้งหมดซึ่งแสดงเป็นจุดสีเหลืองใน (Figure 6) จากนั้นจะคำนวณเมทริกซ์ระยะทางด้วยฟังก์ชัน (OD cost matrix) จะได้ระยะทางในการขนส่งจากจุดเริ่มจากจุดพักอ้อยของแต่ละตำบลไปยังจุดปลายทางของโรงงานเดิมและตำแหน่งโรงงานทางเลือกแสดงใน (Figure 4-5)

ขั้นตอนที่ 3 เนื่องจากการขนส่งอ้อยมีปริมาณอ้อยเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การวิเคราะห์เฉพาะเส้นทางในการขนส่งอาจจะไม่สามารถบอกถึงตำแหน่งศักยภาพในการลดค่าขนส่งได้ทั้งหมด ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้มีการสร้างแบบจำลองทางเลือกเชิงพื้นที่เข้ามาใช้จัดสรรปริมาณการขนส่งอ้อยด้วย เมื่อได้เมทริกซ์ระยะทางที่มีหน่วยเป็นระยะทาง (กิโลเมตร) จะถูกนำมาแปลงเป็นค่าใช้จ่ายจากนำราคาค่าขนส่งของสมาคมรถบรรทุกมาคูณกับระยะทางจะได้เป็นค่าขนส่ง (บาท) จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการแปลงแบบจำลองให้เข้าสู่การโปรแกรมเชิงเส้น

การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

1) สร้างแบบจำลองการขนส่งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) ในรูปแบบฟังก์ชันค่าการขนส่งน้อยที่สุด ที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของปริมาณการขนส่งอ้อยแต่ละแปลง และความสามารถในการผลิตอ้อยในแต่ละวันของโรงงาน

กำหนด ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ

$$\min(Z) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j}^{m} C_{ij}X_{ij} + \sum_{j=1}^{m} Y_j \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j}^{m} C_{ij}X_{ij} \le S_i; \forall j \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j}^{m} C_{ij}X_{ij} = C_j; \forall \mathrm{i} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m} Y_j = 2; \forall j(0,1) \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$X_{ij} \ge 0; \forall ij \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

โดยที่

i คือ จุดพักอ้อยของตำบล i ใดๆ

j คือ โรงงานน้ำตาล j ใดๆ

X_{ij} คือ ปริมาณการขนส่ง มีหน่วยเป็น ตัน

m คือ จำนวนโรงงานน้ำตาล j

n คือ จำนวนจุดส่งอ้อยของตำบล i

C_{ij} คือ ค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เกิดจากการขนส่งอ้อยของแปลง Central Feature (i) ไป โรงงาน มีหน่วยเป็น (บาท)

C_j คือ ปริมาณการผลิตน้ำตาลของโรงงาน (j) ใดๆ กำหนด 6,000 ตัน/วัน

X_{ij} คือ ปริมาณการขนส่งอ้อยจาก จุดพักอ้อยของตำบล i ใดๆ ไปยังโรงงาน (j) ใดๆ มีหน่วยเป็น (ตัน)

(S_i) คือ ปริมาณอ้อยที่ผลิตได้จากตำบล (i) ใดๆ กำหนดผลผลิตอ้อย 30 ตัน/ไร่

สมการที่ (1) ต้องการหาค่าขนส่งที่น้อยที่สุดและปริมาณการขนส่งอ้อยจากตำบล (*i*) ใดๆไปยังโรงงาน (*j*) ใดๆ สร้างขึ้นมาเพื่อให้วัตถุประสงค์ของแบบจำลองทำการจัดสรรให้เกิดคู่ของการเดินทางมีระยะทางน้อยที่สุดจากตำแหน่งจุดเริ่มต้นใดๆไปยังจุดปลายทางใดๆ โดยจะเป็นฟังก์ชันของผล

รวมของผลคูณ (sum product) ของค่าขนส่งอ้อยที่มีระยะทางขนส่งน้อยที่สุดส่งไปยังจุดตั้งโรงงาน โดยโรงงานใดถูกเลือกให้ตั้งจะมีค่าเป็น 1 ถ้าไม่ตั้งเป็น 0 สมการที่ (2) แสดงถึงความสามารถในการขนส่งอ้อยจะต้องไม่เกินความสามารถของตำแหน่งรับอ้อยที่ (*i*) ใด ๆ หมายถึงปริมาณการขนส่งอ้อยออกจากจุดพักอ้อยใด ๆในตำบลจะต้องไม่เกินปริมาณของอ้อยที่ตกอยู่ในขอบเขตตำบลนั้น ๆด้วย ฟังก์ชันข้อจำกัดนี้สร้างขึ้นมาเพื่อให้เกิดการขนส่งอ้อยออกจากจุดพักอ้อยในแต่ละจุดพักของแต่ละตำบล สมการที่ (3) แสดงถึงความสามารถในการรับปริมาณอ้อยได้ภายในหนึ่งวันของโรงงานผลิตน้ำตาลที่ (*j*) ใด ๆ ฟังก์ชันจะทำการกำหนดความสามารถในการรับอ้อยของแต่ละโรงงานโดยจะกำหนดให้เป็นค่าคงที่เท่ากันทุก ๆตำแหน่งโรงงานเพื่อที่จะสามารถวัดค่าขนส่งได้ดีกว่าการกำหนดปริมาณการผลิตอ้อยที่ต่างกัน แต่ถ้าโรงงานใด ๆมีอ้อยส่งจนเกินความสามารถในการผลิต แบบจำลองจะทำการจัดสรรให้ไปส่งอ้อยไปยังตำแหน่งโรงงานใกล้เคียงที่ยังคงให้ได้ค่าขนส่งน้อยอยู่ สมการที่ (4) แสดงการวิเคราะห์ปัญหากรณีให้ตั้งโรงงาน ณ ตำแหน่งที่ตั้งทั้งสองโรงงาน ข้อจำกัดนี้จะถูกนำเข้ามาใช้ในกรณีที่ตั้งโรงงานเดิมรวมกับโรงงานทางเลือกใหม่ซึ่งจะกำหนดตำแหน่งของโรงงานทางใหม่ขึ้นมา 5 ตำแหน่ง และจะใช้ข้อจำกัดนี้ในการระบุถึงถ้ามีการสร้างทั้งสองโรงงานตำแหน่งโรงงานไหนจะมีค่าขนส่งน้อยที่สุดและสามารถรับการจัดสรรอ้อยได้โดยโรงงานน้ำตาลใดถูกเลือกจะให้เป็น 1 และโรงงานใดไม่ถูกเลือกให้เป็น 0 และสมการที่ (5) แสดงถึงว่าต้องมีการขนส่งเกิดขึ้นจากทุก ๆจุด (*i*) ใด ๆไปจุด (*j*) ใด ๆ ซึ่งเป็นข้อจำกัดพื้นฐานของการโปรแกรมเชิงเส้นที่จะต้องกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีค่ามากกว่าศูนย์ การทำงานของแบบจำลองถึงจะเริ่ม

ผลการวิจัย

พื้นที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงงานน้ำตาลทางเลือก

จาก (Figure 1) จะพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นแปลงอ้อยจะกระจายตัวอยู่ตอนล่างและตอนกลางของพื้นที่จังหวัดมุกดาหารส่วนตำแหน่งที่ตั้งโรงงานน้ำตาลสหเรือง (เดิม) จะตั้งอยู่ตอนกลางค่อนมาทางด้านทิศตะวันออก ซึ่งเมื่อมีกิจกรรมการขนส่งอ้อยจะทำให้รถอ้อยเดินทางผ่านเขตชุมชนและเกิดความติดขัดกับสายการจราจรและเสี่ยงต่ออุบัติเหตุและมลพิษด้วย

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะได้พื้นที่ ๆ เหมาะสมในการตั้งโรงงานน้ำตาลที่ตั้งอยู่พื้นที่เกษตรกรรมในตำบลนาโสกซึ่งจะมีคะแนนความเหมาะสมที่มากที่สุดดังแสดงใน (Figure 3) เป็นพื้นที่สีเหลือง พื้นที่นี้จะถูกนำมาสร้างเป็นชั้นข้อมูลจุดตั้งโรงงานในตำบลนาโสก (Destination point) แล้วนำไปวิเคราะห์เส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยฟังก์ชัน O-D cost matrix ผลลัพธ์จะแสดงเป็นเส้นตรงระยะกระจัด (Straight line) แต่ระยะทางที่อัลกอริทึ่มใช้คำนวณจะเป็นเส้นทางจริงไม่ใช่ระยะกระจัดเพียงแต่จะแสดงเป็นระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ตั้งโรงงานน้ำตาลเดิมกับตำแหน่งที่ตั้งโรงงานน้ำตาลใหม่ในพื้นที่ตำบลนาโสกพบว่าโครงข่ายถนนภายในจังหวัดมุกดาหารซึ่งเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งอ้อยมี 2 เส้นทางหลักที่ตำแหน่งโรงงาเดิม และตำแหน่งโรงงานทางเลือกตั้งอยู่บนถนนสองสายหลักคือ ทางหลวงแผ่นดินสายรองหมายเลข 402 (ถนนประเภทสี่ช่องจราจร) และทางหลวงชนบท (ถนนประเภทสองช่องจราจร) นอกจากนี้โครงข่ายถนนที่ใช้ในการขนส่งอ้อยจะกำหนดข้อจำกัดและการให้สิทธิกับถนนประเภทสี่ช่องจราจรมากกว่าถนนประเภทสองช่องจราจรและถนนทางหลวงชนบท ซึ่งเมื่อนำถนนมาสร้างเป็นชุดโครงข่ายถนน (Network data set) แล้วนำมาหาเส้นทางการขนส่งอ้อยจากจุดศูนย์กลางของแปลงอ้อยในแต่ละตำบลไปยังโรงงานน้ำตาล (เดิม) โดยใช้วิธีการ O-D Cost Matrix พบว่ามีระยะทางรวม 1708.73 กิโลเมตร สังเกตจากจุดโรงงานเดิมสีเหลือง และเมื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของการขนอ้อยจากแต่ละจุดศูนย์กลางตำบลไปยังตำแหน่งโรงงานน้ำตาลใหม่ในพื้นที่ตำบลนาโสกพบว่ามีระยะทางรวม 1582.60 กิโลเมตร โดยแสดง (Figure 4) สังเกตจากจุดโรงงานใหม่ทางเลือกจุดสีแดง จากนั้นแปลงค่าใช้จ่ายเมทริกซ์ระยะทาง นำค่าระยะทางของแต่ละตำบลมาคำนวณหาค่าใช้จ่าย (Cost) โดยใช้ค่ากลางในการขนส่งมาใช้ในการคำนวณ และนำเข้าสู่แบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งระยะทางดังกล่าวจะถูกนำมาแปลงเป็นค่าใช้จ่ายด้วยการคูณกับค่าขนส่งต่อหน่วยอ้อยของรถบรรทุกในเขตจังหวัดมุกดาหาร (21 บาท/กิโลเมตร/ตัน)

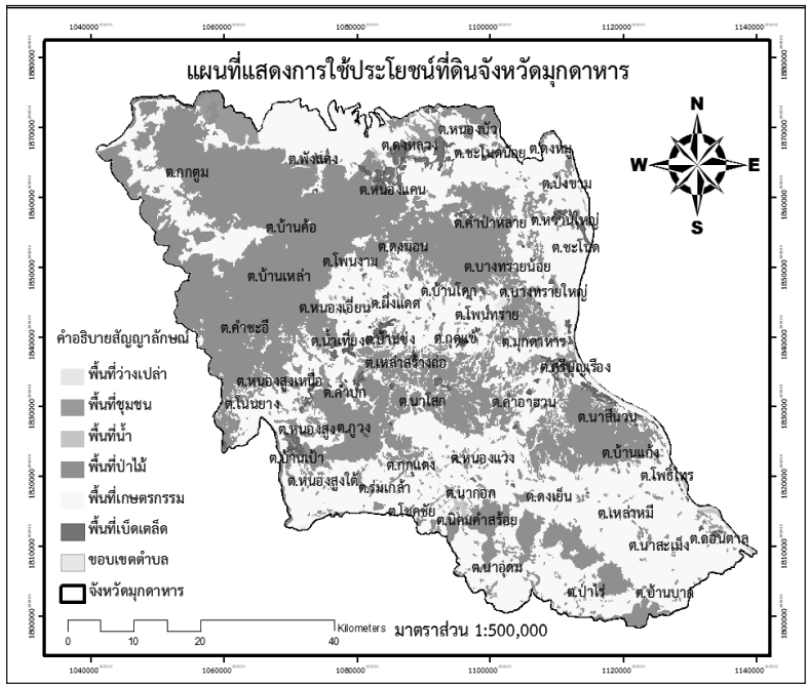

Figure 3 suitable areas of mill alternative site.

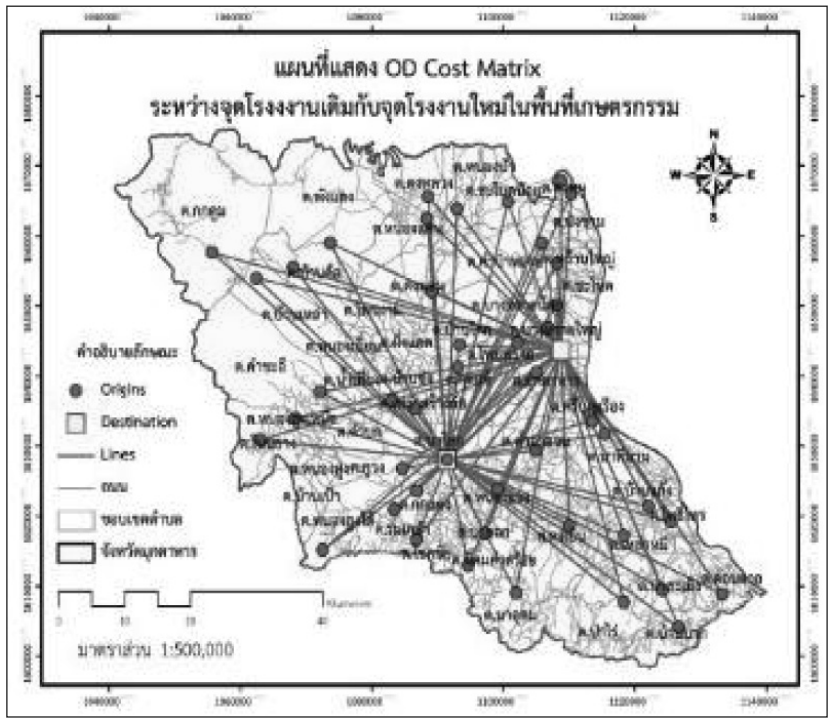

Figure 4 a pairs of O-D trips.

Figure 5 the best routes of sugar cane transportation from center of each sub district to Saharueng mill.

Figure 6 the best routes of sugar cane transportation from center of each sub district to a propose site.

Table 1 Distance matrix of Origin-Destination trips of sugar cane transportation.

	Distance to (km.)		Transportation cost (Bath)/Trip	
Sub district	**Nasok sub district**	**Saharueng mill**	**Nasok sub district**	**Saharueng mill**
Koktum	57.65	69.05	1153.06	1381.01
Pungdaeng	54.56	57.01	1091.33	1140.21
Dongluang	45.62	43.33	912.40	866.60
Nongbua	42.99	39.61	859.82	792.29
Chanodnoi	44.82	31.68	896.41	633.67
Dongmoo	55.27	33.83	1105.43	676.66
Phakham	55.30	32.39	1106.04	647.83
Nongkaen	42.14	39.85	842.89	797.09
Khampalay	50.08	22.22	1001.69	444.52
Bankho	43.37	54.77	867.49	1095.45
Wanyai	50.98	17.69	1019.67	353.91
Dongmon	27.89	29.03	557.91	580.66
Banlao	55.25	66.65	1105.13	1333.09
Bankok	21.64	19.78	432.89	395.66
Bangsainoi	43.46	10.17	869.24	203.49
Bangsaiyai	34.62	4.20	692.40	84.03
Kamchaei	25.44	47.60	508.85	952.05
Phonsai	26.49	9.05	529.89	181.00
Mukdahan	27.09	9.45	541.95	189.13
Kudkae	18.66	20.14	373.27	402.94
Bansong	13.94	35.81	278.93	716.35
Laosangtho	12.22	34.17	244.42	683.40
Kamahuan	19.01	20.86	380.22	417.23
Sriboonrueng	32.88	15.24	657.68	304.86
Nonyang	35.73	60.56	714.60	1211.28
Nasrinuan	35.62	17.98	712.58	359.76
Nongsoongnue	35.35	57.51	707.13	1150.33
Phuwong	22.27	48.91	445.48	978.37
Nongwaeng	12.26	29.91	245.39	598.22
Dongyen	25.59	33.23	511.83	664.76
Kokdaeng	18.31	44.95	366.31	899.19
Romklaow	21.27	47.92	425.54	958.42
Nongsoongtai	40.95	67.60	819.12	1352.01
Bankaeng	39.36	32.12	787.33	642.47
Phosai	40.44	36.89	808.96	737.88
Nakok	15.68	38.13	313.68	762.74
Laomee	34.57	39.26	691.40	785.26
Nikomsoi	40.05	52.31	801.13	1046.35
Chokchai	21.34	46.06	426.80	921.31
Nasamoeng	44.41	44.80	888.26	896.10
Dontan	52.69	53.08	1053.81	1061.65
Naudom	35.74	48.00	714.95	960.16
Parai	52.50	52.89	1050.00	1057.84
Banbak	56.92	57.31	1138.55	1146.39

*transportation cost unit is 21 (Bath/ton/kilometer)

การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานว่าเส้นทางที่โปรแกรมทำการคำนวณให้กับเส้นทางที่รถขนอ้อยใช้ขนส่งจริงจะใช้การจำลองเส้นทางการขนส่งใน ตำบล หนองแวงและดงเย็น ซึ่งเป็นพื้นที่ๆปลูกอ้อยหนาแน่นที่สุดในจังหวัด โดยทำการเปรียบเทียบระยะทางในการเดินทางของรถบรรทุกอ้อยจากแต่ละรายแปลงอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลสหเรือง และตำแหน่งโรงงานทางเลือกตำบลหายโสกพบว่า มีระยะทางในการขนส่งน้อยลงจากการขนส่งไปโรงงานน้ำตาลสหเรืองมีระยะทางรวมเท่ากับ 594.86 กิโลเมตร เทียบกับการขนส่งรายแปลงไปตำแหน่งโรงงานทางเลือกนาโสกเท่ากับ 315.24 กิโลเมตร เนื่องจากว่าแปลงอ้อยที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ตอนล่างซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งโรงงานทางเลือกทำให้ค่าขนส่งน้อยกว่า แต่ถ้าเทียบกับปริมาณขนส่งต่อระยะทางของตำแหน่งโรงงานทางเลือกกับโรงงานเดิมแล้วมีความคุ้มค่ามากกว่าเพราะตำแหน่งโรงงานเดิมอยู่ไกลพื้นที่ส่วนใหญ่ของการปลูกอ้อย

วิจารณ์และสรุปผล

กรณีตั้งโรงงานน้ำตาลที่ตำแหน่งเดิม (โรงงานน้ำตาลสหเรือง) เนื่องจากต้นทุนในการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยมีค่าใช้จ่ายในหลายๆส่วน ในการวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะค่าใช้จ่ายจากการขนส่งอ้อยบนโครงข่ายถนนเท่านั้น และนำระยะทางมาแปลงเป็นค่าใช้จ่าย จากการวิจัยเส้นทางการขนส่งอ้อยในแต่ละตำบลไปยังโรงงานน้ำตาลสหเรือง พบว่ามีระยะทางการขนส่งโดยรวมเท่ากับ 1,708.73 กิโลเมตร ดังแสดงดัง (Table 1) และรูปเส้นทางแสดงดังรูป (Figure 5) ความสามารถในการรับอ้อยได้ต่อวันมีจำกัดเพียงแค่ 6,000 ตัน/วัน ทำให้ไม่สามารถนำอ้อยทั้งหมดเข้าสู่โรงงานเดียวได้ทั้งหมด อีกทั้งเมื่อมีการขนอ้อยมาด้วยระยะทางที่ไกลเมื่อมาถึงโรงงานยังไม่สามารถนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการผลิตได้เลยเนื่องจากมีคิวของรถบรรทุกที่ต้องมีการจัดลำดับตามโควตาอ้อยทำให้คุณภาพน้ำตาลลดน้อยลง ทั้งนี้เมื่อมีการดำเนินการแค่โรงงานเดียวจะทำให้ไม่สามารถรับอ้อยที่มีระยะทางการขนส่งที่น้อยที่สุดได้

กรณีตั้งโรงงานน้ำตาลที่ตำแหน่งทางเลือกในตำบลนาโสก

จากการวิจัยเส้นทางการขนส่งอ้อยในแต่ละตำบลไปยังตำแหน่งทางเลือกในตำบลนาโสก พบว่ามีระยะทางการขนส่งโดยรวมเท่ากับ 1,582.6 กิโลเมตร ดังแสดงดัง (Table 1) และ (Figure 6) กรณีที่ตั้งโรงงานใหม่โดยการย้ายตำแหน่งของโรงงานใหม่จะตั้งอยู่บนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรม โดยถ้าตั้งโรงงานใหม่ที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงคิดเป็น 23.08% จากค่าระยะของการขนส่งอ้อยไปยังโรงงานน้ำตาลเดิม (ลดลงจาก 1,708.73 กิโลเมตร เป็น 1,582.6 กิโลเมตร) ทั้งนี้เป็นการกำหนดความสามารถในการผลิตน้ำตาลต่อวันของโรงงานแห่งใหม่ให้เท่ากับโรงงานเดิมคือ 6,000 ตัน/วัน แม้ว่าระยะทางการขนส่งโดยรวมจะลดลงแต่ก็ไม่สามารถรับอ้อยได้หมดทั้งฤดูกาลเนื่องจากว่าความสามารถในการผลิตเท่าเดิม

กรณีตั้งโรงงานทั้งสองร่วมกัน (กำหนดใส่ข้อจำกัดใน Linear programming, $Y_j = 2$)

กรณีที่เสนอให้ตั้งโรงงานแห่งใหม่ร่วมกับตำแหน่งเดิมทำให้ได้ระยะทางโดยรวมของการขนส่งน้อยที่สุด (ลดลงจาก 1,708.73 และ 1,582.60 กิโลเมตร เป็น 1,385.4 กิโลเมตร) เนื่องจากไม่ต้องขนส่งข้ามเขตที่มีระยะทางไกล และไม่จำเป็นต้องพักอ้อยนาน อีกทั้งยังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาล แต่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อมองในระยะยาวมีโอกาสที่จะคุ้มทุน เพราะพื้นที่ปลูกอ้อยมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นก็อาจจะมีความจำเป็นในการตั้งโรงงานแห่งใหม่ จากผลผลิตอ้อยส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ย 30 ตัน/ไร่ จังหวัดมุกดาหารมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ101,712.55 ไร่ ดังนั้นปริมาณอ้อยที่จะต้องขนส่งในรอบหนึ่งฤดูกาลผลิต (5 เดือน) เท่ากับ 3,051,376.5 ตัน ดังนั้นควรกำหนดให้โรงงานแห่งใหม่สามารถผลิตอ้อย/วันให้มากกว่า 15,000 ตัน/วัน ซึ่งทำให้สามารถรับอ้อยได้ประมาณ 3,150,000 ตัน/ฤดูกาลผลิต ซึ่งเพียงพอต่อการรับอ้อยจากรายแปลงในพื้นที่จังหวัดมุกดาหาร

สรุปทั้งสามกรณีแบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถที่จะจัดสรรการขนส่งอ้อยให้มีค่าขนส่งที่ต่ำลงได้ สำหรับการศึกษาครั้งต่อไปต้องมีการนำค่าความต้านทางของเส้นทาง (impedance) โดยใช้ความชัน (slope) เข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วยซึ่งจะทำให้รูปแบบเส้นทางมีการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ในการศึกษานี้ต้องการที่จะทดสอบเฉพาะระยะทางขนส่งโดยรวม นอกจากนี้แบบจำลองเชิงพื้นที่นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการขนสินค้าประเภทอื่นๆที่มีจำนวนแปลงเยอะ และปริมาณการขนส่งหลายตัน และมีพื้นที่ศึกษาที่มีจำนวนแปลงเกษตรมาก นอกจากนี้สามารถที่จะเพิ่มข้อจำกัดด้านเวลาของจุดพักสินค้าเข้ามาในแบบจำลองได้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. นายเฉลิมพร นวโชติรส และนายณัฐกานต์ เคียงขุนทด. การจัดลำดับคิวในการตัดอ้อยของแปลงอ้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2549.
2. พรรวิภา เตชะสุข. การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเก็บเกี่ยวอ้อยสาหรับระบบโลจิสติกส์ขาเข้าของอุตสาหกรรมอ้อยและน้าตาลทราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2551.
3. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย การศึกษาการเชื่อมโยงโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549.
4. กริยาพร เทพรัตน์. ศึกษาเรื่องต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกอ้อยเพื่อส่งโรงงาน อุตสาหกรรม ในจังหวัดอุดรธานี.ปริญญาบัญชีมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548.
5. เดชา ถาพรพาท. ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกอ้อยอำเภอบ้านโคกขมิ้น จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544.
6. อุกฤษฎ์ พงษ์วานิชอนันต์. ศึกษาเรื่องต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยโรงงาน ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี. ปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2552.
7. Patiwat Littidej. Application of MODA and GIS to potential area selection for construction material distribution center in the municipality area of Nakhon Ratchasima, Thailand., October. 27th Asian Conference on Remote Sensing. 2009; 105-110.
8. Warunee Aunphoklang, Sunya Sarapirome, and Patiwat Littidej. Sugarcane transportation management using Network Analysis and Linear Programming. Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand. 2012; 14(2):37-45.