

การจัดการวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดปราจีนบุรี Raw Material Management for Very Small Power Producer Biomass Power Plant: A case Study in Prachin Buri Province

ศกร แสนนิล¹ และ ปิติ กันตังกุล²

สาขาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์¹

ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²

Email: sunflowergreen10@gmail.com¹, fecoptkl@ku.ac.th²

บทคัดย่อ

การจัดการวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแนวทางในการจัดซื้อวัตถุดิบ เชื้อเพลิงทางการเกษตรเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลให้มีต้นทุนต่ำและคุ้มค่าที่สุดนำไปสู่ความคุ้มค่าในการลงทุน โดยศึกษาแหล่งศักยภาพแหล่งวัตถุดิบเชื้อเพลิงทางการเกษตรในพื้นที่โรงไฟฟ้าชีวมวล อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ขนาด 10 เมกะวัตต์ โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย วัตถุดิบ 6 ประเภท คือ เหง้ามันสำปะหลัง เศษไม้สับ เปลือกไม้ แกลบ ชานอ้อย และชังข้าวโพด ห่างจากที่ตั้งโครงการฯ รัศมี 100 กิโลเมตร และมีการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง พิจารณายาได้ข้อจำกัด 3 ประการ ประกอบด้วย ประเภทวัตถุดิบที่นำมาใช้ ความต้องการพลังงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (เมกะจูล) ในแต่ละเดือน และปริมาณของวัตถุดิบ (กิโลกรัม) ในแต่ละรัศมี เพื่อประมวลผลหาชนิดและปริมาณวัตถุดิบในแต่ละเดือนที่มีค่าต้นทุนต่ำที่สุดในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากวัตถุดิบชีวมวล

ผลการศึกษาการรับซื้อวัตถุดิบชีวมวลจากแบบจำลองเส้นตรงพบว่า วัตถุดิบที่ใช้ในเดือนมกราคม - ธันวาคม ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุดเป็นประเภท เปลือกไม้ โดยมีการรวบรวมจากพ่อค้าคนกลางในระยะทางที่ รัศมี 25 กิโลเมตรรอบโรงงาน ซึ่งมีปริมาณที่จัดหาได้อยู่ในช่วง 5,545 - 6,139 ตัน/เดือน และมีมูลค่าวัตถุดิบที่รับซื้อตลอดปี 29,636,930.61 บาท เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการที่ยั่งยืนควรมีการจัดทำสต็อกวัตถุดิบ การจัดตั้งโรงสับไม้ไว้ในบริเวณโรงไฟฟ้า และการทำการเกษตรแบบพันธสัญญา เพื่อป้องกันการแข่งขันทางการตลาดในการรับซื้อวัตถุดิบจากผู้ค้ารายอื่นในอนาคต

คำสำคัญ :

ชีวมวล โรงไฟฟ้า แบบจำลองเชิงเส้นตรง การบริหารจัดการ

Abstract

The objective of raw material management for very small power producer biomass power plant was to find the guidelines for gaining low cost and the most worthiness of agricultural fuel materials purchasing for power producer biomass plant leading to cost effectiveness. The research

was conducted on the potential source of raw material in the area of a biomass power plant in Kabinburi District, Prachin Buri province, with the capacity of 10 megawatts. Materials used in this research were consisted of 6 types of materials e.g. cassava root, woodchip, wood husk, rice husk, bagasse husk and corncob. The source of these raw materials was 100 kilometers away from the project site. The obtained data were analyzed by using Linear Programming Model and considered under 3 constrain factors including types of derived power demand for monthly electrical production (MJ), and raw-material-gathering quantity within the vicinity of the power plant's surrounding radius in order to process obtained data for finding types and quantity of raw material in each month with the lowest cost for generating power from biomass materials.

The research findings on the purchasing of the raw material based on Linear Programming Model during January - December revealed that raw material with the highest cost effectiveness was the wood husk. When considering the provision of wood husk, it could be compiled by brokers within the 25 km-radius surrounding the power plant's site. The quantity of procurement was ranged from 5,545 - 6,139 tons/month with the total purchasing cost of 29,636,930.61 baht. Moreover, in order to achieve sustainable management, it was advised to setting up raw material's stock record and putting up wood chopping house within the power plant's proximity. Not only that, but it also includes creating contracting farm deals with pertinent farmers to prevent marketing competition on purchasing raw material from other traders in the future.

Keywords :

biomass, power plant, linear programming model, administration and management

1. บทนำ

ปัญหาวิกฤติการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและการบริโภคของภาคประชาชนและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น โดยความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย มีเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี พบว่า มีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 30,587 เมกะวัตต์ ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (2550 - 2554) หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มร้อยละ 6.65 ต่อปี จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 พบว่า การใช้ไฟฟ้าสูงสุด

ปี 2557 มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 26,850 เมกะวัตต์ สาเหตุสำคัญมาจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจในเดือนเมษายน ปี 2559 มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดมากกว่า 27,000 เมกะวัตต์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความ ต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเดือน เมษายนและพฤษภาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด ของประเทศไทยดังภาพที่ 1 ส่งผลให้มีความต้องการ วัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ น้ำมันดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นปริมาณ มากขึ้น อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาถึงวัตถุดิบที่นำ มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าพบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นทรัพยากร

ประเภทที่ใช้แล้วหมดไป อีกทั้งยังมีอยู่ในปริมาณที่จำกัดถึงแม้ว่าจะมีการค้นพบ และนำแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในประเทศมาใช้มากขึ้น แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหิน ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ และอาจถูกใช้หมดไปในอนาคตและมีราคาสูง ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายที่จะพัฒนาแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและพลังงานให้กับประเทศ [1]



ภาพที่ 1 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2558 - 2559

ที่มา : กองสารสนเทศ ฝ่ายสื่อสารองค์กร กฟผ.

กระทรวงพลังงานมีนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมาตั้งแต่ปี 2532 โดยให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รับซื้อกระแสไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็ก (Small Power Produce: SPP) ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) จากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร โดยนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายเข้าระบบสายส่ง เป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยแบ่งเบาภาระการลงทุนของภาครัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าด้วย ต่อมาได้ขยายผลสู่การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่นๆ ทั้งพลังงาน แสงอาทิตย์

ก๊าซชีวภาพ ชยะ พลังน้ำ พลังงานลม จากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Produce: VSPP) ขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ เพื่อกระจายโอกาสไปยังพื้นที่ห่างไกลให้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ช่วยลดความสูญเสียในระบบไฟฟ้า และลดการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า โดยสนับสนุนผ่านมาตรการส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า (Adder) ทั้งนี้ อัตราส่วนเพิ่มและระยะเวลาในการสนับสนุนจะแตกต่างกันตามประเภทพลังงานทดแทน โดยมีส่วนเพิ่มอัตราซื้อขายไฟฟ้าพิเศษสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา จากมาตรการจูงใจดังกล่าวทำให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2550 มีสัดส่วนปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่ผลิตได้รวมการผลิตไฟฟ้านอกระบบ (Including off grid power generation) ทั้งประเทศร้อยละ 4.3 และเพิ่มเป็นร้อยละ 9.87 ในปี 2557 (ไม่รวมพลังงานขนาดใหญ่) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปี 2550 - 2557

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
ข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานชีวมวล

ข้อดีของพลังงานชีวมวล เป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล เชื้อเพลิงจากชีวมวลหาได้ง่าย และถูกกว่าเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ลดขยะรวมถึงเพิ่ม

คุณค่าที่เสียจากการเกษตร และอุตสาหกรรม วัตถุดิบชีวมวล เช่น แกลบมีค่าความร้อนสูง ซึ่งถ้าสามารถไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นได้ ชานอ้อยมีปริมาณที่เล็กน้อย มีปัญหาน้อยกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ปริมาณกำมะถันต่ำ ไม่ก่อสภาวะเรือนกระจก เป็นการนำวัตถุดิบที่เหลือใช้จากการเกษตรไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่ม

ข้อจำกัดของพลังงานชีวมวล วัตถุดิบชีวมวลอยู่กระจัดกระจายการเก็บรวบรวมยาก มีไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับฤดูกาลการเพาะปลูก มีปัญหามลพิษ ถ้าจัดเก็บชีวมวลไม่ดีอาจส่งกลิ่นรบกวนชุมชนบริเวณข้างเคียงได้ในการเผาไหม้ถ้าเชื้อเพลิงชีวมวลมีความชื้นจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ และการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการ ด้านเทคนิคในการพัฒนาเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้ามีข้อจำกัดเนื่องจากสายส่งมีกำลังรับได้ไม่เพียงพอต่อการรองรับพลังงานไฟฟ้าชีวมวล

จากปัญหาที่พบดังที่กล่าวมาได้มีการนำวัตถุดิบชีวมวลที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่มาประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนการใช้พลังงานน้ำมันโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ศึกษาการทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรสามารถเดินระบบผลิตก๊าซและเครื่องยนต์ได้ดีพอสมควร อัตราการสิ้นเปลืองแกลบ 17 กิโลกรัมต่อชั่วโมงสูบน้ำได้ 56.4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สามารถใช้ทดแทนพลังงานน้ำมันได้เป็นอย่างดี [2]

2. วัตถุประสงค์

การทำวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งศักยภาพวัตถุดิบชีวมวล และประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Programming Model) ในพื้นที่

รอบโรงไฟฟ้าชีวมวล อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี รัศมี 100 กิโลเมตร หาต้นทุนในการจัดการวัตถุดิบรายเดือนนำไปเป็นทางเลือกให้ผู้ประกอบการใช้ในการลดต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบ

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 การศึกษาแหล่งศักยภาพวัตถุดิบใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2558 ร่วมกับการสำรวจภาพสนาม นำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จัดทำเป็นแผนที่แหล่งศักยภาพวัตถุดิบชีวมวล

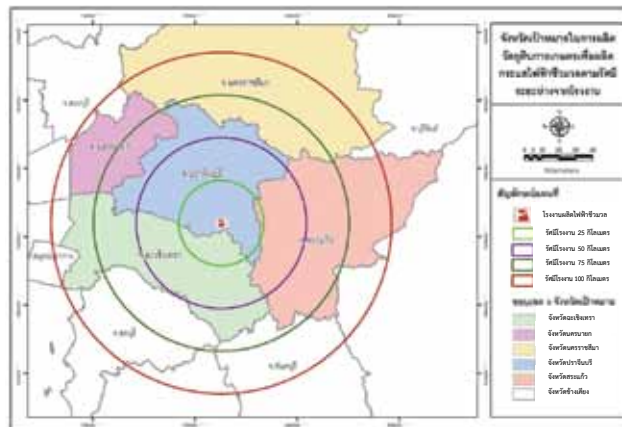
3.2 ประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง โดยใช้ข้อมูลวัตถุดิบ ประกอบด้วย ปริมาณวัตถุดิบ จากแผนที่ศักยภาพวัตถุดิบชีวมวล ราคาต่อหน่วย ค่าขนส่งในรัศมี 100 กิโลเมตรจากที่ตั้งโครงการฯ และความต้องการใช้พลังงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 10 เมกะวัตต์ จากการสำรวจ

4. วิธีการดำเนินงาน

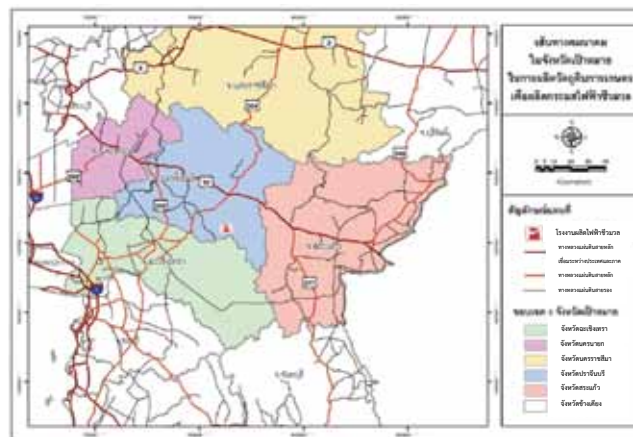
วิธีการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

- 4.1 การรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา
- 4.2 การศึกษาแหล่งศักยภาพวัตถุดิบชีวมวล
- 4.3 การวิเคราะห์แบบจำลองเชิงเส้นตรง
- 4.4 การวิเคราะห์แบบจำลองเชิงเส้นตรงโดยใช้โปรแกรม Excel

4.1) การรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่ศึกษารวบรวมข้อมูล การใช้ประโยชน์ที่ดิน เส้นทางการคมนาคม แหล่งรับซื้อวัตถุดิบ ราคา โดยรอบโครงการรัศมี 100 กิโลเมตร ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษารัศมี 100 กิโลเมตร
ครอบคลุม 5 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดนครนายก
จังหวัดสระแก้ว จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดฉะเชิงเทรา



ภาพที่ 4 เส้นทางการคมนาคมในพื้นที่ศึกษา

4.2) การศึกษาแหล่งศักยภาพวัตถุดิบชีวมวล
จากการรวบรวมข้อมูลในข้อ 4.1 และข้อมูล
การสำรวจภาคสนามมาตรวจสอบทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่
(Spatial Data) และตารางข้อมูลลักษณะเฉพาะ
(Attribute Data) ขอบเขตของข้อมูลทุกชั้นข้อมูลที่จะ
นำมาซ้อนทับกัน (Overlay) ต้องเป็นข้อมูลที่มีขอบเขต
เดียวกันหรือซ้อนทับกันได้สนิท ไม่มีส่วนใดที่เหลื่อมล้ำ
หรือขาดหายไป เพราะจะทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
เกิดการผิดพลาดได้ ตารางข้อมูลลักษณะเฉพาะของ
ชั้นข้อมูลจะต้องตรวจสอบค่าของช่องข้อมูลต่างๆ

ในแนวดิ่ง (Column) ที่กำหนดค่าคะแนนและค่าถ่วง
น้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเพื่อ
ให้ผลวิเคราะห์ที่ได้เป็นไปตามความต้องการให้วิเคราะห์
ข้อมูลหลังจากที่ได้นำเข้าข้อมูลทั้งหมด ตรวจสอบและ
แก้ไขข้อมูลแล้ว แล้วจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบของ
ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ใน
ขั้นตอนของการวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลที่ได้จัดเตรียม
ไว้แล้วมาซ้อนทับกัน จากนั้นจึงนำไปจัดลำดับความ
เหมาะสมของพื้นที่แหล่งศักยภาพวัตถุดิบ โดยมี
ขั้นตอนของการวิเคราะห์ดังนี้

1. การจัดพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดขอบเขตตามข้อกำหนดของปัจจัยจำกัดต่างๆ ในแต่ละชั้นข้อมูล และใช้เทคนิคการกันพื้นที่ (Buffering) เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตของพื้นที่ปัจจัยจำกัดในแต่ละปัจจัย ก่อนที่จะนำมาซ้อนทับแบบลบออก หรือ Erase Feature เพื่อตัดพื้นที่ปัจจัยจำกัดดังกล่าวออก

2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการ Overlay โดยการรวมค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย จากนั้นจึงนำมาแยก (Classify) ออกตามระดับคะแนนที่ได้ โดยแบ่งความสำคัญออกเป็น 3 ระดับ คือ ความเหมาะสมมากที่สุด ความเหมาะสมปานกลาง และความเหมาะสมน้อย ซึ่งช่วงค่าคะแนนในแต่ละระดับที่ใช้ในการแบ่งแยก ระดับความสำคัญ หรือจัดลำดับของความสำคัญ ได้มาจากค่าคะแนนสูงสุด ค่าคะแนนต่ำสุด แล้วหารด้วยจำนวนระดับที่ต้องการจะแบ่งแยก คือ 3 ระดับ โดยค่าคะแนนของการจัดลำดับความสำคัญจะทำให้ทราบว่าในพื้นที่แหล่งศักยภาพผลผลิตที่ได้ศึกษามีระดับความสำคัญของพื้นที่แหล่งศักยภาพผลผลิตเพื่อนำไปใช้ประโยชน์มีระดับของความสำคัญมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถแสดงผลของข้อมูล (Output Data) ได้ใน 2 ลักษณะ คือ ในรูปของแผนที่และตารางข้อมูลแสดงขนาดของพื้นที่และปริมาณผลผลิตในแต่ละระดับ

3. ขั้นตอนสุดท้าย คือ นำผลลัพธ์ที่ได้มาจัดลำดับชั้นความเหมาะสม แล้วจัดแสดงร่วมกับชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง ข้อมูลความลาดชัน แหล่งรับซื้อโรงงาน หรือชั้นข้อมูลอื่นๆ แล้วจัดทำเป็นแผนผัง เพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ระดับความเหมาะสมของพื้นที่แหล่งศักยภาพวัตถุดิบ

ทางการเกษตร หรือนำเสนอในรูปแบบของระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาความเหมาะสมในการลงทุนประกอบกิจการโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไป

4.3) การวิเคราะห์แบบจำลองเชิงเส้นตรง

การวิเคราะห์รูปแบบของปัญหาทางการโปรแกรมเชิงเส้นมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

1. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) คือ ตัวแปรที่ใส่เข้าไปในระบบ และเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ตัวแปรนี้เป็นสิ่งสำคัญที่จะป้อนเข้าไปในระบบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น จำนวนรายการที่ผลิต หรือจำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุน

2. สมการกำหนดเป้าหมาย (Objective function) คือ สมการแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุนกำไร เพื่อให้กำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด

3. สมการแสดงข้อจำกัด (Constraints) ซึ่งแสดงข้อจำกัดต่างๆ ของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการ

รูปแบบของปัญหาทางการโปรแกรมเชิงเส้น สามารถเขียนได้ดังนี้ [3]

$$\text{Min/Max} \quad Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i : i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

4.4) การวิเคราะห์แบบจำลองเส้นตรงโดยใช้โปรแกรม Excel

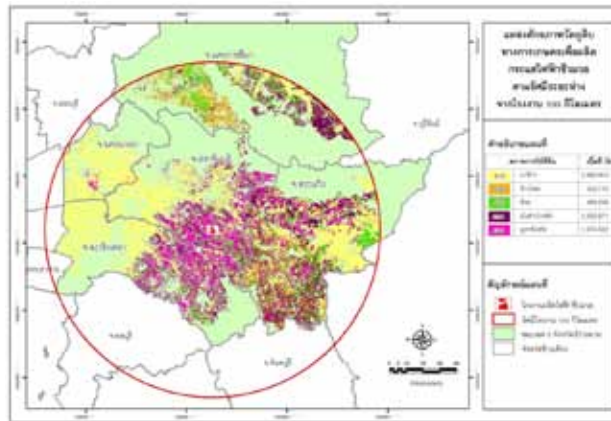
การใช้แบบจำลองสเปรดชีตและ Excel Solver ในการแก้ปัญหาเชิงเส้นและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับหลักสูตรสหวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

หลายปัจจัย โดยสามารถกำหนดฟังก์ชันสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานต้องการลงในโปรแกรม Excel สามารถใส่เงื่อนไขได้เป็นจำนวนมากกว่า นำมาประมวลผลโดยใช้ Excel Solver จะได้ผลลัพธ์ที่คุ้มค่าที่สุด วิธีการนี้มีความสะดวก และใช้งานง่าย [4]

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาแหล่งศักยภาพวัตถุดิบ

ตารางที่ 1 การสำรวจพื้นที่ที่จะได้ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ (ตัน) นำมาหาปริมาณวัตถุดิบชีวมวลจากสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต [5]



ภาพที่ 5 แผนที่ศักยภาพวัตถุดิบของพืชชีวมวล

ตารางที่ 1 ปริมาณพืชชีวมวลในพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	ชนิดพืชชีวมวล	ปริมาณพืชชีวมวลแต่ละรัศมี			
		25 กิโลเมตร	50 กิโลเมตร	75 กิโลเมตร	100 กิโลเมตร
1	แกลบ (ตัน)	22,530.04	86,581.50	88,696.25	108,355.96
2	ซังข้าวโพด (ตัน)	1,322.66	13,243.52	29,428.78	25,669.91
3	ชานอ้อย (ตัน)	79,997.36	259,946.23	416,913.37	734,239.27
4	เหง้ามันสำปะหลัง (ตัน)	110,275.44	243,510.52	191,171.64	556,217.64
5	ยูคาลิปตัส (ตัน)	4,222,560.00	5,298,288.00	2,023,848.00	1,349,568.00
6	เศษไม้หรือเปลือกไม้ (ตัน)	1,266,768.00	1,589,486.40	607,154.40	404,870.40

5.2 ผลการวิเคราะห์สมการเส้นตรง

การนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องร่วมกับการสำรวจในพื้นที่และผลการศึกษาในข้อ 5.1 นำมากำหนดสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไข โดยได้กำหนดปัจจัยประกอบด้วย

1. ค่าความต้องการใช้พลังงานต่อเดือน
2. ราคาวัตถุดิบในแต่ละรัศมีที่ห่างจากที่ตั้งโรงงาน
3. ชนิดหรือประเภทวัตถุดิบที่จะจัดหาในรูปแบบจำลองสเปรตซีต นำมาประมวลผลใน Excel Solver โดยมีสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไข ดังนี้

สมการวัดอุปสงค์

$$\text{Minimize COST} = C_1X_1 + \dots + C_{132}X_{132}$$

C คือ ราคาวัตถุดิบในแต่ละเดือนที่จัดหารวม
ค่าขนส่งแล้ว (บาท)

X คือ ปริมาณวัตถุดิบแต่ละประเภทที่จัดหา (ตัน)

สมการเงื่อนไข

ข้อจำกัดด้านพลังงาน

$$E_1X_1 + E_2X_2 + E_3X_3 + E_2X_4 + E_3X_5 + E_4X_6 + E_2X_7 + E_3X_8 + E_2X_9 + EX_{10} + E_4X_{11} + E_4X_{12} + E_4X_{13} \geq 132,711,000.00 \text{ MJ. /Day}$$

โดยที่

E1 = พลังงานของการเผาไหม้แห้งมันต่อ 1 กก.
MJ/Kg

E2 = พลังงานของการเผาไหม้เศษไม้ต่อ 1 กก.
MJ/Kg

E3 = พลังงานของการเผาไหม้เปลือกไม้ต่อ 1 กก.
MJ./Kg

E4 = พลังงานของการเผาไหม้แอลกอฮอล์ 1 กก.

MJ./Kg

ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ

$X \geq 0$ ปริมาณวัตถุดิบที่จัดหาต้องมีค่ามากกว่า 0

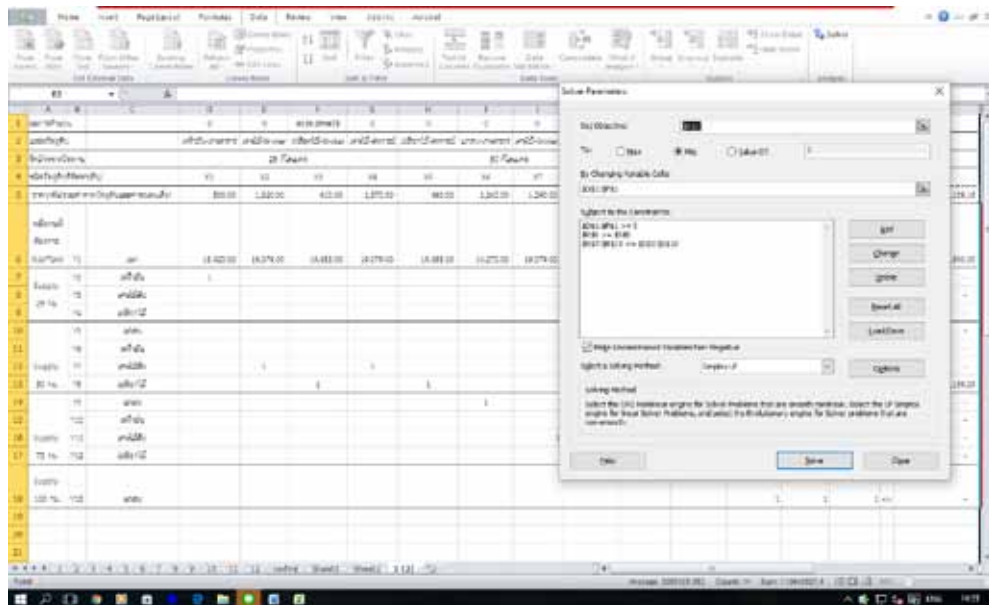
$$x_1 \leq b_1$$

$$X_{13} \leq b_{13}$$

เมื่อ b คือ ปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่ในแต่ละรัศมี วัตถุดิบที่นำมาใช้ต้องมีปริมาณไม่มากกว่าวัตถุดิบที่มี การวิเคราะห์ของโปรแกรมจะเน้นเข้าหาวัตถุดิบที่มีราคาต้นทุนต่ำที่สุด โดยจะเลือกที่ระยะทางใกล้ที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนในการขนส่งต่ำกว่าวัตถุดิบที่อยู่ในพื้นที่ที่ไกลกว่า กรณีที่แบ่งระยะทางออกเป็น รัศมี 25, 50, 75 และ 100 กิโลเมตร เนื่องจากราคาค่าขนส่งแต่ละรัศมินั้นจะใช้รูปแบบในการขนส่งที่แตกต่างกัน เช่น รัศมี 25 กิโลเมตรใช้รถกระบะ 50 กิโลเมตรใช้รถหกล้อ และ 75 - 100 ใช้รถพ่วง เป็นต้น ตัวอย่างการกำหนดค่าลงในแบบจำลองสเปรดชีต และการประมวลผลใน Excel Solver ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7

ผลการคำนวณ			0	0	6139.290671	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
แหล่งวัตถุดิบ			เหล่าน้ำมัน-กลาพรกร	เผาไม้ Shocker	เบรลือไม้ Shocker	เผาไม้ สอการม	เบรลือไม้ สอการม	เผาสน-กาพรรกร	เผาไม้ Shocker	เบรลือไม้ Shocker	เผาไม้ สอการม	เบรลือไม้ สอการม	เผาสน-กาพรรกร	เผาสน-Shocker	เผาสน-สอการม		
วิธีนำค่าไปรวม				25 กิโลแรม				50 กิโลแรม					75 กิโลแรม				
ชนิดวัสดุ(ตันต่อรถบรรทุก)			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13		
ราคาขบืรวมต่ออาคารวัตถุและค่าขนส่งมีว่			500.00	1,320.00	810.00		1,370.00	460.00	1,240.00	1,290.00	810.00	1,370.00	460.00	1,240.00	1,260.00	1,310.00	2,517,109.18
พลังงานที่ ต้องการ (MJ/Ton)	Y1 Jan		18,420.00	19,079.00	19,455.00	19,079.00	19,455.00	14,270.00	19,079.00	19,455.00	19,079.00	19,455.00	14,270.00	14,270.00	14,270.00	>=	119,439,900.00
Supply 25 ra.	Y2 เหล่า่นน้ำมัน		1													<=	-
	Y3 เชนไม้คี่สิบ															<=	-
	Y4 เบรลือกอไม้															<=	-
Supply 50 ra.	Y5 เผาสน															<=	-
	Y6 เหล่า่นน้ำมัน															<=	-
	Y7 เชนไม้คี่สิบ			1		1										<=	-
Supply 75 ra.	Y8 เบรลือกอไม้				1		1									<=	6139.29
	Y9 เผาสน							1								<=	-
	Y10 เหล่า่นน้ำมัน															<=	-
	Y11 เชนไม้คี่สิบ									1		1				<=	-
Supply 100 รก.	Y12 เบรลือกอไม้										1		1			<=	-
	Y13 เผาสน													1	1	1	<=

ภาพที่ 6 การกำหนดค่าลงในแบบจำลองสเปรดชีต



ภาพที่ 7 การประมวลผลใน Excel Solver

ตารางที่ 2 ผลการรับซื้อวัตถุดิบรายเดือน

เดือน	ระยะทาง 25 กม.	ต้นทุน (บาท)
	เปลือกไม้ (ตัน)	
1	6,139.29	2,517,109.18
2	5,545.17	2,273,517.96
3	6,139.29	2,517,109.18
4	5,941.25	2,435,912.10
5	6,139.29	2,517,109.18
6	5,941.25	2,435,912.10
7	6,139.29	2,517,109.18
8	6,139.29	2,517,109.18
9	5,941.25	2,435,912.10
10	6,139.29	2,517,109.18
11	5,941.25	2,435,912.10
12	6,139.29	2,517,109.18
รวม	66,145.91	29,636,930.61

ผลการศึกษาการรับซื้อวัตถุดิบชีวมวลจากตารางที่ 2 โดยแบบจำลองเส้นตรงพบว่า วัตถุดิบที่ใช้ในเดือนมกราคม - ธันวาคม ที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุดเป็นประเภท เปลือกไม้ โดยมีการรวบรวมจากพ่อค้าคนกลาง ในระยะทางที่รัศมี 25 กิโลเมตรรอบโรงงาน ซึ่งมีปริมาณที่จัดหาได้อยู่ในช่วง 5,545 - 6,139 ตัน/เดือน และมีมูลค่าวัตถุดิบที่รับซื้อตลอดปี 29,636,930.61 บาท

วิจารณ์ผลการทดลอง

การสำรวจแหล่งศักยภาพวัตถุดิบทำให้ทราบถึงปริมาณพื้นที่ปลูกพืชชีวมวลในพื้นที่โครงการดังตารางที่ 1 ปริมาณพืชชีวมวลในพื้นที่ศึกษาโดยใช้วิธีสำรวจภาคสนามและใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินซึ่งจะมีการสำรวจทุกๆ 4 ปี ดังนั้นการวิเคราะห์แหล่งศักยภาพวัตถุดิบและข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองเชิงเส้นต้องมีการปรับเปลี่ยน เมื่อมีการสำรวจแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองเส้นตรง ดังภาพที่ 7 ซึ่งประมวลผลจากชนิดวัตถุดิบ 6 ชนิดที่มีอยู่ในรัศมีต่างๆ พบว่าวัตถุดิบที่มีราคาต่ำสุด คือ วัตถุดิบประเภทเปลือกไม้ที่รัศมี 25 กิโลเมตร ในกรณีที่วัตถุดิบประเภทเปลือกไม้ในรัศมี 25 กิโลเมตร ในอนาคตไม่เพียงพอแบบจำลองนี้จะประมวลผลคัดเลือกวัตถุดิบประเภทอื่นที่มีในรัศมีถัดไปที่มีราคาถูกรองลงมา เนื่องจากรัศมีที่ห่างออกไปจะมีต้นทุนค่าขนส่งที่สูงขึ้นตามระยะทางเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการที่ยั่งยืนควรมีการจัดทำ Stock วัตถุดิบ การจัดตั้งโรงสับไม้ไว้ในบริเวณโรงไฟฟ้าและเกษตรแบบพันธสัญญา เพื่อป้องกันการแข่งขันทางการตลาดในการรับซื้อวัตถุดิบจากผู้ค้ารายอื่นในอนาคต

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแหล่งวัตถุดิบจากพืชชีวมวลในพื้นที่โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ ในอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่ามีวัตถุดิบต้นทุนที่เพียงพอตลอดทั้งปี โดยมีรอบการ

เก็บเกี่ยวผลผลิตแตกต่างกันตามฤดูกาลเพาะปลูก การจัดการวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ศึกษามีต้นทุนการรับซื้อวัตถุดิบชีวมวล ปี 2559 เป็นจำนวนเงิน 34,613,916.06 บาท/ปี เป็นการรับซื้อโดยทั่วไปจากเกษตรกรและอื่นๆ โดยไม่มีรูปแบบการวางแผนที่ชัดเจน ทำให้มีต้นทุนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง เนื่องจากวัตถุดิบที่เลือกใช้จะเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกและปริมาณเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ในกรณีศึกษานี้ได้เลือกวัตถุดิบประเภทเปลือกไม้ที่รัศมี 25 กิโลเมตร โดยมีปริมาณรวมทั้งสิ้นต่อปี 72,285.20 ตัน คิดเป็นมูลค่า 29,636,930.61 บาท สามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบได้ 4,976,985.45 บาท/ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 1.20 ต่อปี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน), กรุงเทพมหานคร
- [2] เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2535). การทดสอบระบบผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตร. วิศวกรรมสาร มก. 15: 1 - 8
- [3] Muztoba A. K.. (2014). Transportation Cost Optimization Using Linear Programming. Paper presented at the 26 - 27 December, 2014 International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering, Khulna, Bangladesh.
- [4] Leslie C.. (2008). Using Excel Solver in Optimization problems, Mathematics and Computer Science Department, John Jay College of Criminal Justice of CUNY
- [5] พุฒิชชาติ คิดหาทอง, วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ และ อัจฉริยา สุริยะวงศ์. (2557). การศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน, 11 (1): 63 - 76