การศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในสหกรณ์ลำพญากลางด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

Feasible study of biogas power plant from dairy cow manure from Lamphayaklang Dairy Cooperative using GIS and AHP

รักพงศ์ สายแก้ว[2], นิจพร อินทศร[2], ทิพบุษฎ์ เอกแสงศรี[2], วรรัตน์ ปัตรประกร[2], พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121
โทร 02-5643002#3131 โทรสาร 02-5643002#3040 E-mail: jray319@hotmail.com

Rakpong Saikaew[2], Nidjaporn Inthasorn[2], Tippabust Eksangsri[2], Woraratana Pattaraprakorn[2], Pornrapeepat Bhasaputra[1]
[1]Department of Electrical and computer Engineering
2 Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering, Thammasat University Rangsit Campus
99 moo 18 Khlongnueng, Khlongluang, Pathumthani 12121 Thailand
Tel: 02-5643002#3131 Fax: 02-5643002#3040 E-mail: jray319@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในสหกรณ์โคนมในเขตปฏิรูปที่ดินลำพญากลาง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย ขอบเขตการศึกษาจะครอบคลุม 856 ครัวเรือน และวัว 22342 ตัว ช่วงแรกเป็นการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในการศึกษาปัจจัยสำคัญในการศึกษาคือ การหาตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ใช้ต้นทุนขนส่งที่ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่เป็นไปได้มี 3 ที่ คือ ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งมีประชากรอยู่สูงสุด ตำแหน่งที่ 2 ที่สหกรณ์โคนม และตำแหน่งที่ 3 ที่มีจำนวนวัวสูงสุด โดยจากศึกษาในช่วงต่อมาใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อศึกษาความเสี่ยงในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ปัจจัยที่ต้องใช้แบ่งเป็นด้านต้นทุนและด้านผลตอบแทน โดยปัจจัยด้านต้นทุนประกอบไปด้วยค่าติดตั้งซึ่งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี ต้นทุนในการใช้งานและการบำรุงรักษาซึ่งขึ้นอยู่กับการบริหารการใช้ไฟฟ้าและ ต้นทุนด้านการขนส่ง เทคโนโลยีที่ใช้มี 5 เทคโนโลยีได้แก่ เทคโนโลยีแบบยูเอเอสบี (UASB), เทคโนโลยีแบบบ่อคลุม, เทคโนโลยีแบบถังกวนสมบูรณ์ (CSTR), เทคโนโลยีแบบตรึงฟิล์ม และเทคโนโลยีแบบรางลูกผสม ปัจจัยด้านผลตอบแทนประกอบด้วย รายได้จากการขายไฟ รายได้จากการขายปุ๋ยและ รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ในการศึกษาด้านการจัดการความเสี่ยงด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เครื่องมือที่ถูกนำมาใช้คือโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ ระบบการให้น้ำหนักในโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์สามารถปรับค่าเพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยต่างๆ ได้ ผลการศึกษาจะถูกนำเสนอในรูปของบัตรคะแนนแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ มีสถานการณ์ที่ใช้ในการศึกษา 5 สถานการณ์คือ เมื่ออัตราส่วนของผลตอบแทนและต้นทุนเปลี่ยนไปด้วยสัดส่วนต่อไปนี้ 50:50, 60:40, 70:30, 40:40 และ 30:70 ตามลำดับ. ผลการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเป็นสหกรณ์โคนมเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดจากคะแนน 47.9% ตามมาด้วยตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 1 ที่ 31.6% และ 20.5%. ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่า ปัจจัยหลักไม่มีผลกระทบต่อผลการเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ตัวเลือกเอง หรือก็คือ เมื่อน้ำหนักของตำแหน่งโรงไฟฟ้าในแต่ละปัจจัยย่อยเปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อการเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้ามากกว่า

Abstract

Geographic information system (GIS) and analytic hierarchy process (AHP) were proposed to locate the suitable location of biogas power plant from come manure in Lamphayaklang Reform Land dairy cooperative, Muaklek District, Saraburi Province, Thailand. The area of study covers 856 households with 22342 cows. The main criteria were to utilize electricity gained from biogas power plant and to minimize logistic cost. The feasible

locations are in 3 locations; location 1 with highest household density, location 2 at dairy cooperative and location 3 with highest cow density. While another procedure using AHP, the criteria to be considered are divided into cost and revenue. Cost criteria is consisting of installation cost which depends on technology, operation and maintenance cost which depends on electricity utilization and logistic cost. There are 5 technologies to be considered, which are Upflow Anaerobic Sludge Blanket Technology (UASB), Cover Lagoon or Modified Cover Lagoon Technology, Completely Stirred Tank Reactor Technology (CSTR), Fixed Film Technology and Hybrid Channel Digester Technology. The revenue factors are electricity income, fertilizer income and carbon credit income. In order to analyze risk management with AHP, expert choice program is used as a tool. Weighting system in expert choice is adjustable to test sensitivity. The result is shown by using score card method. There are 5 scenarios to study, the ratio between revenue and cost change from 50:50, 60:40, 70:30, 40:40 and 30:70 consecutively. The result indicates that location 2 at dairy cooperative is the suitable location with score of 47.9%, following by location 3 and location 1 at 31.6% and 20.5%. Moreover, the sensitivity result indicates that in the main criteria don't have significant effect to change the location result but the choice itself does.

คำสำคัญ : โรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ การจัดการความเสี่ยง โปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

Key words : biogas power plant, biogas from cow manure, geographic information system (GIS), analytic hierarchy process (AHP), risk management, expert choice, sensitivity analysis.

1. บทนำ

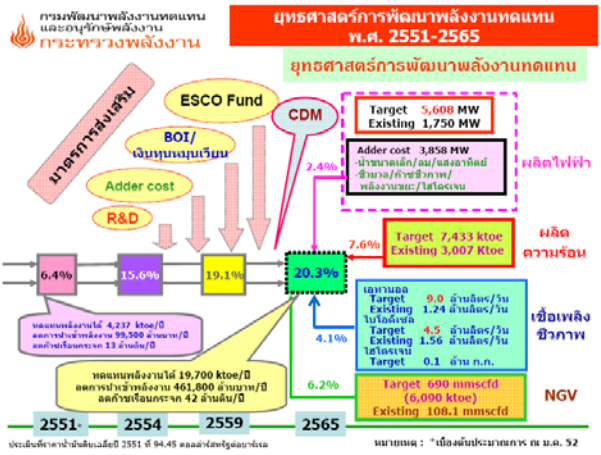
จากวิกฤตทางด้านพลังงาน ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวเพิ่มขึ้นของความต้องการด้านพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นไปเพื่อการดำรงชีวิต ด้านธุรกิจ และด้านอุตสาหกรรม มนุษย์จำเป็นต้องใช้พลังงานมากขึ้น ประเทศไทยก็เช่นกัน ปัญหาดังกล่าวได้ถูกหยิบยกขึ้นมาและพิจารณาในด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

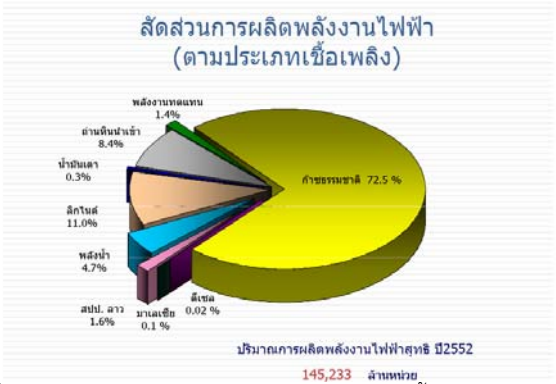
ให้เป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ทั้งฉบับที่ 3และฉบับที่ 4 ในฉบับที่ 5 ได้มีการกำหนดให้มีกฎหมายด้านพลังงาน และ ในปี 2535 [1] ไทยได้ออกกฎหมายด้านพลังงานฉบับแรกที่เรียกว่า พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และในปีพ.ศ. 2548 ได้ออกกฎหมายฉบับแก้ไขครั้งที่ 1 และ ปี พ.ศ. 2550 ได้ออกกฎหมายฉบับแก้ไขครั้งที่ 2

1.2 แผนพัฒนาพลังงาน 15 ปี (พ.ศ.2551-2565)

แผนพัฒนาพลังงาน 15 ปีนี้ มีวัตถุประสงค์คือ ให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศแทนการนำเข้าน้ำมัน เป็นการเสริมความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ เป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร เป็นการสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ และเพื่อเป็นการวิจัย พัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนประสิทธิภาพสูง โดยมีเป้าหมายคือ เพื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้เป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศ ในแผนพัฒนาพลังงาน15 ปี(พ.ศ.2551-2565) [2] ประกอบไปด้วยยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนโดยมีมาตรการส่งเสริมมากมายดังแสดงในรูปที่ 1 ในขณะที่มีการใช้พลังงานตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นนั้น พระราชดำรัสด้านเศรษฐกิจพอเพียงเป็นอีกหนึ่งคำตอบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อตอบโจทย์ด้านพลังงานได้เช่นกัน พลังงานทดแทนเช่น พลังงานจากก๊าซชีวภาพซึ่งส่วนหนึ่งสามารถนำของเสียจากการเกษตรมาแปรรูปนั้น สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานในครัวเรือนทั้งด้านพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า นอกจากจะตอบโจทย์ด้านเศรษฐกิจระดับชุมชนแล้ว ยังสามารถตอบโจทย์สิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย การพัฒนานี้เองที่จะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน สัดส่วนของพลังงานทดแทนต่อพลังงานที่ใช้ทั้งประเทศแสดงได้ดังรูปที่ 2 และสัดส่วนของก๊าซชีวภาพต่อพลังงานทดแทนทั้งหมดในประเทศแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนพ.ศ. 2551-2565
(ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)



รูปที่ 2 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตามประเภทเชื้อเพลิง
(ที่มา นโยบายการจัดทำร่างแผนพัฒนาการผลิตกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553- 2573 (PDP2010), สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

เป้าหมายพลังงานทดแทน ในปี 2554

ประเภทพลังงาน	ศักยภาพ	existing	พ.ศ. 2551-2554	
ไฟฟ้า	เมกะวัตต์	เมกะวัตต์	เมกะวัตต์	ktoe
รวม			3,276	1,047
แสงอาทิตย์	50,000	32.0	45	4
ไฟฟ้าพลังน้ำ	700	50.0	156	16
พลังงานลม	1,600	1.0	115	13
ชีวมวล	4,400	1,507.0	2,800	942
ก๊าซชีวภาพ	190	29.2	60	27
ไฟฟ้าพลังขยะ	250	4.1	100	45
พลังงานความร้อน(ktoe)	ktoe	ktoe		ktoe
รวม		2,424.3		4,035
แสงอาทิตย์	100	0.3		5
ชีวมวล	7,400	2,345.0		3,660
ก๊าซชีวภาพ	470	79.0		370
เชื้อเพลิงชีวภาพ	ล้านลิตร/วัน	ล้านลิตร/วัน	ล้านลิตร/วัน	ktoe
รวม			5.4	1,606
เอทานอล	5.4*	1.22	2.4	653
ไบโอดีเซล	3.3*	1.29	3.0	953
ความต้องการใช้พลังงานรวม (ktoe)				79,811
ความต้องการใช้พลังงานหมุนเวียนรวม (ktoe)				6,688
สัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน				8.0%
ก๊าซ NGV (ktoe)		312.0		2,516
ความต้องการใช้พลังงานทดแทนรวม (ktoe)				9,204
สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน				11.5%

* ศักยภาพการผลิตเอทานอล ไบโอดีเซลในปี 2554 คิดจากปริมาณวัตถุดิบส่วนเกิน (ผลผลิต - บริโภคในประเทศ - ส่งออก)

รูปที่ 3 แสดงเป้าหมายพลังงานทดแทนปี2554 รวมถึงก๊าซชีวภาพ (ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

การนำของเสียจากการเลี้ยงสัตว์มาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถคิดได้จากข้อมูลของเอกศักดิ์ ขวัญเมือง[3] ซึ่งพบว่า โคนมหนึ่งตัวสามารถให้มูลโคเพื่อทำเป็นก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.75 ลบ.ม. หากคิดศักยภาพของโคนมเท่ากับโคเนื้อ เราจะสามารถคำนวณศักยภาพของก๊าซชีวภาพจากโคนมและโคเนื้อรวมกันได้เท่ากับ 4,130,697 ลบ.ม. ต่อปี เมื่อคิดว่าจำนวนโคทั้งหมดคิดเป็น 9,179,327 ตัว [4] เมื่อกำหนดให้มูลโคที่นำมาใช้ประโยชน์ได้คิดเป็น 60% จากมูลโคทั้งหมด

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในสหกรณ์ลำพญากลางด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

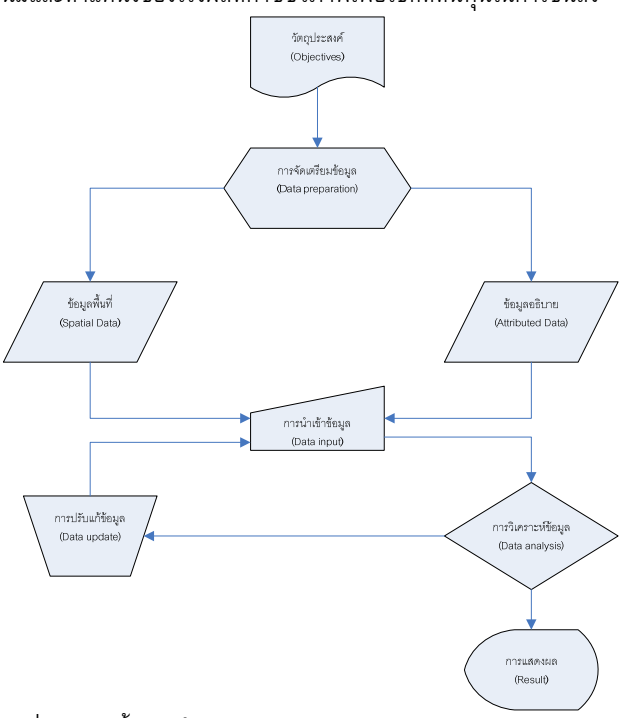
2) เพื่อนำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในสหกรณ์ในพื้นที่อื่นๆ

2.2 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Graphical Information System, GIS)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ [5] เป็นการใช้เทคโนโลยีด้านการหาตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ผ่านระบบดาวน์เทียมด้วยเครื่องมือที่เรียกกันทั่วไปว่า GPS ซึ่งมาจากคำว่า Global Positioning System หรือระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกร่วมกับข้อมูลต่างๆ ลงบนแผนที่กราฟฟิค ทำให้ได้ข้อมูลในเชิงพื้นที่ การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้จะสามารถช่วยให้การพิจารณาความเหมาะสมในการจัดการที่เกี่ยวข้องกับภูมิศาสตร์ทำงานได้ง่ายขึ้น เพราะข้อมูลมีการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งในการสร้างโรงผลิตก๊าซชีวภาพในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงโคนม

ขั้นตอนในการศึกษาสามารถอธิบายด้วยรูป ที่ 4

ในการศึกษานี้ได้นำผลการศึกษาด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้โดยการบันทึก โดยการศึกษาดังกล่าวเป็นการหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในสหกรณ์โคนมในเขตปฏิรูปที่ดินลำพญากลาง อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี โดยข้อมูลดังกล่าวถูกบันทึกในรูปของละติจูดและลองจิจูดเพื่อบันทึกตำแหน่งเป็นจุดบนแผนที่ต้นแบบด้วยโปรแกรมที่ใช้ในการทำแผนที่ตำแหน่งที่ได้ เป็นจุดอ้างอิงสำหรับคำนวณหาระยะทางระหว่างฟาร์มโคนมและตำแหน่งของโรงผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้คิดต้นทุนในการขนส่ง



รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนในการศึกษาด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

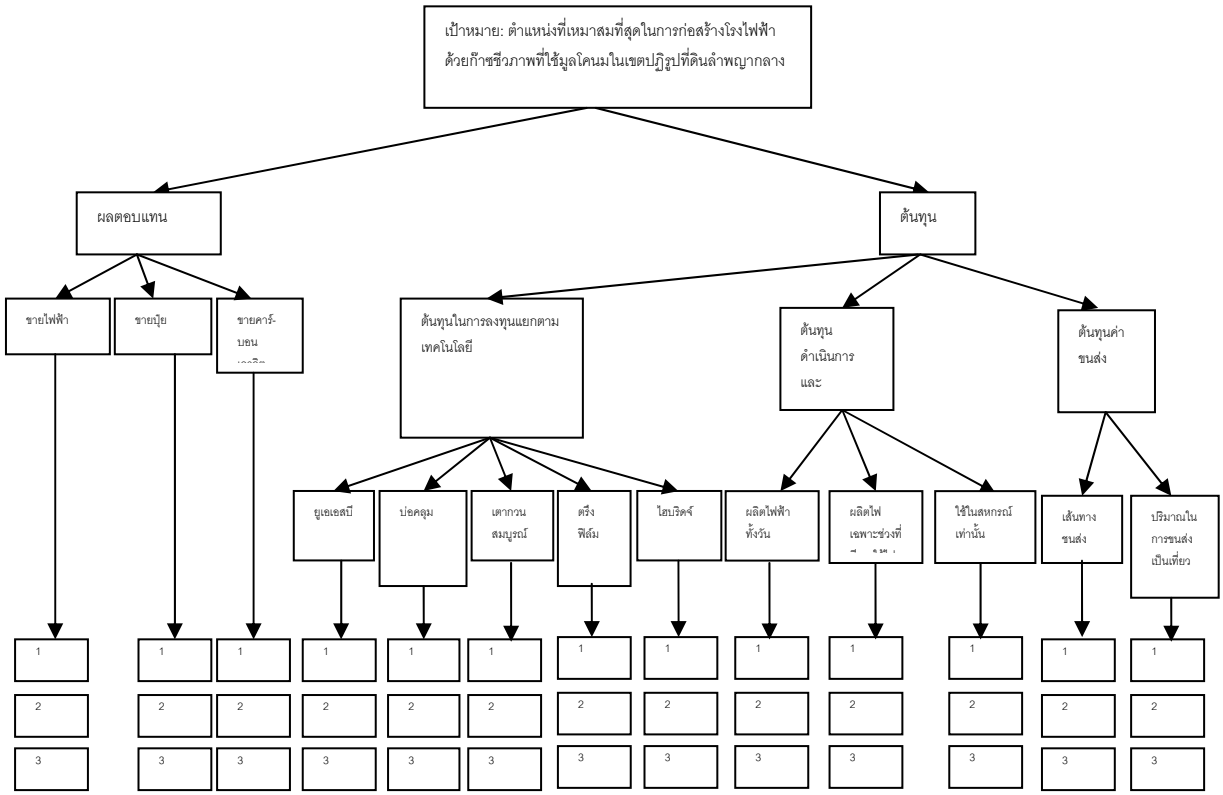
2.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process, AHP)

เป็นกระบวนการที่ถูกสร้างขึ้นมาโดย ศาสตราจารย์โทมาส ซาตี้ (Thomas L. Saaty) นักคณิตศาสตร์ชาวอเมริกัน [6] เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่มีหลายลำดับชั้น หรือหลายสถานการณ์ (Multi-scenario Decision Making Problem) กระบวนการดังกล่าวจะช่วยในการแยกแยะปัจจัยออกเป็นระดับชั้นตามความสำคัญและผลกระทบต่อปัญหา โดยผู้ใช้สามารถทำการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญและวิเคราะห์ด้วยเหตุผลตามความชำนาญรวมถึงประสบการณ์ในปัญหาดังกล่าวเป็นพื้นฐาน

นอกจากนี้ AHP ยังมีมาตรฐานความสอดคล้องเพื่อวัดความมีเหตุผลในการวิเคราะห์คำตอบ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการตัดสินใจนั้นเป็นที่ยอมรับ

ขั้นตอนในการดำเนินกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นไปตามลำดับต่อไปนี้

1) ระบุปัญหา,
2) กำหนดวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา,
3) ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง,
4) สร้างโครงร่างต้นไม้ที่เป็นลำดับชั้น ตามความสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย เป้าหมาย ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย และตัวเลือก ตามแสดงในรูปที่ 5
5) เปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ รวมทั้งตัวเลือก และให้ความสำคัญ,
6) คำนวณหาค่าความสำคัญ,
7) ทำการตัดสินใจ และหาผลที่ได้ ไม่สอดคล้อง หลังจากที่ได้มีการทดสอบความสอดคล้องในการวัดความมีเหตุผลในการวิเคราะห์คำตอบ ต้องมีการปรับค่าจนกว่าจะได้คำตอบที่ให้ค่าความสอดคล้องที่ยอมรับได้



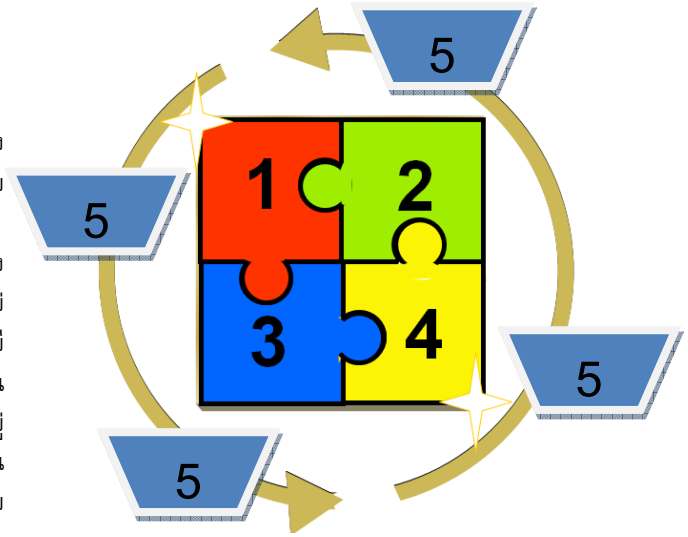
รูปที่ 5 โครงสร้างต้นไม้ของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

2.4 การจัดการความเสี่ยง (Risk management)

ความเสี่ยง หมายถึงโอกาสหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย ทำให้เกิดความเสียหาย ความไม่แน่นอนและสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

ปัจจุบันเป็นยุคสมัย ที่ต้องเผชิญกับผลกระทบของเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและรุนแรงในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงกันระหว่างประเทศ ด้านการเมืองที่มีการตื่นตัวในสิทธิและเสรีภาพอย่างกว้างขวาง การพัฒนาด้านเทคโนโลยี สังคมที่ก่อให้เกิดค่านิยมแบบใหม่ ๆ ดังนั้น เพื่อความอยู่รอดและอยู่อย่างประสบผลสำเร็จได้นั้น ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนจำเป็นต้องระวัง ปรับตัว และเตรียมตัวให้ที่จะเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงในอนาคต [7].

ขั้นตอนในการจัดการความเสี่ยงอาจแบ่งได้หลายแบบ แต่โดยทั่วไปแล้วการจัดการความเสี่ยงนิยมแบ่งขั้นตอนต่างๆ เป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งแสดงได้ ดังรูปที่ 6



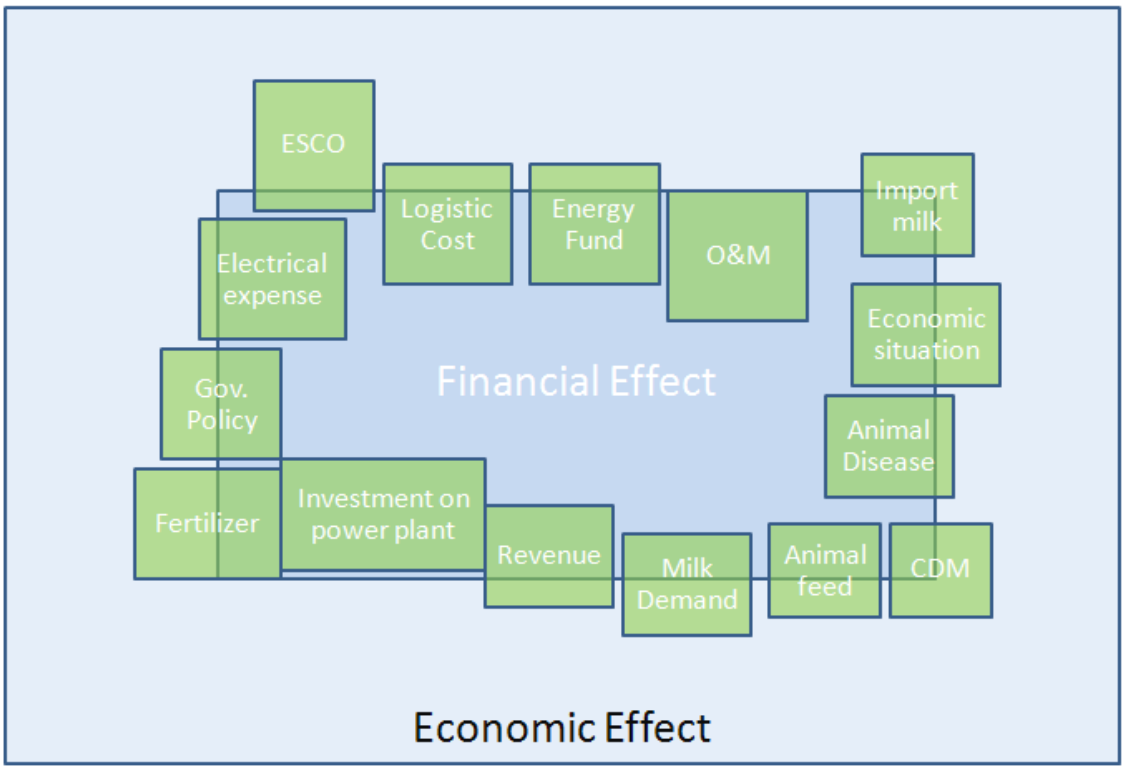
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนในการจัดการความเสี่ยง ซึ่งประกอบด้วย 1) การกำหนดวัตถุประสงค์ (Objectives Establishment), 2) การระบุความเสี่ยง (Risk Identification), 3) การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment), 4) การสร้างแผนจัดการ (Risk Management Planning), 5) การติดตามสอบทานและสื่อสาร (Monitoring, review and communication)

(ที่มา สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (กพร.))

3. ผลการศึกษาปัจจัยด้านความเสี่ยง

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับผลทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นภาพรวม ในการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ใช้มูลโคนม ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

- ESCO หรือ บริษัท จัดการพลังงาน มีผลกระทบต่อผลทางด้านการเงินของเพียงเล็กน้อย เพราะอาจมีผลอันเกิดจากค่าดำเนินการของบริษัทที่ทำธุรกิจกับโรงไฟฟ้า ขณะที่มีผลทางด้านเศรษฐกิจมากกว่า
- Logistic Cost หรือต้นทุนการขนส่ง มีผลกระทบทางด้านการเงิน ค่อนข้างมาก เพราะว่าส่งผลต่อการตัดสินใจในการเลือกตำแหน่ง ขณะที่ ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำจะทำให้ราคาของก๊าซชีวภาพต่ำลง ส่งผลกับเศรษฐศาสตร์ในชุมชนบ้าน
- Energy Fund หรือกองทุนด้านพลังงาน มีผลกระทบทางการเงินมากกว่าบริษัทจัดการมากกว่า เพราะมีการส่งเสริมในด้านการลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน ในที่นี้จึงมีผลกับเศรษฐศาสตร์และการเงินพอๆกัน
- Operation and Maintenance Cost (OM) หรือ ต้นทุนด้านการดำเนินการและการบำรุงรักษา มีผลทางด้านการเงินทั้งหมดเพราะเป็นปัจจัยที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้าโดยตรง ขณะเดียวกันก็ยังมีผลกับเศรษฐศาสตร์ในภาพรวม
- Import Milk หรือ นมโคนำเข้ามีผลทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Economic Situation หรือ สภาวการณ์ของเศรษฐกิจมีผลทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Animal Disease หรือ โรคระบาดในสัตว์ในที่นี้หมายถึงโคนม ความเสี่ยงดังกล่าวส่งผลด้านการเงินมากกว่าทางเศรษฐศาสตร์
- Clean Development Mechanism (CDM) หรือ กลไกเพื่อการพัฒนาที่สะอาด มีผลต่อทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Animal Feed หรือ อาหารสัตว์ มีผลต่อทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Milk Demand หรือความต้องการปริมาณน้ำนมโคในท้องตลาดมี ผลต่อทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Revenue หรือผลตอบแทน ในที่นี้หมายถึงผลตอบแทนจากการสร้างโรงไฟฟ้าที่ผลิตด้วยก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม มีผลทางการเงินสูงกว่าทางเศรษฐศาสตร์เล็กน้อย
- Investment on Power Plant หรือ การลงทุนสร้างโรงไฟฟ้ามีผลทางการเงินสูงกว่าทางเศรษฐศาสตร์มาก
- Fertilizer หรือ การใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ผลต่อทั้งทางด้านการเงินและผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เท่าๆกัน
- Government Policy หรือ นโยบายจากภาครัฐมีผลทางการเงินสูงกว่าทางเศรษฐศาสตร์เล็กน้อย
- Electrical Expense หรือ ค่าไฟที่เกษตรกรและสหกรณ์ใช้เพื่อกิจกรรมในครัวเรือน และ ภายในสหกรณ์ มีผลทางการเงินสูงกว่าทางเศรษฐศาสตร์มาก



รูป 7 ปัจจัยซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าด้วยจากก๊าซชีวภาพที่ใช้มูลโคนม

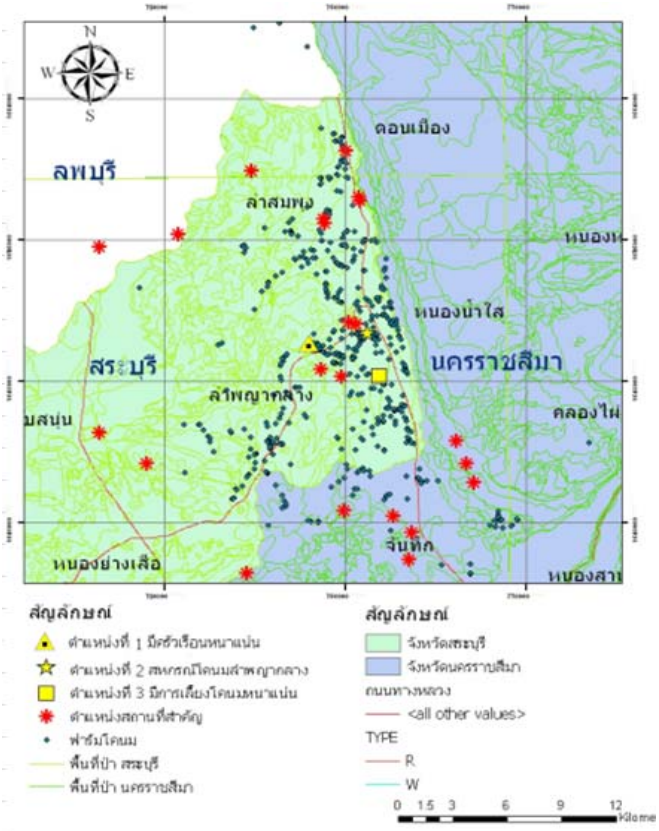
4. ผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรมGIS และ เอ็กเพิร์ตชอยส์

4.1 ผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ใช้ระบบ GIS

ด้วยข้อมูลจากการศึกษาเรื่อง ศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาะสมของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สำหรับสหกรณ์โคนมในเขตปฏิรูปที่ดินลำพญากลาง อ.มวกเหล็ก จ. สระบุรีของเอกศักดิ์ ขวัญเมือง [3] ได้ข้อสรุปว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมี 3 แห่ง (รูปที่ 8)

1. ตำแหน่งที่มีครัวเรือนหนาแน่น
2. ตำแหน่งสหกรณ์โคนมลำพญากลาง
3. ตำแหน่งที่มีโคนมหนาแน่น

เมื่อพิจารณาค่าขนส่งด้วยโปรแกรมจากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จากทั้งสามตำแหน่ง พบว่ามีค่าขนส่งคิดเป็น 3,583,622.40, 2,985,441.82 และ 3,294,528.76บาทต่อปี ตามลำดับ



รูปที่ 8 ผลการศึกษาจากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

4.2 ผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์

จากการใช้โปรแกรมเอ็กเพิร์ตชอยส์ในการจัดการความเสี่ยงโดยมีพื้นฐานจากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ซึ่งนิยมใช้ในการแก้ปัญหาหลายสถานการณ์ (Multi-scenario Decision Making Problems) เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม โดยการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ ปัจจัยทางด้านต้นทุนได้แก่ ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและระบบผลิตก๊าซชีวภาพแยกตามเทคโนโลยีที่ใช้ ต้นทุนการดำเนินการและการบำรุงรักษา และต้นทุนการขนส่ง รวมถึงปัจจัยด้านผลตอบแทนได้แก่ ผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้า ผลตอบแทนจากการขายปุ๋ย และผลตอบแทนจากการขายคาร์บอนเครดิต โดยการใช้ข้อมูลจากผลงานวิจัยของ [3] และ [6] ได้แก่ น้ำหนักการลงทุนตามเทคโนโลยี ค่าการดำเนินการและการบำรุงรักษาตามการบริหารโรงไฟฟ้า ระยะทางในการขนส่ง ในการให้น้ำหนักที่คงที่ ขณะที่ปัจจัยอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากผลตอบแทน และน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากต้นทุน ซึ่งผลจากการใช้โปรแกรมให้ผลดังรูปที่ 9

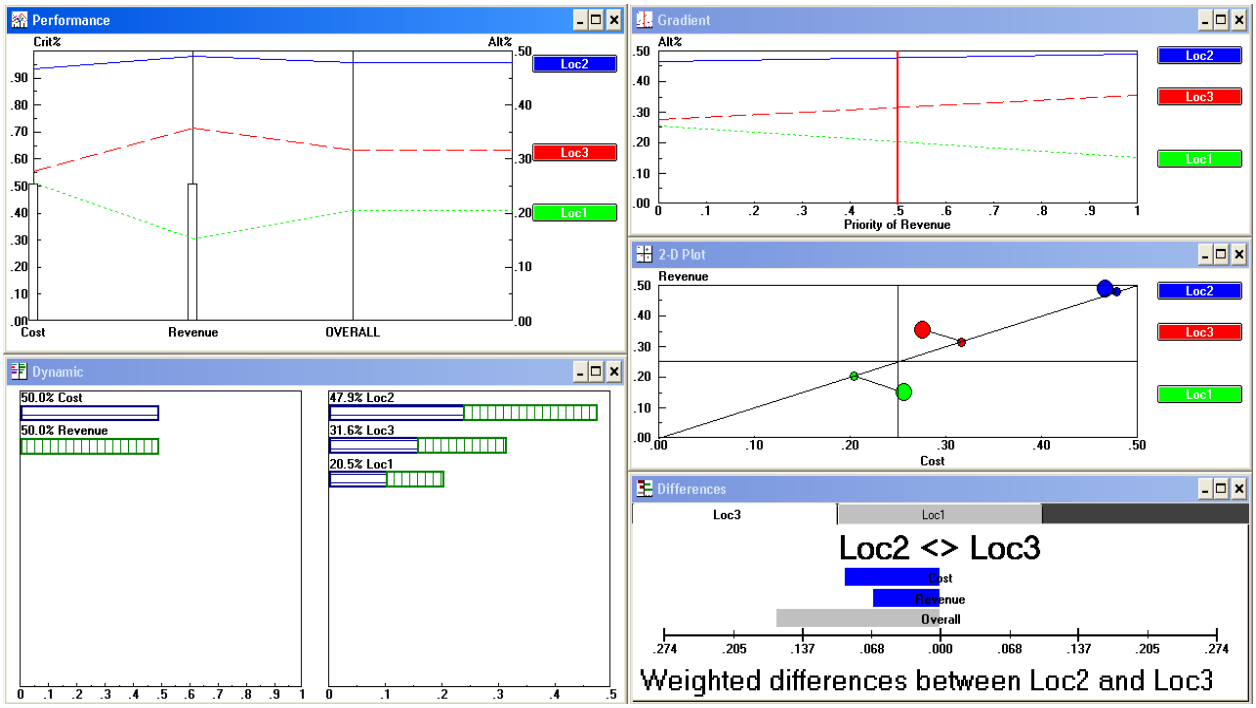
5. ผลการวิเคราะห์

5.1 การวิเคราะห์ด้วย GIS

จากการคำนวณค่าขนส่งโดยใช้ GIS เราสามารถสรุปได้ว่า ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งของสหกรณ์โคนมมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดเพียง 2,985,441.82 บาทต่อปี

5.2 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์

จากการคำนวณผ่านโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ เมื่อนำผลการศึกษาไปประมวลผลด้วยสัดส่วนต่างๆ ทำให้ทราบว่า ตำแหน่งที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุด แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้านต่างๆ ทั้งนี้ปัจจัยหลักได้แก่ ผลตอบแทนและต้นทุน ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้า ขณะที่ปัจจัยย่อยได้แก่ ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้า ระบบก๊าซชีวภาพ ต้นทุนการติดตั้งและก่อสร้างระบบ ผลตอบแทนจากการขายไฟฟ้าและตัวเลือกเองมีผลต่อการเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ ความอ่อนไหวของปัจจัยด้านต้นทุนและผลตอบแทนในการเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้าเมื่อน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทั้งสองเปลี่ยนแปลงไปสามารถแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 9 ผลการคำนวณจากโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ในรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 1 ผลคะแนนที่คำนวณได้จากโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ในการเลือกตำแหน่งในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนม ณ อัตราส่วนของต้นทุนและผลตอบแทนที่ต่างกัน

อัตราส่วนของต้นทุน (cost)กับผลตอบแทน (Revenue)	คะแนนในตำแหน่งที่1 ตำแหน่งประชากรหนาแน่น	คะแนนในตำแหน่งที่2 ตำแหน่งสหกรณ์โคนม	คะแนนในตำแหน่งที่3 ตำแหน่งโคนมหนาแน่น
50:50	20.5	47.9	31.6
60:40	21.5	47.6	30.8
70:30	22.6	47.4	30
40:60	19.5	48.1	32.4
30:70	18.4	48.3	33.2

6. สรุป

ในการเลือกตำแหน่งโรงไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมในเขตปฏิรูปที่ดินลำพญากลาง อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี การใช้โปรแกรมที่ใช้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ ทำให้สามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลและง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวเลือกได้อีกด้วย โดยผลที่ได้จากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะสามารถช่วยในการเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมมาจำนวนหนึ่ง หากพิจารณาเฉพาะค่าขนส่งซึ่งหากพิจารณาเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจตำแหน่งสหกรณ์โคนมซึ่งเป็นตำแหน่งที่สอง เป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาจากต้นทุนการขนส่งที่ 2,985,441.82 บาทต่อปี แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ ด้วยโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตชอยส์ซึ่งทำงานบนพื้นฐานของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดการความเสี่ยง พบว่าตำแหน่งที่ 2 มีความเหมาะสมที่สุดด้วยคะแนน 47.9 อย่างไรก็ตามเมื่ออัตราส่วนของต้นทุนกับผลตอบแทนเปลี่ยนแปลงไป ผลที่คำนวณได้จากโปรแกรมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งหมายความว่าคำตอบที่ได้ยังไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลโคนมควรศึกษาในด้านอื่นๆ อีก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสหกรณ์โคนมในเขตปฏิรูปที่ดินที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทน พ.ศ. 2551-2565,” 2551.
2. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน., “เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องนโยบายการจัดทำร่างแผนพัฒนาการผลิตกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553- 2573 (PDP2010), 2553.
3. Kwanmaung, A., Pattaraprakorn, W., and Bhasaputra, P., “The Optimal Operative of Secondary Energy From Cow Dung in Lamprayaklang Reform Land Dairy Cooperative,” Proceedings of International Symposium on Engineering, Energy and Environment (ISEEE) Conference, 2009.
4. กรมปศุสัตว์. “สถิติกรมปศุสัตย์เรื่อง จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และจำนวนสัตว์ในประเทศไทย ปี 2551.
5. Wattanasilp C., Pattaraprakorn, W., and Bhasaputra, P. “Optimal System of The Biogas Plant from Milk Cow Dung by Geographic information System (GIS),” Proceedings of International Symposium on Engineering, Energy and Environment (ISEEE) Conference, 2009.
6. Saikaew R., Pattaraprakorn, W., and Bhasaputra, P. “Risk management for Biogas Plant from Cow Dung By Using Expert Choice Program,” Proceedings of International Symposium on Engineering, Energy and Environment (ISEEE) Conference, 2009.
7. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (กพร.), “ เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการบริหารความเสี่ยง,” 2551