

การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง
ในจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นวิเคราะห์แบบฟัซซี่
SELECTING THE ETHANOL PRODUCTION PLANT LOCATION FROM
CASSAVA IN NAKHON RATCHASIMA PROVINCE BY USING FUZZY
ANALYTIC HIERARCHY PROCESS TECHNIQUE

ปฐมพงษ์ หอมศรี

Patomphon Homsri

วุฒิศาสตร์อุตสาหกรรม บริษัท เอสพี ดีไซน์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ประเทศไทย 20230
Senior Professional Engineer, SPP Design & Engineering Co., Ltd., Sriracha, Chonburi, Thailand, 20230
Corresponding author e-mail: sppdesignandengineering@gmail.com

วันที่เข้ารับ 16 กันยายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ 27 พฤศจิกายน 2564

วันที่ตอบรับบทความ 2 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งและวิเคราะห์เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา โดยใน 3 ทางเลือก ได้แก่ อำเภอครบุรี อำเภอเสิงสาง และอำเภอหนองบุญมาก โดยใช้เทคนิคกระบวนการแบบลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ มาประเมินหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่มีความสำคัญ 5 ลำดับแรกจากการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วย แหล่งวัตถุดิบ การคมนาคมขนส่ง ระบบสาธารณูปโภค แหล่งต้นกำลังและเชื้อเพลิง และแหล่งแรงงาน ซึ่งปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด คือ แหล่งวัตถุดิบ เนื่องจากเห็นว่าเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนสินค้าถึง 65% และเป็นค่าใช้จ่ายที่ผูกมัดระยะยาว ในการวิเคราะห์ผลของการวิจัย พบว่าอำเภอครบุรีเหมาะสมสำหรับเป็นทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังมากที่สุดในจังหวัดนครราชสีมา โดยมีคะแนน 0.426 ขณะที่อำเภอหนองบุญมาก และอำเภอเสิงสาง มีคะแนนความสำคัญ 0.361 และ 0.212 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถเป็นข้อมูลเพื่อให้ผู้ประกอบการ ผู้บริหารโรงงาน หรือผู้ที่ทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นและเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า หรือศูนย์บริการโซ่ร้านต่าง ๆ

คำสำคัญ: การเลือกสถานที่ตั้ง, โรงงานผลิตเอทานอล, กระบวนการจัดลำดับชั้น

Abstract

This study aims to study the factors of selecting locations, analyzing and comparing the importance of the factors in choosing the locations for cassava ethanol manufacturer in Nakhon Ratchasima province. Those selected locations were Khonburi, Soeng Sang, and Nong Bun Mak districts and they were selected by using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) technique to evaluate the importance of the factors which consisted of material sources, transportation, public utilities, origins of power and fuel and labor sources. The most important factor considered by the specialists was material sources because they were considered as the important part due to their 65% of product cost and their long-term obligation expense. After the research result was analyzed, it was found Khonburi district, scored in 0.426, is the most suitable site for locating a cassava ethanol manufacturer in Nakhon Ratchasima province. Meanwhile, Soeng Sang district and Nong Bun Mak districts are significantly scored in 0.361 and 0.212, respectively. This research result can be used as more reliable information for the entrepreneurs, manufacture directors, and those who are related to decision making in choosing the location for ethanol plant. In addition, it can be a guideline of using Fuzzy AHP technique to find out solutions for similar problems such as choosing locations for warehouses, distribution centers, or showrooms.

Keywords: Location selection, Ethanol production plant, Fuzzy analytic hierarchy process

1. บทนำ

สืบเนื่องจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2561-2565) ส่งเสริมการผลิตและการใช้เอทานอล ไม่น้อยกว่า 9 ล้านลิตร/วันภายในปี 2565 เพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันเพิ่มมูลค่าและสร้างเสถียรภาพให้กับผลผลิตปริมาณเพิ่มสูงขึ้น วัตถุประสงค์ในการผลิตเอทานอลในปี 2560 มีสัดส่วนจากมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากกำลังการผลิตใหม่ของโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเริ่มมีการทยอยเข้าระบบ อย่างไรก็ตามการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลยังมีความได้เปรียบด้านปริมาณ วัตถุประสงค์ เนื่องจากผู้ผลิตมักเป็นรายใหญ่ที่ต่อยอดธุรกิจจากโรงงานน้ำตาล ส่วนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังมักเกิดปัญหาการแย่งชิงวัตถุดิบกับอุตสาหกรรมอื่นรวมถึงความไม่แน่นอนด้านต้นทุน วัตถุประสงค์จากการแทรกแซงราคาจากภาครัฐเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในบางช่วงเวลา ในปี 2560 โรงงานผลิตเอทานอลที่เดินเครื่องผลิตแล้วมีจำนวน 26 ราย และมีโรงงานที่อยู่ระหว่างดำเนินการ

ก่อสร้างจำนวน 2 ราย (เพิ่มขึ้นจาก 21 ราย ในปี 2559) มีกำลังการผลิตติดตั้งจริง 5.79 ล้านลิตรต่อวันซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อแนวทางการส่งเสริมการผลิตจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ท่าเลที่ตั้งของโรงงานส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง โดยมีต้นทุนการผลิตเอทานอลประมาณ ร้อยละ 64-65 ของราคาวัตถุดิบทั้งหมด ต้นทุนวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนเปรียบเทียบระหว่างอ้อย (กากน้ำตาล) และมันสำปะหลัง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน (วรพจน์ และคณะ, 2560)

ต้นทุน	มันสำปะหลัง	อ้อย (กากน้ำตาล)
ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/ลิตร)	13.63	14.48
ต้นทุนแปรรูปเป็นพลังงาน ทดแทน (บาท/ลิตร)	20.63	21.48

เมื่อเราทำการเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบต้นทุนแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนพบว่ามันสำปะหลังก็ยังคงมีต้นทุนที่ต่ำกว่าจึงเป็นมูลเหตุจูงใจในการหาทำเลที่ตั้งเป็นโรงงานผลิตเอทานอลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพบทั่วทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ ภาคที่มีการปลูกมากที่สุด คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ร้อยละ 56.04) รองลงมา คือ ภาคเหนือ (ร้อยละ 22.06) และภาคกลาง (ร้อยละ 21.88) พื้นที่รวม 48 จังหวัด คิดเป็นพื้นที่ปลูกประมาณ 8.62 ล้านไร่ ผลผลิตรวมกว่า 29.36 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2561 จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร กาญจนบุรี สระแก้ว นครสวรรค์ ชัยภูมิ เนื้อที่เพาะปลูกของ 6 จังหวัดนี้เมื่อรวมกันแล้ว มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ดังนั้นการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจึงใช้จังหวัดนครราชสีมาในการตัดสินใจตั้งโรงงานผลิตเอทานอล ซึ่งอำเภอที่ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด 5 อันดับแรก (หน่วย : แสนตัน) ได้แก่ ครบุรี (7.7) เสิงสาง (6.9) หนองบุญมาก (5.0) ด่านขุนทด (4.6) และจักราช (2.6) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2561 (ต.ค. 60 – ก.ย. 2561))

การเลือกทำเลที่ตั้งมีความสำคัญมากต่อการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมและเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลอย่างมากต่อความสำเร็จขององค์กร การตัดสินใจนี้ควรมีความถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก เนื่องจากการตัดสินใจที่ไม่ได้เกิดขึ้นบ่อย ๆ และเป็นเรื่องยาก หรือเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนทำเลที่ตั้งของโรงงานภายหลังการตัดสินใจนั้น เหตุผลในการเลือกที่ตั้งโรงงานมาจากหลายปัจจัย เช่น มี (1) การเริ่มต้นสร้างโรงงานใหม่ (2) ต้องการที่จะขยาย เช่น กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นทำให้ต้องการพื้นที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และ (3) การย้ายโรงงานอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ราคาที่ดินหรือค่าเช่าโรงงานเดิมสูงขึ้น

เพื่อหาที่ใหม่ที่มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า การหมดสัญญาเช่าที่ดิน หรือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สังคม การเมือง และเศรษฐกิจ เป็นต้น

จากการศึกษางานมีผู้ที่ได้ศึกษาหลายท่าน เช่นการศึกษาของวรพจน์ และคณะ (2560) การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสำหรับการประเมินทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลพบว่าปัจจัยสำหรับการประเมินทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ด้านแหล่งวัตถุดิบ การขนส่ง สาธารณูปโภค แหล่งต้นกำเนิดและเชื้อเพลิง และแรงงาน ส่วนของ ณัฐวุฒิ (2555) การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค AHP และ Break-even analysis พบว่าปัจจัยที่มีผลในการตัดสินใจตั้งโรงงาน ได้แก่ ด้านตลาด คมนาคมขนส่ง สาธารณูปโภค ราคาที่ดิน แรงงาน และปัจจัยด้านภูมิประเทศด้าน ปริฉัตร (2560) พบว่าการเลือกทำเลที่ตั้งของผู้ประกอบการอุตสาหกรรม การผลิตขนาดกลางในจังหวัดหนองคายพบว่ามีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม นโยบายจากภาครัฐและท้องถิ่นแรงงาน การตลาด และขนส่ง สำหรับสิทธิพร (2551) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดกลางพบว่าผลของการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานได้แก่ ทำเลที่ตั้งโรงงานที่บางพลี สุวินทวงศ์ และบางนา โดยใช้ปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานแห่งนี้ประกอบด้วย 5 ปัจจัย อันได้แก่ ปัจจัยด้านแรงงาน วัตถุดิบ ราคาที่ดิน สาธารณูปโภค และตลาด จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานนั้นประกอบด้วยด้านภูมิประเทศ แรงงาน วัตถุดิบ ตลาด สาธารณูปโภค คมนาคมขนส่ง ราคาที่ดิน กฎหมายและภาษี ชุมชนและสังคม เชื้อเพลิง ในงานวิจัยในครั้งนี้นำมาใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าใช้เทคนิคเอเอชพี ซึ่งการใช้เทคนิคดังกล่าวยังมีข้อบกพร่องเพราะเทคนิคเอเอชพีไม่สามารถสะท้อนมุมมองและรูปแบบความคิดของมนุษย์ที่ถูกต้องเพียงพอ อีกทั้งผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบจะมีความรู้สึกขัดแย้งเวลาทำการพิจารณาซึ่งส่งผลให้ค่าตัวเลขมีความผิดพลาดไป ดังนั้นการใช้เทคนิค กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี มาช่วยในกระบวนการตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในขั้นตอนการวิเคราะห์หลักเกณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปราโมทย์ (2556) และปิยะ (2556)

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นมูลเหตุจูงใจในการหาทำเลที่ตั้งเป็นโรงงานผลิตเอทานอลในพื้นที่จังหวัด นครราชสีมา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้ประกอบการ ผู้บริหารโรงงาน หรือผู้ที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่มีความสนใจ และเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการตั้งโรงงานผลิตเอทานอลต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานผลิตเอทานอล
- 2.2 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอล

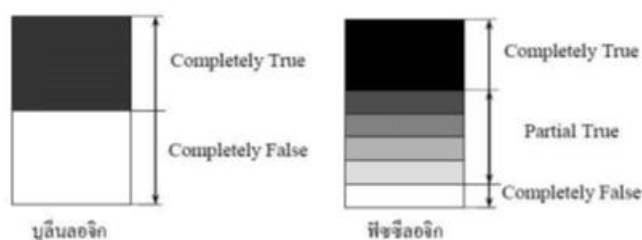
3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง เริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานในจังหวัดนครราชสีมา จากนั้นทำการพิจารณาปัจจัยในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งนำไปสู่การวิเคราะห์ปัจจัยและตัดสินใจด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy analytic hierarchy process) โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Fuzzy analysis hierarchy process)

ตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy logic) เป็น เครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ โดยใช้หลักเหตุผลที่คล้ายกับการเลียนแบบวิธีที่มีความซับซ้อนของมนุษย์ Fuzzy logic มีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะข้อเท็จจริง (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely true) กับเท็จ (Completely false) ส่วนตรรกะเดิมจะมีค่าเป็น จริง กับเท็จ เท่านั้น ดังภาพที่ 1

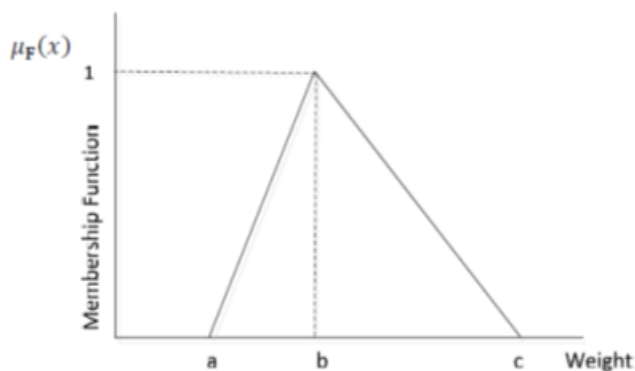


ภาพที่ 1 แสดงตรรกะแบบเท็จจริง (Boolean logic) กับตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy logic)
(ธัญยรัตน์ และอรธพล, 2560)

1) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function)

เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่ความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี่เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุก

ประการก็ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกการฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) มีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์ คือ $\{a, b, c\}$ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ฟังก์ชันภาวะสมาชิกแบบสามเหลี่ยม และพารามิเตอร์

2) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function)

2.1) การเปรียบเทียบแบบคู่จะนำตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมดังตารางที่ 2 มาแทนค่าการใช้ตัวเลขเดี่ยวแบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ห้ระดับการให้ความสำคัญจะถูกกำหนดจากการเปรียบเทียบแบบคู่ ดังเช่น

$$\tilde{M} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{n1} & 1/\tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, & \tilde{3} & \tilde{5} & \tilde{7} & \tilde{9} & \text{เกณฑ์ } i \text{ ให้ความสำคัญมากกว่า เกณฑ์ } j \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & i \neq j \\ \tilde{1}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{5}^{-1} & \tilde{7}^{-1} & \tilde{9}^{-1} & \text{เกณฑ์ } j \text{ ให้ความสำคัญมากกว่า เกณฑ์ } i \end{cases}$$

2.2) เมทริกซ์ฟัซซี่ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจะถูกใช้จากเทคนิคค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ดังนี้

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \cdots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/2}$$

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$

ตารางที่ 2 ตัวเลขแบบฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (ชัยรัตน์ และอรรณพ, 2560)

ระดับการให้ความสำคัญ (Linguistic /scale)	ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular fuzzy scale)	ตัวเลข AHP (AHP Scale)
มีความสำคัญเท่ากัน	(1,1,1)	1
มีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อย	(2,3,4)	3
มีความสำคัญมากกว่า ปานกลาง	(4,5,6)	5
มีความสำคัญมากกว่ามาก	(6,7,8)	7
มีความสำคัญมากกว่ามากที่สุด	(8,9,9)	9
ประณีประนอมเพื่อลดช่องว่าง ระหว่างความรู้สึก	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9)	2,4,6,8

2.3) น้ำหนักของฟัซซี่ของแต่ละเกณฑ์จะแสดงดังสมการที่ 4

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1}$$

คือ $\tilde{w}_i$ เป็นค่าฟัซซี่น้ำหนักของเกณฑ์ที่ i และ $\tilde{w}_i = (l\tilde{w}_i, m\tilde{w}_i, u\tilde{w}_i), l\tilde{w}, m\tilde{w}, u\tilde{w}$

คือ ค่าต่ำ ค่ากลาง และค่าสูง ของน้ำหนักฟัซซี่ของเกณฑ์ i

2.4) แปลงเลขความคลุมเครือให้อยู่ในรูปของตัวเลขจริง (Defuzzication) แล้วทำการสร้างเมทริกซ์ค่าเฉลี่ย (Normalized) ดังสมการที่ 5

$$\varpi_i = [(u\tilde{w}_i - l\tilde{w}_i) + (m\tilde{w}_i - l\tilde{w}_i)]/3 + l\tilde{w}_i$$

2.5) ความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) ตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผลในการประเมินคะแนนโดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดขึ้นโดย Saaty (1980) ก่อนนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปจากสมการที่ (6) และ (7)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

เมื่อ

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n-1}$$

โดยที่

CR คือ ค่าอัตราความสอดคล้อง (Consistency ratio)

CI คือ ค่าอัตราดัชนีความสอดคล้อง (Consistency index)

RI คือ ค่าเฉลี่ยดัชนีจากกลุ่มตัวอย่าง (Average Random index) ดังตารางที่ 3

λ_{max} คือ ผลรวมของผลหารด้วยจำนวนหลักเกณฑ์ตัดสินใจ

n คือ จำนวนหลักเกณฑ์ตัดสินใจ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Average random index: RI) (Saaty, 1980)

ขนาดเมตริกซ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่า RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45.

Saaty (1980) ได้กำหนดค่า CR ที่ยอมรับได้สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาดที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

- 1) ค่า CR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาดเป็น 3×3
- 2) ค่า CR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08 สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาดเป็น 4×4
- 3) ค่า CR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 สำหรับตารางเมตริกซ์ที่มีขนาดเป็น 4×4 ขึ้นไป

ถ้าค่า CR มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ยอมรับได้หมายถึง ผลการประเมินและวิเคราะห์นั้นมีความสอดคล้องกัน และสามารถยอมรับได้

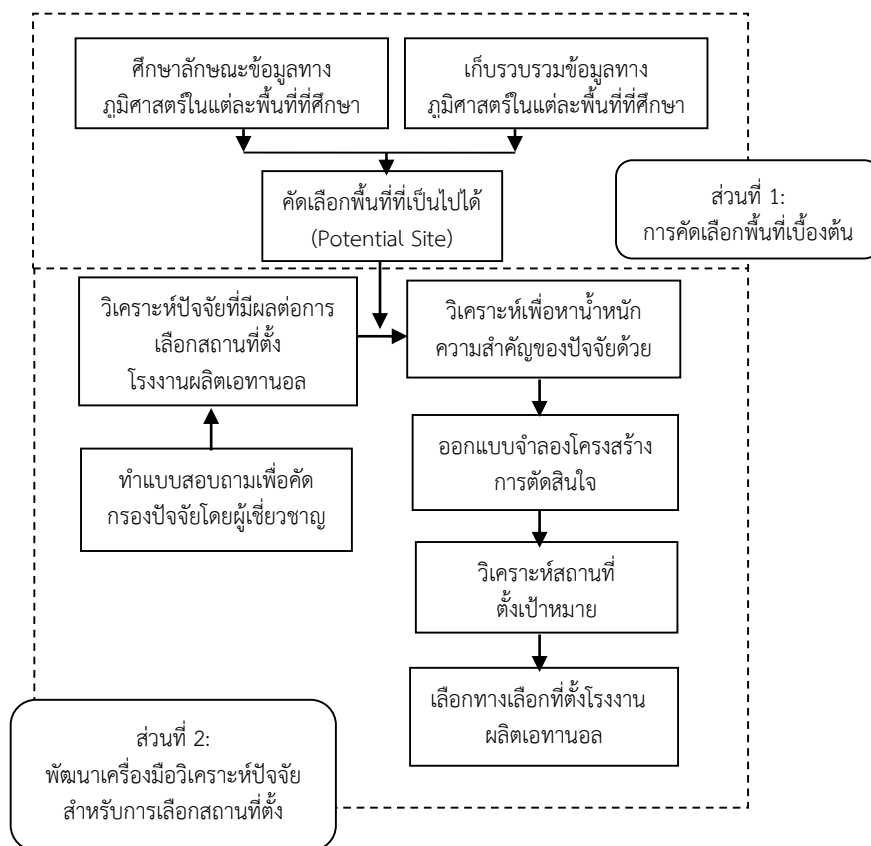
แต่ถ้าค่า CR มีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ แสดงว่าผลการประเมินและวิเคราะห์นั้นไม่มีความสอดคล้องกัน ควรมีการทำการทบทวนและทำการประเมินผลใหม่อีกครั้ง

3.2 การกำหนดปัจจัยตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน

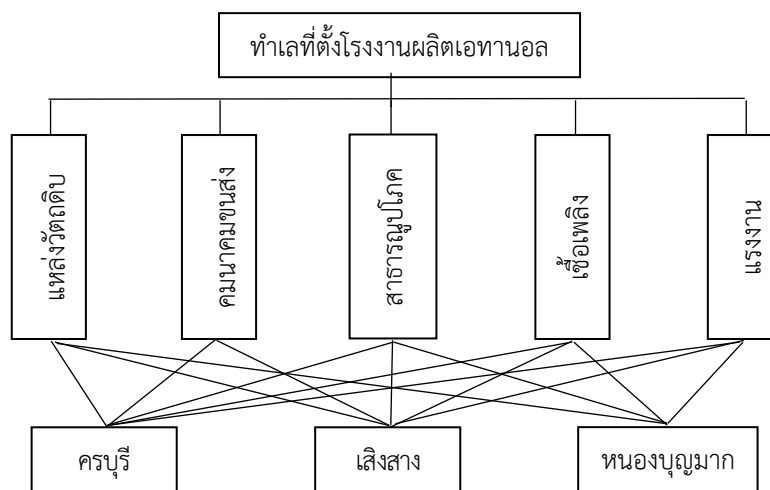
ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานโดยใช้ FAHP นั้นได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งแรงงาน ตลาด ราคาที่ดิน การคมนาคมขนส่ง ระบบสาธารณูปโภค สิ่งแวดล้อม แหล่งต้นกำเนิดและเชื้อเพลิง สังคมชุมชน กฎหมายและภาษีซึ่งจะใช้พิจารณาเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานจากทางเลือกทั้งหมด 3 แห่งโดยมองจากอำเภอที่ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด 3 อันดับแรก (หน่วย: แสนตัน) ได้แก่ ทรัพย์ (7.7) เมือง (6.9) และหนองบุญมาก (5.0) จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านทำการพิจารณาลักษณะปัจจัย ผลจากการพิจารณา พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ การขนส่ง แหล่งแรงงาน ระบบสาธารณูปโภค และแหล่งต้นกำเนิดและเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถสร้างแผนภูมิการวิเคราะห์ลำดับชั้นได้ดังภาพที่ 3

3.3 วิธีการทดสอบปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน

3.3.1 หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยนำเอาข้อมูลจากแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักและปัจจัยรองต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานตามทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 4



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 4 แผนภูมิลำดับชั้นการคัดเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอล

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

เกณฑ์หลัก	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เกณฑ์หลัก
วัตถุดิบ	3	3	3	คมนาคมขนส่ง
วัตถุดิบ	3	3	3	สาธารณูปโภค
วัตถุดิบ	3	3	3	เชื้อเพลิง
วัตถุดิบ	3	3	3	แรงงาน
คมนาคมขนส่ง	-3	-3	3	สาธารณูปโภค
คมนาคมขนส่ง	1	1	1	เชื้อเพลิง
คมนาคมขนส่ง	3	3	3	แรงงาน
สาธารณูปโภค	-3	-3	3	เชื้อเพลิง
สาธารณูปโภค	3	3	3	แรงงาน
เชื้อเพลิง	3	3	3	แรงงาน

โดยทั้ง 5 ปัจจัยผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด ใน 5 ลำดับแรกจากทั้งหมด 11 ปัจจัยแล้วนำ 5 ปัจจัยนำมาเข้าสู่การคัดเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานตามทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ต่อไป

3.3.2 ทำการแปลงค่าและเฉลี่ยค่าคะแนนของผู้เชี่ยวชาญตามหลักฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular fuzzy number) การเฉลี่ยเลขฟัซซี่ของการเปรียบเทียบปัจจัยด้านวัตถุดิบและคมนาคมขนส่งของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของเลขฟัซซี่ของการเปรียบเทียบปัจจัยด้านวัตถุดิบและคมนาคมขนส่งของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	การเปรียบเทียบปัจจัยด้านวัตถุดิบและคมนาคมขนส่ง		
1	2	3	4
2	2	3	4
3	2	3	4
ค่าเฉลี่ย	2	3	4

3.3.3 นำตัวเลขฟัซซี่ใส่ในตารางเมตริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่ (Pairwise comparison) ดังตัวอย่างตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางเมตริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ (Pairwise comparison) ของปัจจัยหลักด้านวัตถุดิบกับปัจจัยด้านอื่น ๆ

ปัจจัยหลัก	วัตถุดิบ		
วัตถุดิบ	1.000	1.000	1.000
คมนาคมขนส่ง	0.250	0.333	0.500
สาธารณูปโภค	0.250	0.333	0.500
เชื้อเพลิง	0.250	0.333	0.500
แรงงาน	0.250	0.333	0.500
ผลรวม	2.000	2.333	3.000

4. ผลการวิจัย

4.1 คำนวณค่าน้ำหนักในแต่ละปัจจัยหลักตามทฤษฎีของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบ FAHP (Fuzzy analytic hierarchy process : FAHP) คำนวณน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักที่ 1 ซึ่งก็คือ **ด้านวัตถุดิบ**

$$\begin{aligned}
 &= \{(1.000/3.000)+(2.000/7.741)+(2.000/8.283)+(2.000/8.167)+(2.000/17.000)\}/5, \\
 &\{(1.000/2.333)+(3.000/6.182)+(3.000/6.329)+(3.000/6.556)+(3.000/13.000)\}/5, \\
 &\{(1.000/2.000)+(4.000/4.882)+(4.000/4.656)+(4.000/5.083)+(4.000/9.000)\}/5 \\
 &= (0.239, 0.415, 0.682)
 \end{aligned}$$

ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณค่าน้ำหนักในแต่ละปัจจัยหลักแล้วจะได้ค่าน้ำหนักความสำคัญดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยในรูปแบบ Triangular Fuzzy Number

ปัจจัยหลัก	Triangular Fuzzy Number		
	l	m	u
วัตถุดิบ	0.239	0.415	0.682
คมนาคมขนส่ง	0.110	0.175	0.287
สาธารณูปโภค	0.101	0.171	0.298
เชื้อเพลิง	0.105	0.163	0.271
แรงงาน	0.047	0.075	0.134

จากนั้นทำการเปลี่ยนตัวเลขของ Fuzzy .ให้อยู่ในรูปของตัวเลขจริง (Defuzzication) แล้วทำการสร้างเมตริกซ์ค่าเฉลี่ย (Normalization) ค่าการคำนวณซึ่งแสดงค่าตามตารางที่ 8 เช่นค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ด้านวัตถุดิบ ดังนี้

$$= (0.239, 0.415, 0.682)$$

$$= (0.239 - ((0.682 - 0.239) + (0.415 - 0.239)) / 3 = 0.445$$

ตารางที่ 8 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

ปัจจัยหลัก	Triangular fuzzy number			ค่าภายหลัง Defuzzy	ค่า Normalization
	l	m	u		
วัตถุดิบ	0.239	0.415	0.682	0.445	0.408
คมนาคนขนส่ง	0.110	0.175	0.287	0.191	0.175
สาธารณูปโภค	0.101	0.171	0.298	0.190	0.174
เชื้อเพลิง	0.105	0.163	0.271	0.180	0.165
แรงงาน	0.047	0.075	0.134	0.085	0.078

4.2 ตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency: CR) เมื่อทราบค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยแล้วต้องทำการตรวจสอบค่าความน่าเชื่อถือของการกำหนดความสำคัญในการเปรียบเทียบค่าความสำคัญรายคู่ โดยการคำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้องตามลำดับดังนี้

$$(0.408) \begin{bmatrix} 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \end{bmatrix} + (0.175) \begin{bmatrix} 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.632 & 0.849 & 1.241 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \end{bmatrix} +$$

$$(0.174) \begin{bmatrix} 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 0.806 & 1.178 & 1.583 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.600 & 0.818 & 1.200 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \end{bmatrix} + (0.165) \begin{bmatrix} 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.833 & 1.222 & 1.667 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.250 & 0.333 & 0.500 \end{bmatrix} +$$

$$(0.078) \begin{bmatrix} 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 2.000 & 3.000 & 4.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.592 & 2.184 & 2.776 \\ 0.738 & 0.915 & 1.132 \\ 0.680 & 0.895 & 1.183 \\ 0.703 & 0.853 & 1.066 \\ 0.309 & 0.386 & 0.539 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = \frac{\{(1.592/0.408) + (0.738/0.175) + (0.680/0.174) + (0.703/0.165) + (0.309/0.078)\}/5}{\{(2.184/0.408) + (0.915/0.175) + (0.895/0.174) + (0.853/0.165) + (0.386/0.078)\}/5}$$

$$\lambda_{max} = (4.048, 5.166, 6.686) \quad \lambda_{max} = (15.90/3) = 5.300$$

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} = \frac{(5.300 - 5)}{(5-1)} = 0.075$$

$$CR = \frac{0.075}{1.11} = 0.07 < 0.1$$

*หมายเหตุ ค่า CR ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.1 หมายถึงการให้ความสำคัญสำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ของแต่ละทางเลือกมีความน่าเชื่อถือ

4.3 เปรียบเทียบทางเลือกที่แสดงผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 9 และทำการสร้างเมตริกซ์ค่าเฉลี่ย (Normalization) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ค่าทางเลือกแต่ละทางในรูปแบบ Triangular fuzzy number

ทางเลือก	Triangular fuzzy number		
	l	m	u
ครบุรี	0.459	0.681	1.036
เสิงสาง	0.259	0.344	0.558
หนองบุญมาก	0.101	0.411	0.236

ตารางที่ 10 ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือก

ปัจจัยหลัก	Triangular fuzzy number			ค่าภายหลัง Defuzzy	ค่า Normalization
	l	m	u		
ครบุรี	0.459	0.681	1.036	0.725	0.530
เสิงสาง	0.259	0.344	0.558	0.387	0.280
หนองบุญมาก	0.101	0.411	0.236	0.249	0.180

และสามารถแสดงค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในแต่ละทางเลือกดังตารางที่ 11 รวมถึงการหาการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวมทั้งหมดดังตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในแต่ละทางเลือก

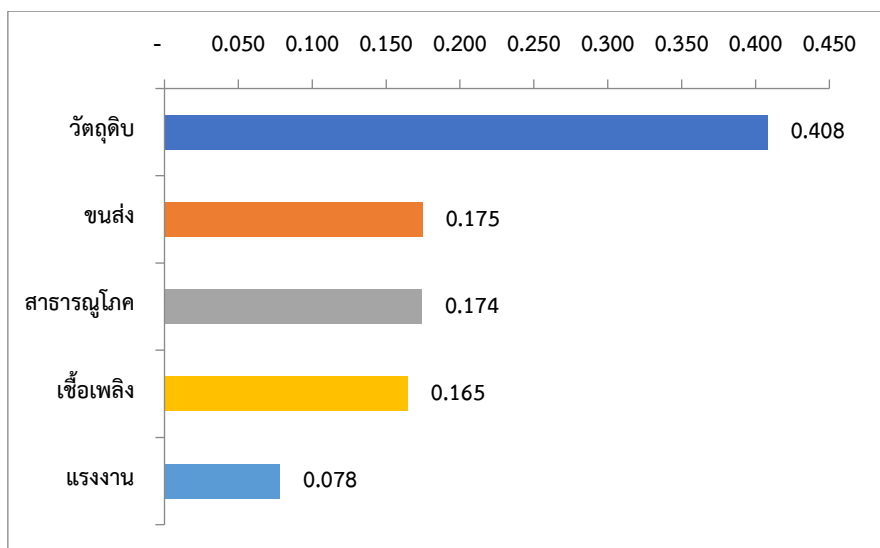
ทางเลือก	วัตถุดิบ	คมนาคม ขนส่ง	สาธารณูปโภค	เชื้อเพลิง	แรงงาน
ครบรี	0.570	0.290	0.290	0.290	0.570
เสิงสาง	0.290	0.140	0.140	0.140	0.290
หนองบุญมาก	0.140	0.570	0.570	0.570	0.140

ตารางที่ 12 แสดงการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

ทางเลือก	วัตถุดิบ	คมนาคม ขนส่ง	สาธารณูปโภค	เชื้อเพลิง	แรงงาน	ลำดับ ความสำคัญ รวม
	0.408	0.175	0.174	0.165	0.078	
ครบรี	0.232	0.050	0.050	0.047	0.044	0.426
เสิงสาง	0.118	0.024	0.024	0.023	0.022	0.212
หนองบุญมาก	0.057	0.099	0.099	0.094	0.010	0.361

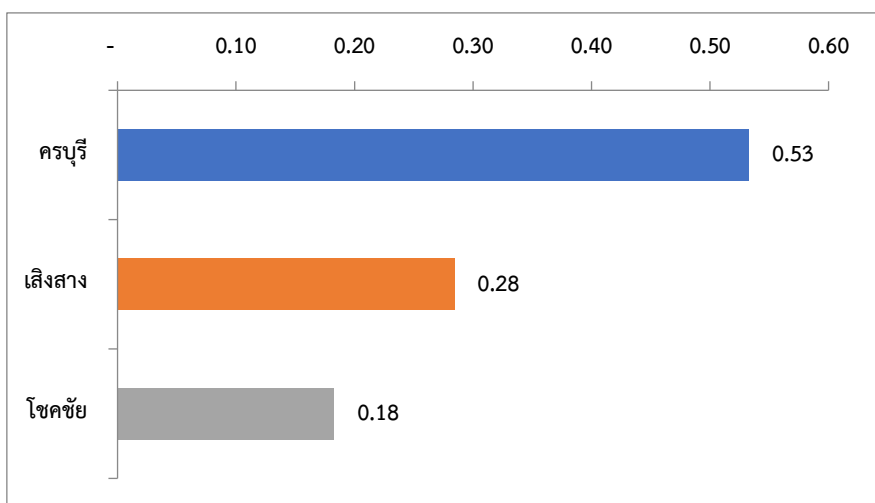
5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลในการหาทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลได้ปัจจัยหลัก/ทางเลือกและค่าน้ำหนักสำคัญก็ได้ตัวแบบในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอล โดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี มาเป็นเครื่องมือ เนื่องจากมูลค่าของโรงงานผลิตเอทานอลมีมูลค่าสูง ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องหาเทคนิคหรือวิธีการที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุดมากกว่าเทคนิคอื่น ๆ โดยค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักได้ทำการเรียงลำดับน้ำหนักจากมากไปน้อยดังนี้ วัตถุดิบ (40.8%) การคมนาคมขนส่ง (17.5%) สาธารณูปโภค (17.4%) ต้นกำเนิดน้ำมันเชื้อเพลิง (16.5%) และ แหล่งแรงงาน (7.8%) ดังภาพที่ 5



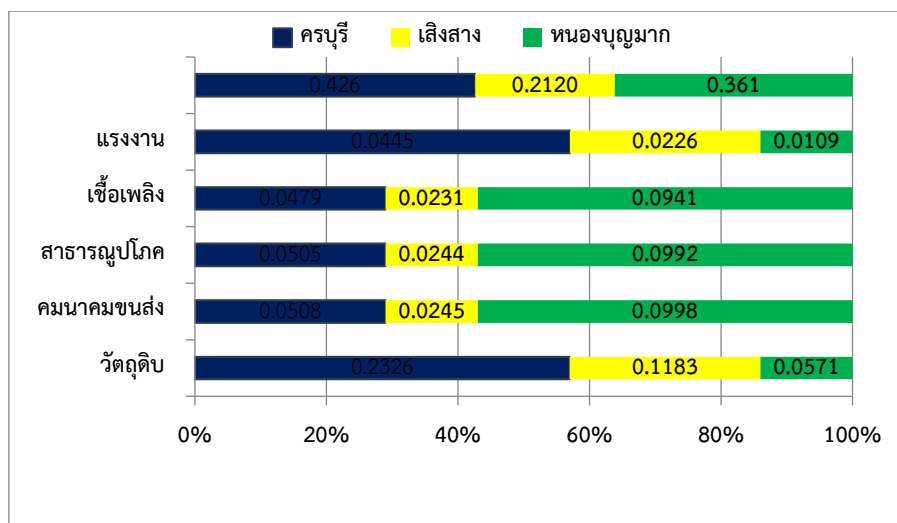
ภาพที่ 5 ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

ค่าน้ำหนักของปัจจัยในแต่ละทางเลือกของทำเลที่ตั้งโรงงานเรียงจากมากไปหาน้อยโดยมีผลรวมของน้ำหนัก ได้แก่ อำเภอบึงสามพัน (53%) เล็งสา (28%) และหนองบุญมาก (18%) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในแต่ละทางเลือก

ค่าน้ำหนักของความสำเร็จของแต่ละทางเลือกโดยเรียงลำดับน้ำหนักจากมากไปหาน้อยพร้อมด้วยคะแนน ในแต่ละปัจจัยแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

การประเมินทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี โดยมีปัจจัยซึ่งผ่านการกลั่นกรองจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านได้ปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ วัตถุดิบ คมนาคมขนส่ง สาธารณูปโภค ต้นกำเนิดกำลังและเชื้อเพลิง และแหล่งแรงงาน ซึ่งใช้ประเมินทางเลือกที่ตั้ง 3 ทางเลือก ได้แก่ อำเภอครบุรี อำเภอเสิงสาง และอำเภอหนองบุญมาก โดยสรุปได้ว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง คือ อำเภอครบุรี ด้วยคะแนนความสำคัญ (0.426) รองลงมาคือ อำเภอหนองบุญมาก ด้วยคะแนนความสำคัญ (0.361) และอำเภอเสิงสาง (0.212) ตามลำดับ ซึ่งปัจจุบันมีโรงงานผลิต เอทานอล ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา เป็นโรงงานผลิตเอทานอลแห่งที่ 2 ของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งแห่งแรกตั้งอยู่ที่อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยเพื่อรองรับการผลิต เอทานอลกับปริมาณความต้องการใช้เอทานอลในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

จากรายงานการวิจัยนี้มีการประเมินน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจากแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญเพียง 3 ท่าน ซึ่งถ้าผู้เชี่ยวชาญมีเพิ่มมากขึ้นอาจจะสะท้อนค่าได้อย่างแม่นยำให้ขึ้น นอกจากนี้การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานยังขาดการเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนแต่ละทางเลือก ซึ่งจะทำให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพื่อให้ผู้ประกอบการ ผู้บริหารโรงงาน หรือผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งปัจจัยเชิงคุณภาพและปัจจัยเชิงปริมาณ ดังนั้นการนำเอาเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี มาช่วยในกระบวนการตัดสินใจเพื่อแก้ไขความรู้สึกที่ขัดแย้งของผู้ตัดสินใจที่เมื่อเวลาทำการพิจารณาปัจจัยจะส่งผลให้ค่าตัวเลขมีความผิดพลาดไปเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งในขั้นตอนการวิเคราะห์หลักเกณฑ์

2) เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า หรือศูนย์บริการโซลาร์ต่าง ๆ เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง

- ขวัญชัย อินหันธ์ และ ตรีนศ เหล่าศิริหงษ์ทอง. (2559). การจัดลำดับความสำคัญข้อบกพร่องด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี: กรณีศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26 (3), 427-436.
- ณัฐภูมิ นาดี. (2555). การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค AHP และ Break-even analysis กรณีศึกษา บริษัท ยูไนเต็ด คาร์เบท แมนูแฟคเจอร์ จำกัด. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ธัญรัตน์ ดิยอภิสิทธิ์ และ อรรถพล สมุทรคุปต์. (2560). ตัวแบบในการคัดเลือกผู้ให้บริการการบำรุงรักษายานพาหนะโดยอาศัยเทคนิคฟิชชี เอเอชพี. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 24 (3), 127-141.
- ปริญธร วงศ์ปัจฉิม. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งตามความคิดเห็นของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมผลิตขนาดกลางในจังหวัดหนองคาย. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 7 (2), 10-18.
- ปราโมทย์ ลีอนาม. (2556). การจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟิชชี: แนวความคิดและการประยุกต์, วารสารการจัดการสมัยใหม่, 11 (1), 1-12.
- ปิยะ รนต์ละออง. (2556). ระบบการตัดสินใจคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.



- วรพจน์ พันธุ์คง, ธรีณี มณีศรี และชวลิต มณีศรี. (2560). การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสำหรับการประเมินทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล. **วิศวกรรมลาดกระบัง**, 34 (2), 37-43.
- สิทธิพร พิมพ์สกุล. (2551). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน. บัณฑิตวิทยาลัย, วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก.
- Saaty, T.L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill.