

การเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก Selecting the Type of Irrigation Water Distribution System in the Eastern Economic Corridor Development Zone

ศุภณัฐ แก้วไย, เหมือนมาศ วิเชียรสินธุ์*

Supanut Kaewyai, Muanmas Wichiensin*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ประเทศไทย

Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

* Corresponding author E-mail: fengmms@ku.ac.th

Received 12 December 2024; Revised 31 March 2025; Accepted 25 April 2025

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ : ระบบส่งน้ำชลประทานเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาและบริหารจัดการน้ำให้มีความเหมาะสม ทัวถึง และเพียงพอต่อความต้องการ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ยังไม่มีการกำหนดแนวทางการเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานให้สอดคล้องกับการใช้งานอย่างแน่ชัด อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านต่าง ๆ ในการใช้งานให้เหมาะสมกับพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้จึงต้องการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ และทางเลือกประเภทระบบส่งน้ำ เปรียบเทียบระหว่างระบบส่งน้ำแบบทางน้ำเปิดและระบบส่งน้ำแบบทางน้ำปิดโดยใช้พื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ที่เป็นโครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งมีความจำเป็นและความต้องการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก

วิธีดำเนินการวิจัย : ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแบบคลุมเครือ (FAHP) เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ได้ปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย และปัจจัยรอง 15 ปัจจัย จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ตลอดจนมีประสบการณ์ด้านการก่อสร้างและบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทาน เป็นผู้ให้น้ำหนักความสำคัญสำหรับการเลือกประเภทระบบส่งน้ำชลประทาน เปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้กับค่าของโครงการระบบส่งน้ำที่ก่อสร้างจริงของกรมชลประทานจำนวน 8 โครงการ

ผลการวิจัย : ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากในการคัดเลือก ได้แก่ จำนวนพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์จากโครงการต่อครัวเรือน ความลาดชันของพื้นที่ อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ได้รับ และการวางแผนระบบชลประทาน ตามลำดับ ในเขตพื้นที่ EEC ผลการศึกษาแนะนำว่า ระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำเปิดเหมาะสมมากกว่าระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำเปิด ด้วยค่าความสำคัญ 0.511 และ 0.489 และเมื่อเปรียบเทียบประเภทของระบบส่งน้ำที่เหมาะสมที่ได้ทำการทดสอบโดยใช้แบบจำลองเทียบกับโครงการที่ก่อสร้างแล้ว พบว่า มีความสอดคล้องกับโครงการที่ได้ก่อสร้างจริงทั้ง 8 โครงการ

สรุป : ในเขตพื้นที่ EEC ระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำปิดเหมาะสมมากกว่าระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำเปิด

การนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ : ผลการศึกษานี้สามารถแนะนำปัจจัยที่สำคัญและค่าน้ำหนักความสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกประเภทระบบส่งน้ำชลประทาน เพื่อให้เกิดความสะดวกและมีหลักการในการเลือกประเภทระบบส่งน้ำในการก่อสร้างโครงการอื่นในเขตพื้นที่ EEC ของกรมชลประทานได้ในอนาคต

คำสำคัญ : ประเภทของระบบส่งน้ำชลประทาน, ระบบส่งน้ำทางน้ำเปิด, ระบบส่งน้ำทางน้ำปิด, กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ลำดับชั้นแบบฟิชชี

Abstract

Background and Objectives: Irrigation water delivery systems are part of the development and management of water to suit demand. However, there are no clear guidelines on the type of irrigation water delivery system that would mostly benefit an area. Moreover, the consideration should be relevant to the area considered. The present study explored various factors and alternatives of the systems and compared the open-water delivery system with the closed-water delivery system for the Eastern Economic Corridor (EEC) projects.

Methodology: The study applied FAHP methodology as a decision tool and analyzed the factors from previous research. We obtained five primary factors and fifteen secondary factors. The qualified experts of the Department of Irrigation with experience in water construction and management gave weights to the type of irrigation water supply system. The model and actual results of weighing values of 8 actual water supply projects were compared.

Main Results: The significant factors affecting the selection were noted to be the number of project areas per household, area slope, economic yield and irrigation system orientation. In the EEC region, the study suggested that the closed-water irrigation system is more suitable than the open-water irrigation system, with significant values of 0.511 and 0.489, respectively. Comparing the types of the water system between the model and the real construction cases, it was found that the predicted suitable types are consistent in all the eight actual construction cases.

Conclusions: In the EEC area, the closed-water irrigation system is more suitable than the open-water irrigation system.

Practical Application: The results of the present study suggest significant factors and their weightings for evaluating the type of irrigation water delivery system. This can facilitate future

selection of a proper type of water delivery system for other construction projects in the EEC area of the Royal Irrigation Department.

Keywords: Types of Irrigation Systems, Open System Delivery System, Close Water Delivery System, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Introduction

ความต้องการใช้น้ำรวมของทั้งประเทศ ใน พ.ศ. 2560 อยู่ที่ประมาณปีละ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรสูงถึง 113,960 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 75 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในจำนวนนี้อยู่ในเขตที่มีแหล่งกักเก็บน้ำและระบบชลประทานอยู่แล้ว 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลืออีก 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรที่อยู่นอกเขตชลประทาน โดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (คิดเฉพาะการปลูกฤดูฝนเท่านั้น) รองลงไปเป็นการใช้น้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศ ประมาณ 27,090 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 18 ของความต้องการน้ำทั้งหมด) เพื่อการอุปโภคบริโภคและการท่องเที่ยวประมาณ 6,490 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 4 ของความต้องการน้ำทั้งหมด) และการอุตสาหกรรมประมาณ 4,206 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 3 ของความต้องการน้ำทั้งหมด)

นอกจากนี้ จากความต้องการใช้น้ำรวมของทั้งประเทศที่มีอยู่ประมาณ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร สามารถแบ่งออกเป็นความต้องการที่สามารถจัดการได้ทั้งสิ้นประมาณ 102,140 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำที่สามารถเข้าถึงตามแหล่งน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ได้ อาทิ แหล่งเก็บกักน้ำ อาคารพัฒนาแหล่งน้ำ แหล่งน้ำ/ลำน้ำธรรมชาติ และน้ำบาดาล เป็นต้น ในขณะที่อีกกว่าประมาณ 49,610 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำที่ยังไม่สามารถจัดการได้ ซึ่งประกอบไปด้วยการจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทาน และความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคบางส่วน [1]

ดังนั้น การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการจัดการน้ำเป็นสิ่งสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพชีวิตและส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาสังคม โดยต้องคำนึงการบริหารจัดการน้ำที่เพียงพอทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ กรมชลประทานเป็นหน่วยงานหลักมีหน้าที่กำหนดแนวทางและจัดทำยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการ โดยได้ให้ความสำคัญกับระบบชลประทานซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิภาพ ที่ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. ส่วนเก็บกักน้ำ 2. ส่วนทดน้ำและระบบส่งน้ำ 3. ส่วนระบบชลประทานในไร่นาซึ่งในส่วนของทดน้ำและระบบส่งน้ำถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งสู่พื้นที่ชลประทาน โดยระบบส่งน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

แบบทางน้ำเปิด หรือคลองส่งน้ำ คือทางน้ำที่ขุดหรือก่อสร้างขึ้น เพื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติจากอ่างเก็บน้ำ หรือแหล่งน้ำอื่น ๆ แจกจ่ายน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลกไปให้พื้นที่เพาะปลูกหรือบริเวณที่ต้องการน้ำ คลองส่งน้ำทุกสายจะมีแนวไปตามบริเวณที่สูง ซึ่งสามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่

ที่ต้องการน้ำทั้งหมดได้ โดยคลองที่สร้างจะมีขนาดและสัดส่วนพื้นที่รูปตัดขวางของตัวคลอง มีขนาดพอที่จะส่งน้ำในปริมาณที่ต้องการ และมีระดับน้ำในคลองสูงที่มีความเหมาะสม เพื่อการส่งออกไปยังบริเวณที่ต้องการน้ำได้อย่างสะดวก [2]

แบบทางน้ำปิด หรือท่อส่งน้ำที่ส่งน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยกระจายน้ำด้วยแรงดันภายในท่อไปในเขตพื้นที่เพาะปลูกและลำเลียงน้ำให้แก่เกษตรกร การจัดสรรน้ำและบริหารน้ำอย่างทำเป็นระบบตามจุดจ่ายน้ำ ทำให้การใช้น้ำในระบบท่อส่งน้ำรับแรงดันมีประสิทธิภาพและไม่ขาดแคลนน้ำสามารถส่งน้ำไปได้ไกล ลดปัญหาการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการรั่วซึม และการระเหยของน้ำ [3] ดัง Figure 1



Figure 1 Open system irrigation system and closed-water irrigation system

ระบบส่งน้ำเป็นส่วนหนึ่งของการช่วยในการพัฒนาและบริหารจัดการน้ำให้มีความเหมาะสม ทั้งถึงและเพียงพอต่อความต้องการ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดแนวทางเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานให้สอดคล้องต่อการใช้งานอย่างแน่ชัด อีกทั้งยังต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยด้านต่าง ๆ ในการใช้งานให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้จึงต้องการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ และทางเลือกประเภทระบบส่งน้ำระหว่างระบบส่งน้ำแบบทางน้ำเปิดและระบบส่งน้ำแบบทางน้ำปิด โดยใช้พื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) พื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกที่มีความจำเป็นและความต้องการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก โดยได้คัดเลือกโครงการที่จะใช้ในการทดสอบแบบจำลองที่ได้มีการก่อสร้างระบบส่งน้ำไปแล้วและมีข้อมูลเพียงพอตามปัจจัยที่ศึกษา จำนวน 8 โครงการ

อย่างไรก็ตาม ปัจจัยและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินในโครงการชลประทานจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบันและตรงตามลักษณะประเภทของระบบส่งน้ำ โดยเฉพาะปัจจัย (criteria) และเกณฑ์ค่าน้ำหนัก (weight) ที่มีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญหลายท่านในการกำหนด ทำให้มุมมองที่แตกต่างกันเกิดความไม่ชัดเจนและความไม่แน่นอนของปัจจัยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process : FAHP) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีโครงสร้างการเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์ โดยการกำหนดระดับความสำคัญแต่ละเกณฑ์เป็นตัวเลขแบบฟัซซี่นัมเบอร์ (Fuzzy Number) งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธี FAHP มาเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจที่มีความคลุมเครือและมีความสามารถในการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเลือกระบบส่งน้ำชลประทาน โดยสอบถาม

ความคิดเห็นจากบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในงานระบบส่งน้ำชลประทานของกรมชลประทาน ในการคัดเลือกปัจจัย ได้ศึกษารายงานศึกษาโครงการของกรมชลประทาน [10-14] ที่เกี่ยวกับการศึกษา ทางเลือกที่ตั้งและการจัดหาแหล่งน้ำ ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเดียวกันกับการศึกษา ในครั้งนี้ เพื่อหาปัจจัยที่จะนำมาปรับใช้ในการเลือกระบบส่งน้ำ

Methodology

การวิจัยนี้มีขั้นตอนดำเนินการโดยเริ่มจากศึกษาปัญหาการส่งน้ำในพื้นที่ในการเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทาน และศึกษาปัจจัยที่เป็นไปได้จากงานวิจัยอื่น ออกแบบสอบถาม วิเคราะห์และเปรียบเทียบ ผลจากแบบจำลองกับประเภทระบบส่งน้ำจากการก่อสร้างที่ผ่านมาแล้ว สรุปได้ดัง Figure 2

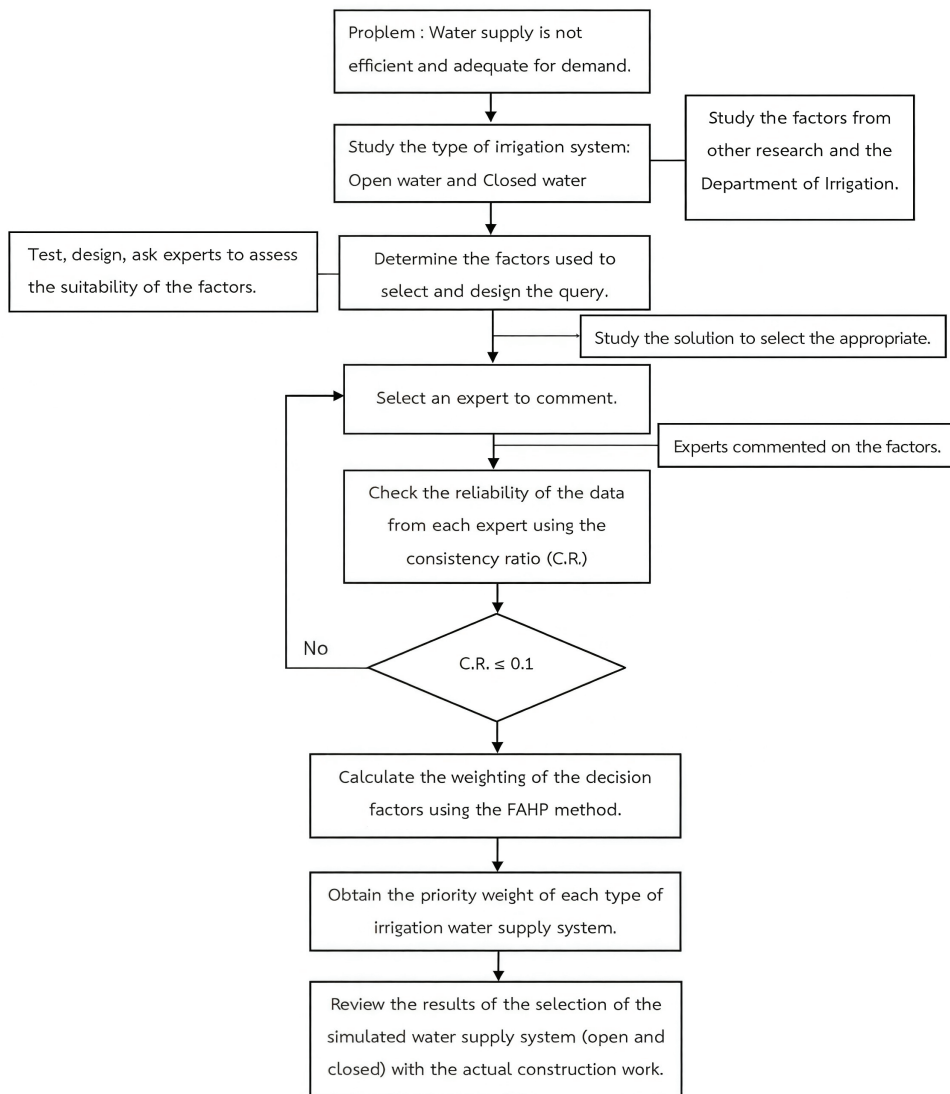


Figure 2 Methodology of the present research

การวิจัยนี้ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้นแบบฟัซซี (FAHP) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกประเภทระบบส่งน้ำชลประทาน ดังนี้ **ทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้นแบบฟัซซี (FAHP)**

โดยแต่ละวิธีการมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องพิจารณาให้ครอบคลุมทั้งด้านคุณภาพและด้านอื่น ๆ วิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพคือทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจในการแก้ปัญหาใช้การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making: MCDM) โดยแต่ละวิธีมีข้อจำกัดขึ้นอยู่กับจำนวนเกณฑ์ ความสัมพันธ์ของเกณฑ์ และความเหมาะสมของข้อมูล โดยในแต่ละวิธีการมีทั้งข้อดีและข้อด้อย [4] สรุปได้ดัง Table 1

Table 1 Comparison of advantages/disadvantages as classified by methods for different Multiple Criteria Decision Making

Method	Advantage	Disadvantage
Delphi (Delphi Technique)	Get expert opinions effectively.	Reliability of information depends on the expert. If the expert in the field is not selected, the answer may be affected.
AHP (Analytical Hierarchy Process)	The results are quantified, making it easy to compare and prioritize.	If there are multiple options (>15), it is complicated and complex. Only quantitative criteria are applicable.
FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)	Similar to AHP bias, qualitative criteria can be judged.	It takes a lot of time to analyze and has more complicated procedures than the AHP method.
ANP (Analytic Network Process)	Reflects current problems well in cases where criteria influence each other.	The structure must be non-linear and the structure must be ordered before and after.
VAHP (Voting Analytic Hierarchy Process)	Ideal for many criteria, coordinating the concept between AHP and Data Envelopment Analysis (DEA).	The assessor shall have expertise in the same areas as the evaluation criteria.
TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	It is suitable for quantitative criteria, based on both positive and negative criteria.	If there are many alternatives, there may be an error in determining the best or worst-value alternatives.

จากการศึกษาทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจจากงานวิจัย [14-18] ที่ได้ใช้วิธี AHP ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ง่ายกว่าและเหมาะสมกับสถานการณ์ที่ข้อมูลแสดงเป็นปริมาณตัวเลข หากข้อมูลไม่สมบูรณ์ มีข้อจำกัดในการใช้ค่าเดี่ยว (Crisp values) ในการตัดสินใจ อาจไม่เหมาะสมจะใช้วิธี AHP ความแม่นยำของผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลด้วย หากเปรียบเทียบการเลือกใช้วิธี AHP และวิธี FAHP กับวิธีการถ่วงค่าน้ำหนักตามเกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญชาญ ผลการตัดสินใจจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและความพร้อมของข้อมูลหากข้อมูลมีความแน่นอนและชัดเจน วิธี AHP จะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมเพียงพอ แต่หากข้อมูลมีความไม่แน่นอนเกิดความลังเลแล้ววิธี FAHP จะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมกว่า ซึ่งในการศึกษานี้ ข้อมูลปัจจัยมีลักษณะเป็นทั้งแบบชัดเจนและคลุมเครือ บางครั้งพิจารณาภายใต้สถานการณ์ที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ แต่ละปัจจัยมีเกณฑ์ทั้งด้านเชิงคุณภาพและด้านเชิงปริมาณ ทำให้ยากต่อการให้ค่าระดับคะแนนที่แน่นอน

ดังนั้น เพื่อให้การลดผลจากความคลุมเครือ และจำเป็นต้องพิจารณาให้ครอบคลุมทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ จึงเลือกวิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้นแบบฟัซซี (FAHP) เป็นการช่วยการตัดสินใจการเลือกประเภทระบบส่งน้ำในครั้งนี้

สำหรับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (FAHP) ใช้ในกระบวนการตัดสินใจ วิธีการของ Chang [5] ได้พัฒนาขั้นตอนในการคำนวณและวิเคราะห์ขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนการคำนวณและวิเคราะห์ของวิธีการ AHP และ Fuzzy เข้าด้วยกันโดยการคงรูปแบบการเปรียบเทียบระดับความสำคัญเชิงคู่ของปัจจัย แต่ในการแปลงภาษาระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบซึ่งเป็นภาษาพูดเป็นตัวเลข จะใช้ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมมาแทนการใช้ตัวเลข 1-9 โดยที่รูปแบบตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมจะเป็น (l, m, u) มี σ เป็นค่ากลางของ $\mu_{M(x)}$ และ l, u เป็นค่าขอบเขตล่างและบนตามลำดับของเลขสมาชิก แสดงได้ดังสมการที่ (1) และการตัดสินใจเปรียบเทียบปัจจัยรายคู่จะแสดงถึงการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณด้วยตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Number, TFNs) [7]

$$\text{โดยที่ } \mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1)$$

กำหนดให้ $a_{ij} = [l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$ โดยเป็นตัวเลขเดี่ยว 1-9 ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญตามทฤษฎี AHP และ $[l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$ เป็นช่วงปิดที่มีค่ากลางคือ m_{ij} ซึ่งมีค่าเท่ากับ a_{ij} โดยให้ $m_{ij} - l_{ij} = u_{ij} - m_{ij} = \sigma$ ซึ่ง σ เป็นค่าคงที่ ทำให้ช่วงการตัดสินใจของตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมมีความกว้างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างเท่ากัน [7] เมื่อ $0.5 < \sigma < 1$ ช่วงของตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมจะไม่มีการซ้อนทับกันซึ่งไม่ได้แสดงถึงการตัดสินใจที่ไม่แน่นอน และเมื่อ $\sigma > 1$ ความคลุมเครือในการตัดสินใจจะเพิ่มขึ้นทำให้ความมั่นใจในการตัดสินใจลดลง โดยค่า σ อยู่ในช่วง $0.5 < \sigma < 1$ [8] ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ค่า $\sigma = 0.75$ เหมาะสมตาม [9]

กำหนดปัจจัยที่ใช้ในการเลือก

จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องของปัจจัยที่มีผลต่องานชลประทานจากรายงานการศึกษาโครงการของกรมชลประทานและงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา จากการพิจารณาปัจจัยด้านต่าง ๆ ทำให้ได้ปัจจัยที่จะใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย 5 ปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง 15 ปัจจัย ตาม Table 2

Table 2 Main criteria and sub-criteria from other relevant research papers

Factor	Meaning	Unit	Source
1. Economic (E1)	The economic worthiness of the project		
1.1 Internal Rate of Return (IRR)	The internal rate of return	Percent	Department of Irrigation [10-11, 13-14]
1.2 Net Present Value (NPV)	The net benefit received over the duration of the project	Baht	Department of Irrigation [10-14]
1.3 Benefit Cost Ratio (B/C ratio)	The present value of the total benefit divided by the present value of the total cost		Department of Irrigation [10, 12-14]
2. Construction (C2)	Process used in construction		
2.1 Construction difficulty	The face of earth that is used in construction		Department of Irrigation [10, 12-13]
2.2 Efficiency in construction work	The amount of distance that can be constructed in a month.	Percent	
2.3 Repair and Maintenance	Repair methods and maintenance costs.	Baht	Prinsak [15], Phan Ni Ka [16]
3. Topography (T3)	The condition of the area used for construction		
3.1 Slope	The ratio of the level between the upstream and downstream	Percent	Pongpich [17]

Table 2 Main criteria and sub-criteria from other relevant research papers (continued)

Factor	Meaning	Unit	Source
3.2 Irrigation system orientation	Water supply orientation and orientation	Score 0-4 depends on slope classes	Pongpich [17]
3.3 The characteristics of the area used for construction	The low altitude of an area	Meter	Department of Irrigation [12]
4. Society: S4	The effect on the public in case of a project		
4.1 Beneficial effect	Number of irrigation areas per number of benefited households	Percent	Muanmas and Kasidet [18]
4.2 Characteristics of water demand	Priorities for water use purposes	Score 1-9 depends on the purpose	National Water Resources Commission
4.3 Effect that has been gained	Construction loss area per number of affected households	Percent	Department of Irrigation [10, 12-14]
5. Water management: M5	Water management information		
5.1 Project origin	The origin of the project before entering the process of considering the project of the Royal Irrigation Department	Score 1-4 depends on project origin.	Pongpich [17]
5.2 Water supply efficiency	The amount of water that cultivated land receives per the amount of water that is supplied to the water supply system	Percent	Department of Irrigation [10-13]
5.3 The amount of rain used	The portion of rainfall that falls on the cultivated land that plants can use	Millimeter	Department of Irrigation [10-14]

การเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับงานชลประทานมากกว่า 20 ปี และเป็นผู้ดำรงตำแหน่งผู้บริหารในระดับผู้อำนวยการสำนักขึ้นไปของกรมชลประทานที่มีคุณสมบัติและอำนาจในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับโครงการพื้นที่ EEC และทุกโครงการของกรมชลประทานตามหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและที่ได้รับมอบหมาย ทั้งหมด 8 ท่าน ดัง Table 3

Table 3 Questionnaire respondents

Professional	Position
1	Director of the Planning Division
2	Director of the Project Management Office
3	Director of the Bureau of Engineering and Geology Survey
4	Director of the Bureau of Design and Architecture
5	Director of the Bureau of Hydrology and Water Management
6	Director of the Bureau of Large Water Resources Development
7	Director of the Medium Water Resources Development Division
8	Director of the Regional Irrigation Office 9

ทดสอบความสอดคล้อง

การคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, *C.I.*) และค่าความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio, *C.R.*) เป็นการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผลในการให้คะแนน โดยการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ในแนวตั้งแต่ละแนว มาคูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแนว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์จะเท่ากับ จำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบผลรวมนี้ของค่าวินิจฉัยนี้ Eigenvalues หรือ แลมด้าแมกซ์ λ_{max} เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (2) [19]

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad (2)$$

a_{ij} คือ ค่าวินิจฉัยของแต่ละหลักเกณฑ์ในแถวตั้งละแถว

w_j คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว

สำหรับค่าดัชนีความสอดคล้อง (*C.I.*) และค่าความสอดคล้อง (*C.R.*) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) และสมการที่ (4)

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (3)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (4)$$

$C.I.$ คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$C.R.$ คือ ค่าความสอดคล้อง

หากค่า $C.R. \leq 0.1$ ถือว่าอยู่ในขั้นยอมรับได้

$R.I.$ คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงคู่

λ_{max} คือ ผลรวมของค่าวิญฉัย

การหาค่าน้ำหนักเกณฑ์

การคำนวณและวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี ใช้วิธีการของ Buck [20] โดยกำหนดขอบเขตการพิจารณาเป็นเป้าหมายในการวิเคราะห์ จากสมการที่ (5) แปลงผลการประเมินแต่ละปัจจัยให้อยู่ในรูปแบบการให้คะแนนที่เป็นเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม (TFN) แสดงได้ตาม Table 4 ขั้นตอนที่ 1 สร้างเมทริกซ์เปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคู่ $\tilde{D} = [\tilde{a}_{ij}]$ จะได้

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (5)$$

กำหนดให้ $\tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ji} \approx 1$ และ $\tilde{a}_{ij} \cong w_i/w_j$

โดยที่ $i, j = 1, 2, \dots, n$

Table 4 Pairwise comparison matrix using triangular fuzzy numbers (l, m, u)

Factor	Economic	Construction	Topography	Society	Water management
Economic	(1,1,1)	(0.250,1,1.750)	(0.174,0.200,0.235)	(0.250,1,1.750)	(0.174,0.200,0.235)
Construction	(0.571,1,4)	(1,1,1)	(0.174,0.200,0.235)	(0.250,1,1.750)	(0.250,1,1.750)
Topography	(4.250,5,5.750)	(4.250,5,5.750)	(1,1,1)	(6.250,7,7.750)	(0.250,1,1.750)
Society	(0.571,1,4)	(0.571,1,4)	(0.129,0.143,0.160)	(1,1,1)	(0.267,0.333,0.444)
Water management	(4.250,5,5.750)	(0.571,1,4)	(0.571,1,4)	(2.250,3,3.750)	(1,1,1)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณการเฉลี่ยค่าใช้วิธี Geometric Mean แสดงได้ดังสมการที่ (6)

$$v_i = (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n} \quad (6)$$

v_i คือ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

n คือ จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าขอบเขตสังเคราะห์ฟัซซี S_i เพื่อหาค่าขอบเขตสังเคราะห์ของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ จากสมการ (7)

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} \quad (7)$$

เมื่อ S_i คือ คำนำน้หนักความสำคัญของปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ คือ ผลบวกของ Triangular Fuzzy Number

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$ คือ ค่าต่างตอบแทนผลรวมของ l, m, u ทุกเกณฑ์การตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณระดับของความเป็นไปได้ ของ $S \geq S_j$ เมื่อ $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ และ $S_j = (l_j, m_j, u_j)$ โดยที่ $i=1,2,\dots,n$ และ $j=1,2,\dots,m$ และ $i \neq j$ ดังสมการ (8)

$$V(S_i \geq S_j) = \begin{cases} 1 & , \text{ ถ้า } m_i \geq m_j \\ 0 & , \text{ ถ้า } l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - m_j) - (m_j - l_j)} & , \text{ อื่นๆ} \end{cases} \quad (8)$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าน้ำหนักเกณฑ์ฟัซซี $\tilde{w}_i$ ของแต่ละเกณฑ์ที่ i จะได้ดังสมการที่ (9)

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i x(\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_k)^{-1} \quad (9)$$

โดยที่ $\tilde{r}_k = (l_k, m_k, u_k)$ และ $(\tilde{r}_k)^{-1} = (\frac{1}{u_k}, \frac{1}{m_k}, \frac{1}{l_k})$

ขั้นตอนที่ 6 ทำการ Defuzzification น้ำหนักที่ได้โดยวิธีการคำนวณหา Center of Area (CoA) ดังสมการที่ (10)

$$\tilde{w}_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (10)$$

ขั้นตอนที่ 7 ทำการ Normalization คำนำน้หนักเกณฑ์ดังสมการที่ (11) และแสดงได้ดัง Table 5

$$\tilde{w}_i = \frac{\tilde{w}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_i} \quad (11)$$

Table 5 Probability level and weight values

Degree of possibility			W'_i		Normalized
Economic: E1	$V(S_1 > S_2)$	1.000	minVS ₁	0.572	0.202
	$V(S_1 > S_3)$	0.572			
	$V(S_1 > S_4)$	0.918			
	$V(S_1 > S_5)$	1.000			
Construction: C2	$V(S_2 > S_1)$	0.501	minVS ₂	0.115	0.041
	$V(S_2 > S_3)$	0.115			
	$V(S_2 > S_4)$	0.414			
	$V(S_2 > S_5)$	0.794			
Topography: T3	$V(S_3 > S_1)$	1.000	minVS ₃	1.000	0.353
	$V(S_3 > S_2)$	1.000			
	$V(S_3 > S_4)$	1.000			
	$V(S_3 > S_5)$	1.000			
Society: S4	$V(S_4 > S_1)$	1.000	minVS ₄	0.675	0.238
	$V(S_4 > S_2)$	1.000			
	$V(S_4 > S_3)$	0.675			
	$V(S_4 > S_5)$	1.000			
Water management: M5	$V(S_5 > S_1)$	0.771	minVS ₅	0.470	0.166
	$V(S_5 > S_2)$	1.000			
	$V(S_5 > S_3)$	0.470			
	$V(S_5 > S_4)$	0.709			
sum				2.832	1.000

ตรวจสอบผลการคัดเลือกระบบส่งน้ำ (เปิดหรือปิด) จากแบบจำลองกับงานที่ก่อสร้างจริง

การเปรียบเทียบผลการศึกษาโครงการก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน ได้คัดเลือกโครงการที่ได้ก่อสร้างระบบส่งน้ำไปแล้วและมีข้อมูลเพียงพอตามปัจจัยที่ศึกษา จำนวน 8 โครงการ โดยนำค่านักความสำคัญที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญที่เห็นความเห็นที่ผ่านวิธีการ FAHP มาคำนวณหาค่าน้ำหนักแต่ละโครงการภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองจนได้ค่าน้ำหนักของประเภทเปิดหรือปิด เพื่อหาประเภทการส่งน้ำ จากแบบจำลองนำมาเปรียบเทียบกับประเภทจากงานก่อสร้างจริง เนื่องจากการตัดสินใจที่ผ่านมาของกรมชลประทานในส่วนของการก่อสร้างหรือการออกแบบระบบส่งน้ำชลประทานที่ผ่านมายังไม่มีการใช้หลักเกณฑ์หรือวิธีการตัดสินใจที่แน่ชัดเหมือนกับการศึกษาทางเลือกที่ตั้งและการจัดหาแหล่งน้ำเป็นเพียงการใช้ข้อมูลพื้นฐานของอุทกวิทยาและธรณีวิทยา

ในการตัดสินใจออกแบบระบบส่งน้ำในแต่ละประเภท โดยผ่านความเห็นจากผู้บริหารที่มีอำนาจตัดสินใจที่รับผิดชอบของโครงการนั้น ๆ การศึกษานี้จะใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการเลือกประเภทระบบส่งน้ำจากค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้การเลือกระบบส่งน้ำในอนาคตทำได้สะดวกและมีความเหมาะสม ช่วยเวลาและปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้

Results and Discussion

ผลการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญที่มีผลต่อการคัดเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานจากผู้เชี่ยวชาญตาม Table 3 แสดงผลได้ดัง Table 6 และ Figure 3 และ Figure 4 และได้ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ค่า $C.R. \leq 0.1$ ถือว่าผ่าน) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง ($C.I.$) มีค่าเท่ากับ 0.073 และค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงกลุ่ม ($R.I.$) มีค่าเท่ากับ 1.12 ทำให้ค่าความสอดคล้องของข้อมูล ($C.R.$) เท่ากับ 0.083 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.10 จึงผ่านการตรวจสอบความเชื่อถือ

จาก Table 6 และ Figure 3 พบว่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ 0.353 แสดงว่า ในการพิจารณาการคัดเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศเป็นหลัก เพื่อการจัดสรรน้ำหรือส่งน้ำไปยังพื้นที่ต่าง ๆ นั้นให้เกิดความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และสามารถนำเป็นข้อมูลทางด้านภูมิประเทศมาใช้ในการพิจารณาการคัดเลือกของประเภทของระบบส่งชลประทานต่อไป ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านสังคมมีค่าน้ำหนักความสำคัญ 0.238 แสดงว่า ปัจจัยนี้เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากจุดประสงค์ของการก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทานให้แก่ประชาชนให้ได้รับการใช้น้ำอย่างเพียงพอและทั่วถึง จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยของด้านสังคมด้วย

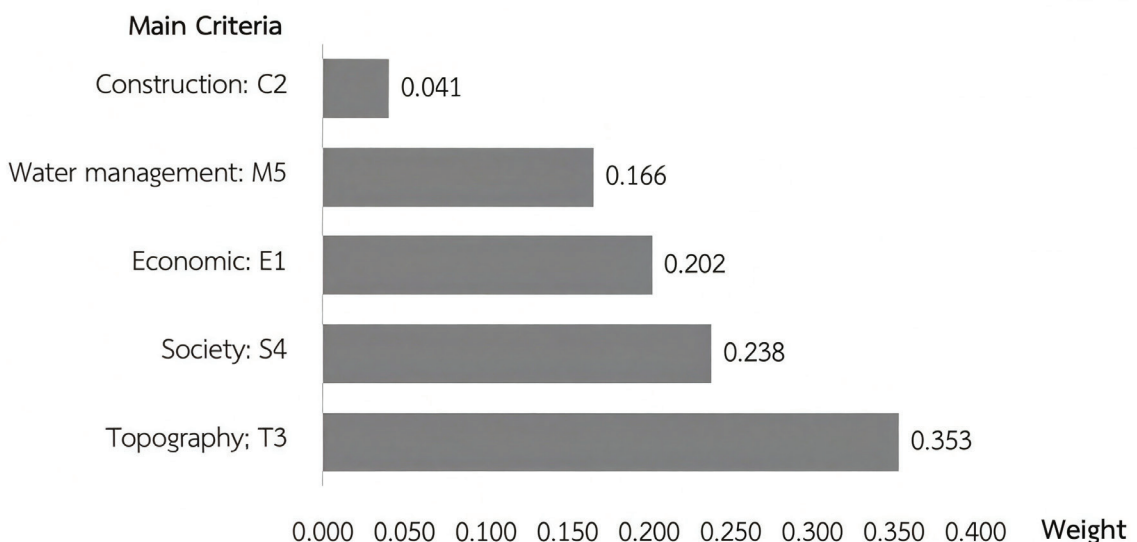


Figure 3 Priority weighting of the main factors

Table 6 Prioritization results of primary and secondary factors

Main Criteria	Weight	Sup-Criteria	Weight
Economic: E1	0.202	Internal Rate of Return (E1-1)	0.126
		Net Present Value (E1-2)	0.055
		Benefit Cost Ratio (E1-3)	0.021
Construction: C2	0.041	Construction difficulty (C2-1)	0.012
		Efficiency in construction work (C2-2)	0.016
		Repair and Maintenance (C2-3)	0.013
Topography: T3	0.353*	Slope (T3-1)	0.137
		Irrigation system orientation (T3-1)	0.121
		The characteristics of the area used for construction (T3-3)	0.095
Society: S4	0.238	Beneficial effect (S4-1)	0.147*
		Characteristics of water demand (S4-2)	0.078
		Effect that has been gained (S4-3)	0.013
Water management: M5	0.166	Project origin (M5-1)	0.073
		Water supply efficiency (M5-2)	0.044
		The amount of rain used (M5-3)	0.049
SUM	1.000		1.000

Remarks * = Maximum value of primary and secondary factors

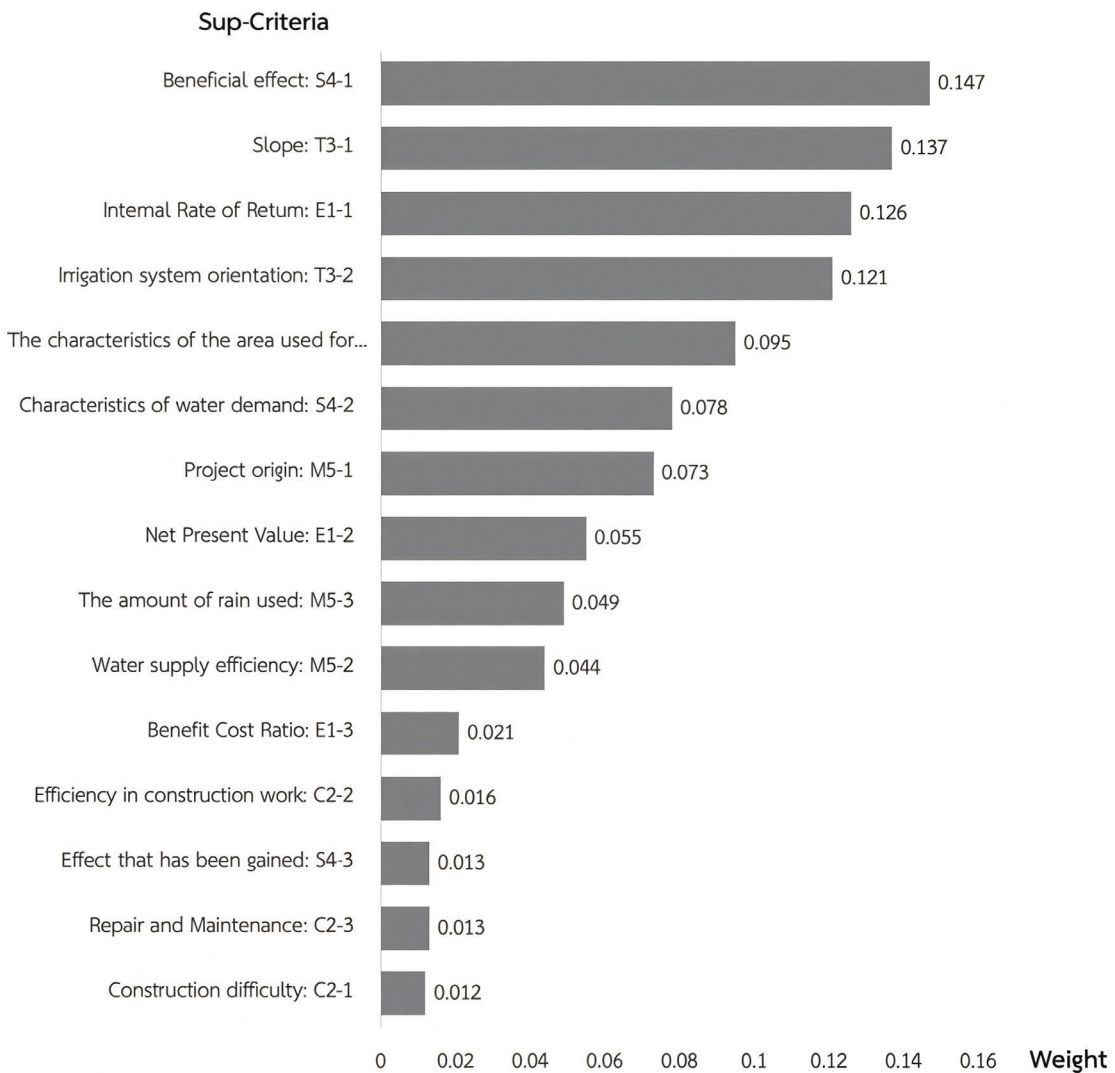


Figure 4 Weighting of the importance of secondary factors under the primary factors

จาก Table 6 และ Figure 4 ปัจจัยรองที่โดดเด่นที่สุดคือ ผลประโยชน์ที่ได้รับ ซึ่งอยู่ภายใต้ปัจจัยหลักด้านสังคม มีค่าน้ำหนัก 0.147 ทำให้เห็นว่า พื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์ทั้งสองข้างทางต่อครัวเรือนเป็นสิ่งสำคัญ และปัจจัยรองที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด คือความยากง่ายในการก่อสร้าง ซึ่งอยู่ภายใต้ปัจจัยหลักด้านก่อสร้าง มีค่าน้ำหนัก 0.012 แสดงว่า ความยากง่ายก่อสร้างของระบบส่งน้ำชลประทานนั้นไม่ได้เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญในการที่จะก่อสร้างระบบส่งน้ำชลประทาน เนื่องจากผู้ให้คะแนนเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านก่อสร้างอยู่แล้ว

Table 7 Comparison of irrigation water delivery system types between the model types and the actual construction types

Factor \ Type	Economic	Construction	Topography	Society	Water management	Priority weighting
Weight	0.202	0.041	0.353	0.238	0.166	
Open system	0.433	0.128	0.842	0.227	0.269	0.489
Closed system	0.567	0.872	0.158	0.773	0.731	0.511

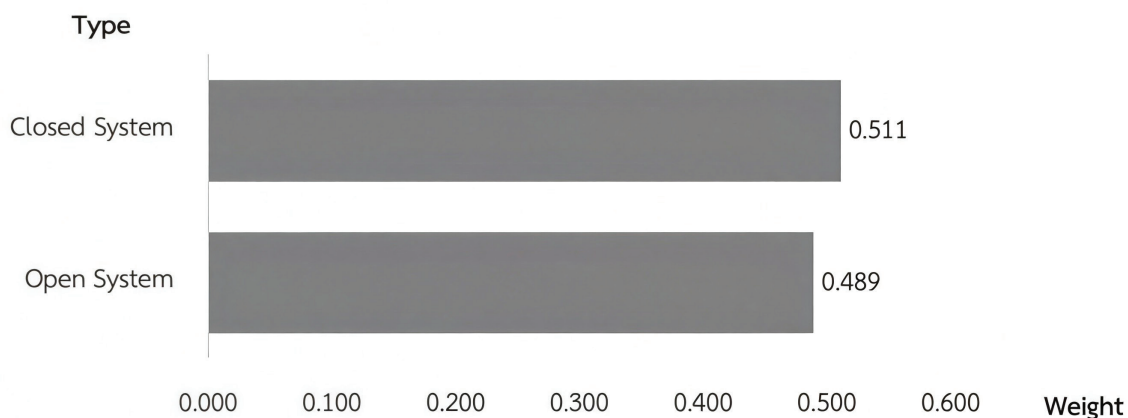


Figure 5 Priority weighting of the system types

จาก Table 7 และ Figure 5 พบว่า ประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานภายใต้ปัจจัยต่าง ๆ ระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำปิด จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญ 0.511 ส่วนระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำเปิดมีค่าน้ำหนักความสำคัญ 0.489 ซึ่งทำให้ทราบว่าระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำปิดมีความเหมาะสมมากกว่าระบบส่งน้ำชลประทานแบบทางน้ำเปิดในเขตพื้นที่กรณีศึกษา คือ ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

จากการนำข้อมูลของแต่ละโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ประเภทของระบบส่งน้ำชลประทาน โดยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ แสดงผลได้ดัง Table 8 และเมื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าน้ำหนักของแต่ละโครงการเพื่อหาทางเลือกประเภทของระบบส่งน้ำที่เหมาะสม แสดงใน Table 9

Table 8 Data on each project used as a case study with factors affecting the selection of types of irrigation water delivery systems

	E1			C2			T3			S4			M5		
	E1-1	E1-2	E1-3	C2-1	C2-2	C2-3	T3-1	T3-2	T3-3	S4-1	S4-2	S4-3	M5-1	M5-2	M5-3
P1	0.466	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433
P2	0.575	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805
P3	1.000	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642
P4	0.400	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326	0.326
P5	0.571	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556
P6	0.836	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
P7	0.381	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
P8	0.598	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243

Table 9 Results of weighting analysis

Project	Priority Value		Model type	Actual type
	Open system	Closed system		
1. Khlong Phra Sathueng Reservoir Water Supply System (P1)	0.0469	0.0317	Open system	Open system
2. Khlong Prasae Reservoir Water Supply System (P2)	0.0516	0.0376	Open system	Open system
3. Khlong Si Yat Reservoir Water Supply System (P3)	0.0561	0.0417	Open system	Open system
4. Khlong Phra Phut Reservoir Water Supply System (P4)	0.0527	0.0318	Open system	Open system
5. Khlong Phrakhet Reservoir Water Supply System (P5)	0.0291	0.0297	Closed system	Closed system
6. ump station water supply system Klong Yai - Fai Ban Khai (P6)	0.0308	0.0310	Closed system	Closed system
7. Khlong Pava Yai Reservoir Water Supply System (P7)	0.0195	0.0262	Closed system	Closed system
8. Khlong Luang Reservoir Water Supply System (P8)	0.0283	0.1370	Closed system	Closed system

พบว่า การเปรียบเทียบการเลือกประเภทของระบบส่งน้ำจากผลแบบจำลองกับโครงการที่ก่อสร้างจริงของโครงการที่ก่อสร้างไปแล้ว ทำให้เห็นความสอดคล้องของผลจากแบบจำลองและจากสภาพของโครงการแสดงดังได้ Table 9 ทำให้ทราบว่าผลจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับผลจากการก่อสร้างจริงทุกโครงการ

Conclusions

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจของระบบส่งน้ำที่โดดเด่น ได้แก่ ปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ เนื่องจากคุณสมบัติทางวิศวกรรมของระบบส่งน้ำชลประทานแต่ละประเภทยิ่งขึ้นอยู่ระดับความลาดชันหรือการวางแผนระบบชลประทานในแต่ละพื้นที่ แต่อย่างไรก็ดีปัจจัยหลักด้านภูมิประเทศที่โดดเด่นที่สุดในการศึกษาในครั้งนี้ หากพิจารณาสำหรับประเภทส่งน้ำแบบทางน้ำปิดแล้วไม่ได้มีความสำคัญนัก เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมองว่าระบบส่งน้ำแบบทางน้ำปิดสามารถส่งน้ำด้วยแรงดันได้อยู่แล้ว โดยไม่ต้องคำนึงถึงภูมิประเทศส่งผลให้ในการก่อสร้างระบบส่งน้ำในพื้นที่เขต EEC จึงไม่ต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศมากเท่าใดนัก และในพื้นที่ที่ได้เลือกเป็นกรณีศึกษาเป็นลักษณะพื้นที่ที่ราบสูงและค่อนข้างราบ โดยมีความสูงกว่าพื้นที่บริเวณใกล้เคียงและอัตราส่วนระหว่างแหล่งต้นทุนของน้ำไปถึงจุดปลายทางของระบบส่งน้ำหรือความลาดชันในพื้นที่ที่กรณีศึกษาดังกล่าว มีค่าความลาดชันของพื้นที่ที่เหมาะสมสามารถส่งน้ำได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกได้

หากพิจารณาถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักจะพบได้ว่า ปัจจัยด้านจำนวนพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์ต่อครัวเรือนภายใต้ปัจจัยด้านสังคม ถึงแม้ลักษณะภูมิประเทศจะเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการตัดสินใจการคัดเลือกประเภทของระบบส่งน้ำชลประทานให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ก็ตาม แต่ผลประโยชน์ที่ประชาชนในพื้นที่จะได้รับถือเป็นส่วนหนึ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาคัดเลือกประเภทส่งน้ำชลประทานแต่ละประเภท เพื่อให้ประชาชนสามารถใช้ได้อย่างทั่วถึงและเกิดประโยชน์สูงสุด

การศึกษานี้ได้หาวิธีวิเคราะห์ประเภทการส่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ EEC โดยผลศึกษาพบว่า ระบบส่งน้ำแบบทางน้ำปิด ค่าน้ำหนัก 0.511 มีความเหมาะสมมากกว่าระบบส่งน้ำแบบทางน้ำเปิด ค่าน้ำหนัก 0.489 จะเห็นได้ว่ามีค่าน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละประเภทมีลักษณะการก่อสร้างและการใช้งานที่มีข้อดีข้อด้อยที่แตกต่างกันในแต่ละปัจจัยตามลักษณะพื้นที่ ซึ่งในพื้นที่ EEC แบบทางน้ำปิดมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากในการดำเนินการก่อสร้างระบบส่งน้ำในเขตพื้นที่ EEC มุ่งเน้นปัจจัยในด้านเศรษฐศาสตร์ด้านการก่อสร้าง ด้านสังคม และด้านการบริหารจัดการน้ำมากกว่าปัจจัยด้านภูมิประเทศที่มีผลต่อการตัดสินใจของระบบส่งน้ำที่โดดเด่นที่สุด เนื่องจากมีลักษณะการส่งน้ำด้วยแรงดันภายในท่อส่งน้ำ ซึ่งการส่งผ่านท่อสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ง่ายกว่า และสามารถส่งน้ำได้มาก ปริมาณน้ำสูญเสีย้นน้อยกว่า ได้ค่าความคุ้มค่าที่มากกว่า ใช้พื้นที่ที่ประชาชนต้องเสียไปกับการก่อสร้างที่น้อยกว่า อีกทั้งการบริหารจัดการน้ำก็สามารถดำเนินการได้สะดวกกว่า

จากผลการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการเลือกประเภทของระบบส่งน้ำจากแบบจำลองกับประเภทที่ก่อสร้างจริง พบว่า ผลจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับผลจากการก่อสร้างจริงทั้งหมดสำหรับโครงการในพื้นที่ที่ได้ทำการศึกษา จึงขอเสนอแนะให้นำปัจจัยและค่าน้ำหนักนี้ไปใช้กับการเลือกประเภทต่อไป เนื่องจากยังมีหลายโครงการในแผนงานที่ต้องตัดสินใจกำหนดวิธีการส่งน้ำระหว่างทางน้ำเปิดและปิด ในเขตพื้นที่ EEC

ซึ่งผลค่าน้ำหนักปัจจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเลือกประเภทส่งน้ำได้ เพื่อให้การเลือกประเภทระบบส่งน้ำในการก่อสร้างโครงการมีหลักการรองรับ ลดความคลุมเครือ โดยเครื่องมือนี้ศึกษาให้เหมาะสมเฉพาะสำหรับเขตพื้นที่ EEC ของกรมชลประทาน ในส่วนของค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้อาจหวังว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันหากมีความจำเป็นและสำหรับพื้นที่ที่ยังไม่มีการศึกษาเป็นการเฉพาะ

References

1. Royal Irrigation Department. 20-Year National Strategy (B.E. 2018-2037) [Online]. Available: https://www.rid.go.th/_data/documents/rid_strategy_plan/20years_plan/strategie_2561-2580.pdf. [30 September 2018] (In Thai)
2. Vudhivanich, V.2002. Designing an Irrigation System for Rice Fields. Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand, 250. (In Thai)
3. Royal Irrigation Department. Selection of Pipes for Construction and Water Conveyance [Online]. Available: <http://kmcenter.rid.go.th/>. [13 June 2016] (In Thai)
4. Sukprung, P., Yanpirat, P. and Supapa, S. 2023. Combined fuzzy analytic hierarchy process and voting analytic hierarchy process in designing supplier selection criteria: A case study of high-voltage equipment manufacturing firms. *Operation Research Network 2023 Conference 2023 (OR-NET Conference 2023)*, 15-17 March 2023, Bangkok, Thailand, 166-172. (In Thai)
5. Chang, D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.
6. Boender, C.G.E., De Graan, J.G. and Lootsma, F. 1989. Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 29, 133-143.
7. Chan, F.T.S. and Qi, H.J. 2003. An innovative performance measurement method for supply chain management. *Supply Chain Management*, 8, 209-223.
8. Zhu, K.J., Jing, Y. and Chang, D.Y. 1999. A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 116, 450-456.
9. Chang, P.T. and Lee, E.S. 1995. The estimation of normalized fuzzy weights. *Computers & Mathematics with Applications*, 29, 21-42.
10. Royal Irrigation Department. 2012. Environmental Impact Assessment Khlong Phrao Reservoir Project. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. 194. (In Thai)

11. Royal Irrigation Department. 2014. Environmental Impact Assessment Sae-Or Reservoir Project. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. 188. (In Thai)
12. Royal Irrigation Department. 2016. Environmental Impact Assessment Ban Wang Chan Drainage Gate Project. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. 198. (In Thai)
13. Royal Irrigation Department. 2020. Environmental Impact Assessment Khlong Ta Phlai Project. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. 207. (In Thai)
14. Royal Irrigation Department. 2021. Environmental Impact Assessment Huy Sa Tor Project. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives. 204. (In Thai)
15. Thaninchaiwat, P. and Wethyavivorn P. 2019. Prioritization of irrigation project development a case of study the Khokkrathiam operation and maintenance project. *The 24th National Convention on Civil Engineering*, 10-12 July 2019, Udonthani, Thailand, 1254-1260. (In Thai)
16. Duangkert, P., Vudhivanich, V. and Thepprasit, C. 2022. Prioritization of floodgate: Pathumthani provincial irrigation office case study. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal*, 28, 32-43. (In Thai)
17. Yodying, P. 2015. Development of selection for irrigation distribution system between pressure piping system and canal system. Master of Engineering Thesis, Infrastructure Engineering and Management, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 221. (In Thai)
18. Wichiensin, M. and Cheeta, K. 2021. Ranking of reservoirs to increase the water storage capacity. *KMUTT Research and Development Journal*, 44, 33-43. (In Thai)
19. Saaty, T.L. 1994. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *INFORMS Journal on Applied Analytics*, 24, 19-43.
20. Buckley, J.J. 1985. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233-247.