

การพัฒนาโมเดลโดยใช้นิวโรฟuzzyสำหรับการคัดเลือกชั้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้น ในการจ้างงานก่อสร้างชลประทาน

อนุพงศ์ ผดุงนิกร^{1,*}, ไพจิตร ผาวาน²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Received: 15 July 2021

Revised: 17 November 2021

Accepted: 14 December 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการคัดเลือกชั้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน ด้วยระบบอนุมานฟuzzyบนโครงข่ายที่ปรับตัวได้ โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินจากผู้รับจ้างงานก่อสร้างชลประทานที่ได้ยื่นเอกสารขอขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน จากระบบทะเบียนรายชื่อ กองพัสดุ กรมชลประทาน จำนวน 40 ตัวอย่าง เป็นข้อมูลนำเข้า เพื่อทำนายค่าคะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้างการให้คะแนนประกอบด้วยคุณสมบัติเฉพาะ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านประสบการณ์และผลงาน ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ และ ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน จากนั้นนำข้อมูลมาพัฒนาโมเดล ทำการฝึกฝนจำนวน 36 ตัวอย่าง (90%) และทำการทดสอบ จำนวน 4 ตัวอย่าง (10%) พบว่าโมเดลมีค่าดัชนีทางสถิติความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) เท่ากับ 0.0101 จากนั้นทดสอบโมเดล PQ-ANFIS โดยจำลอง 5 สถานการณ์ เพื่อให้ครอบคลุมหลักเกณฑ์การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้น ผลการจำลองสถานการณ์การประเมิน พบว่า สถานการณ์ที่ 1 ผลของกรมฯ มีคะแนนรวม 27.17 คะแนน ส่วนผลของโมเดล มีคะแนนรวม 27.12 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 4 สถานการณ์ที่ 2 ผลของกรมฯ มีคะแนนรวม 38.79 คะแนน ส่วนผลของโมเดล มีคะแนนรวม 38.81 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 3 สถานการณ์ที่ 3 ผลของกรมฯ มีคะแนนรวม 71.26 คะแนน ส่วนผลของโมเดล มีคะแนนรวม 71.18 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 2 สถานการณ์ที่ 4 ผลของกรมฯ มีคะแนนรวม 84.73 คะแนน ส่วนผลของโมเดล มีคะแนนรวม 84.80 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 1 และสถานการณ์ที่ 5 ผลของกรมฯ มีคะแนนรวม 97.20 คะแนน ส่วนผลของโมเดล มีคะแนนรวม 97.08 คะแนน อยู่ในลำดับชั้นพิเศษ แสดงให้เห็นว่าโมเดล PQ-ANFIS เป็นโมเดลที่มีความแม่นยำตรงตามผลการประเมินของกรมฯ ทั้ง 5 สถานการณ์ ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความยืดหยุ่นและสะดวกในการใช้งาน สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของผู้รับจ้าง นิวโรฟuzzy งานก่อสร้างชลประทาน

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: badboyboom600@gmail.com

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Modeling for Irrigation Construction Pre-Qualification Assessment

Anupong Phadungnuk^{1,*}, Pajjit Pawan²

^{1,2}Department of Civil Engineering, School of Engineering, Sripatum University

Received: 15 July 2021

Revised: 17 November 2021

Accepted: 14 December 2021

Abstract

The objective of this study is to develop the model for irrigation construction pre-qualification assessment using an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). Assessment data of the irrigation construction contractors who applied for the pre-qualified irrigation construction contractor list were collected from the Procurement and Supply Division, Royal Irrigation Department (RID). Forty samples of such data were input into the model in order to simulate the contractor's Qualification Scores. The score was calculated based on four specific criteria including experience and performance, financial competency, human resource competency, and tools and equipment competency. Thirty-six data (or 90%) were used to train the model and four data (or 10%) were used to validate the model. Statistically, simulation result was significant, with a total statistical error (RMSE) of 0.0101. The PQ-ANFIS Model was tested using five experimental simulations, which cover all pre-qualification criteria. The results were as followed, Scenario 1: RID score was 27.17 and Model score was 27.12 making it 4th place in ranking; Scenario 2: RID score was 38.79 and Model score was 38.81 making it 3rd place in ranking; Scenario 3: RID score was 71.26 and Model score was 71.18 making it 2nd place in ranking; Scenario 4: RID score was 84.73 and Model score was 84.80 making it 1st place in ranking; and Scenario 5: RID score was 97.20 and Model score was 97.08 making it Superior in ranking. According to the results from all five scenarios, it can be concluded that PQ-ANFIS Model is a model with high accuracy and precision, high flexibility, and easy-to-use. The model can effectively simulate pre-qualification score of the construction contractors.

Keyword: Pre-Qualification, ANFIS, Irrigation Construction

* Corresponding Author; E-mail: badboyboom600@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การคัดเลือกผู้ดำเนินการก่อสร้าง (Pre-Qualify : PQ) คือ การกำหนดหลักเกณฑ์ของฝ่ายเจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้างที่เกี่ยวกับคุณสมบัติ และความสามารถพอเพียงที่จะทำงานก่อสร้างโครงการที่กำหนดได้ โดยประกาศเชิญชวนให้ผู้รับจ้างที่สนใจเข้าร่วมประมูลงานก่อสร้าง (Janthaban, 2013) สำหรับการคัดเลือกผู้รับจ้างงานก่อสร้างของหน่วยงานภาครัฐเข้าดำเนินการก่อสร้าง หลายหน่วยงานได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน เช่น การคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน (Criteria and methods of selection to be listed as a person with preliminary qualifications in the construction contract irrigation construction, 2017) เป็นการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของผู้รับจ้าง ตามหลักเกณฑ์การให้คะแนน และการหาค่าน้ำหนักในแต่ละด้าน โดยประเมินจากคุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่ ด้านประสบการณ์และผลงาน ด้านฐานะทางการเงิน ด้านบุคลากรและเจ้าหน้าที่ และด้านเครื่องจักร-เครื่องมือ ซึ่งการคัดเลือกผู้รับจ้างก่อนเข้าประมูล (Russell and Skibniewski, 1990) จะทำให้ได้ผู้รับจ้างที่มีความสามารถที่จะทำงานก่อสร้างโครงการที่กำหนดได้ ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการสอบราคาหรือการประกวดราคา เพื่อลดความเสี่ยง และลดปัญหางานก่อสร้างของภาครัฐ (Pratummet, 2013) ซึ่งจะส่งผลต่อระยะเวลา ค่าใช้จ่ายของรัฐ และคุณภาพของงานก่อสร้าง (Vanborsel and Subsomboon, 2018)

แต่การคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน ได้แบ่งผู้รับจ้างออกเป็น 5 ลำดับชั้น ได้แก่ ชั้นพิเศษ ชั้น 1 ชั้น 2 ชั้น 3 และชั้น 4 ตามลำดับ ซึ่งการจัดลำดับชั้นจะมีค่าน้ำหนักคะแนนแต่ละด้านไม่เท่ากัน โดยเฉพาะด้านฐานะทางการเงินที่มีค่าน้ำหนักคะแนนมากที่สุด ทำให้เกิดความคลุมเครือในการให้คะแนน สร้างความไม่เชื่อมั่นของการให้คะแนนผู้รับจ้าง ในบางช่วงคะแนนที่จะใช้ตัดสินลำดับชั้นที่สูงขึ้นหรือต่ำลง ตามหลักเกณฑ์และวิธีการคัดเลือกที่กรมชลประทานกำหนด ทำให้ผู้รับจ้างบางรายถูกจำกัดสิทธิผู้ที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการเข้าเสนอราคาเพื่อรับงานก่อสร้างแต่ละลำดับชั้น บทความนี้จะนำเสนอวิธีนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System : ANFIS) (Pawan, 2015) เพื่อความแม่นยำในการขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาคะแนนคุณสมบัติผู้รับจ้างก่อนเข้ามาสู่ขั้นตอนการสอบราคาหรือการประกวดราคา (ระเบียบกระทรวงการคลัง ตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับชั้นของผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้างงานก่อสร้างชลประทาน

ลำดับชั้นของผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้าง	
ลำดับชั้น	สิทธิผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการเข้าเสนอราคาเพื่อรับงานก่อสร้าง
ชั้นพิเศษ	มีสิทธิเพื่อเข้าเสนอราคารับงานก่อสร้างชลประทาน ไม่จำกัดวงเงิน
ชั้น 1	มีสิทธิเพื่อเข้าเสนอราคารับงานก่อสร้างชลประทาน ได้ครั้งหนึ่งไม่เกิน 1,000 ล้านบาท
ชั้น 2	มีสิทธิเพื่อเข้าเสนอราคารับงานก่อสร้างชลประทาน ได้ครั้งหนึ่งไม่เกิน 500 ล้านบาท
ชั้น 3	มีสิทธิเพื่อเข้าเสนอราคารับงานก่อสร้างชลประทาน ได้ครั้งหนึ่งไม่เกิน 100 ล้านบาท
ชั้น 4	มีสิทธิเพื่อเข้าเสนอราคารับงานก่อสร้างชลประทาน ได้ครั้งหนึ่งมากกว่า 10 ล้านบาทแต่ไม่เกิน 25 ล้านบาท

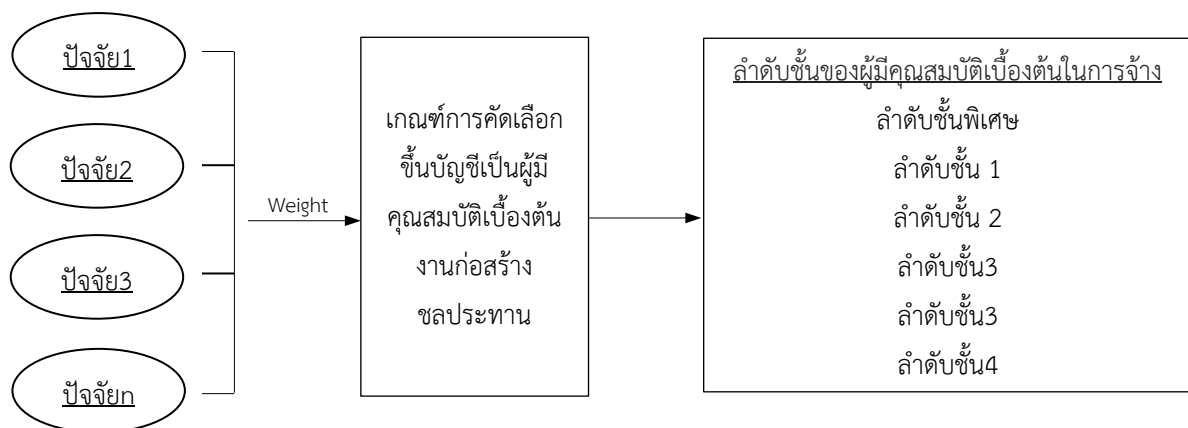
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากข้อจำกัดของการคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน มีความสำคัญต่องานก่อสร้างชลประทาน งานวิจัยนี้จึงกำหนดสมมุติฐานงานวิจัยว่าการให้คะแนนคุณสมบัติผู้รับจ้างมีความคลุมเครือไม่สัมพันธ์กับเกณฑ์การประเมิน ดังนั้นการพัฒนาโมเดลการประเมินโดยการพิจารณาคะแนนคุณสมบัติผู้รับจ้างก่อนเข้ามาสู่ขั้นตอนการสอบราคาหรือการประกวด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะลดปัญหาในการทำงาน จึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อพัฒนาโมเดลการทำนายค่าคะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้าง จากปัจจัยต่างๆ ที่กำหนด
2. เพื่อวิเคราะห์ผลการประเมินคุณสมบัติผู้รับจ้างเบื้องต้นของกรมชลประทานกับการประเมินคุณสมบัติผู้รับจ้างเบื้องต้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

มาจากหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้างก่อสร้างชลประทานของกรมชลประทาน (กองพัสดุ กรมชลประทาน) โดยใช้โมเดลการทำนายค่าคะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้าง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อเกณฑ์การคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน

ปัจจัยที่นำมาใช้ในการสร้างกรอบการวิจัยเกณฑ์การคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน ได้มาจากกองพัสดุ กรมชลประทาน และผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างกรมชลประทาน ผู้วิจัยพบว่างานที่ศึกษาการคัดเลือกคุณสมบัติผู้ดำเนินการก่อสร้าง และงานวิจัยที่ใช้ในการประเมินค่าน้ำหนักต่างๆ มีจำนวนไม่มาก ผู้วิจัยมุ่งศึกษาตัวแปรเกณฑ์การคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้างก่อสร้างชลประทาน ได้แก่ ด้านประสบการณ์ในการทำงานชลประทาน ด้านสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับจ้าง ด้านความรู้ความสามารถ และคุณสมบัติ บุคลากรของผู้รับจ้าง และด้านสมรรถภาพและประสิทธิภาพเครื่องจักร เครื่องมือของผู้รับจ้าง

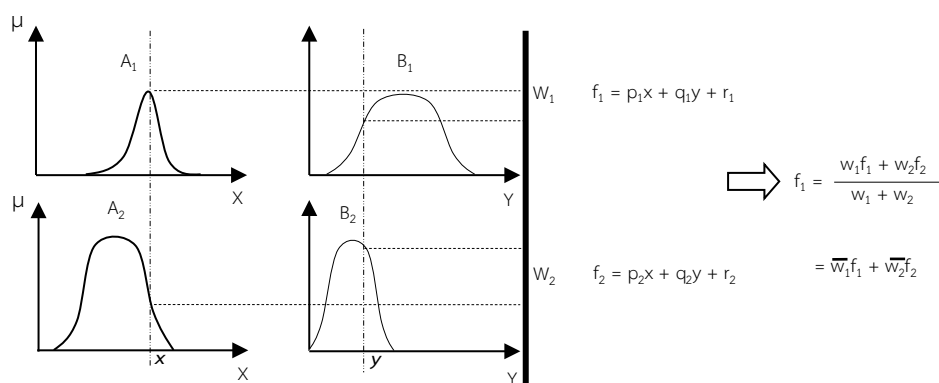
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โมเดลการคัดเลือกชั้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของผู้รับจ้าง และระบบอนุมานฟuzzyแบบโครงข่ายที่ปรับตัวได้ มาเป็นกระบวนการช่วยประเมินสำหรับการให้คะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้าง ดังต่อไปนี้

1. การประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นของผู้รับจ้าง (Pre-Qualify : PQ) มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ (1.1) การรับรองว่าผู้รับจ้าง/ผู้รับจ้างช่วงมีความสามารถ และมีประสบการณ์เพียงพอกับทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อดำเนินโครงการก่อสร้างให้เสร็จสิ้น (1.2) สามารถคัดกรองผู้รับจ้างที่ไม่มีประสบการณ์หรือไม่มีฐานะการเงินที่มั่นคง ขาดความน่าเชื่อถือ และ (1.3) การแข่งขันระหว่างผู้รับจ้างให้มากที่สุด เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าจะได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าสูงสุดจากการลงทุนโดยใช้เวลาดำเนินการให้แล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด

กระบวนการคัดเลือกเบื้องต้นโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยจะขอข้อมูลจากผู้รับจ้าง แล้วนำมาตัดสินใจคัดเลือกจากปัจจัยต่างๆ ตามประสิทธิภาพในอดีต เช่น ความมั่นคงทางการเงิน ประเภทองค์กร การจัดการคุณภาพ ความสามารถทางเทคนิค การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม และการรวบรวม เพื่อคัดเลือกผู้รับจ้าง ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการสอบราคาหรือการประกวดราคา ต่อไป (Russell, 1996)

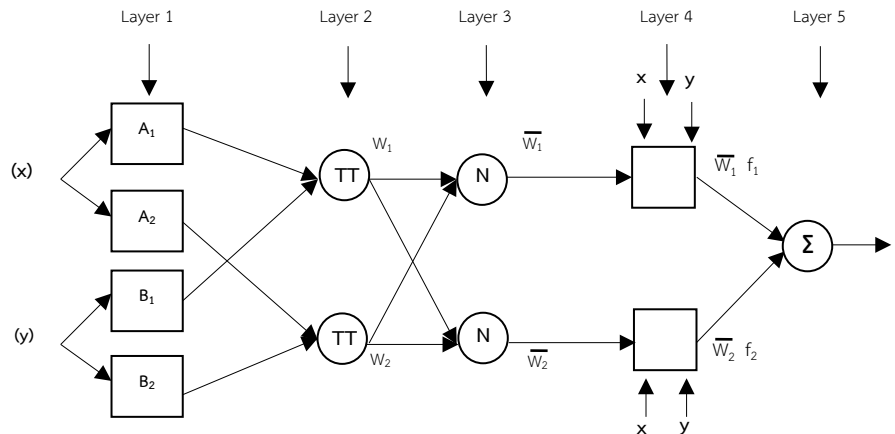
2. นิวโรฟuzzyแบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems : ANFIS) เป็นการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) มาใช้ร่วมกับฟuzzyลอจิก (Fuzzy Logic) (Zadeh, 1965) มักใช้ในกรณีที่ข้อมูลในอดีตมีจำกัดมาสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ โดยฟuzzyลอจิก จะช่วยสร้างกฎจากการเรียนรู้ของกลุ่มข้อมูล อินพุต และเอาต์พุต (ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ) สำหรับการเรียนรู้ของ ANFIS จะใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้แบบไฮบริด (hybrid learning algorithm) ซึ่งเป็นการผสมผสาน ระหว่าง วิธีกำลังสองน้อยสุด (least-squares method) และวิธีแบคพรอพพาเกชัน (backpropagation) เพื่อปรับปรุงพารามิเตอร์ของกฎฟuzzy ในการพยากรณ์ โดยอาศัยระบบอนุมานแบบฟuzzy แสดงดังภาพที่ 2 เป็นการอธิบายข้อมูลอินพุต 2 ตัว คือ x_1 และ x_2 และมีข้อมูลเอาต์พุต เพียงตัวเดียว คือ y และมีกฎฟuzzyแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) จำนวน 2 กฎ



ภาพที่ 2 ระบบอนุมานแบบฟuzzy

โดยที่ A_1, A_2, B_1 และ B_2 เป็นฟuzzyเซตของพจน์ภาษา เช่น น้อย ปานกลาง มาก ส่วน p_1, p_2, q_1, q_2, r_1 และ r_2 เป็นพารามิเตอร์ของข้อตามของกฎฟuzzy (สี่เหลี่ยม) แสดงถึงโนดที่มีพารามิเตอร์ที่สามารถปรับค่าได้ ในขณะที่โนดรูปวงกลมแสดงถึงโนดที่ไม่สามารถปรับค่าของพารามิเตอร์ได้ ระบบอนุมานแบบฟuzzy บนฐานโครงข่ายที่ปรับตัว

ได้ (ANFIS) มีโครงสร้าง ดังภาพที่ 3 โดยโนดที่เป็นสี่เหลี่ยมหมายถึง โหนดที่มีพารามิเตอร์ที่ปรับได้ ส่วนโนดที่เป็นวงกลมจะไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ได้



ภาพที่ 3 สถาปัตยกรรมของระบบอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายปรับตัวได้

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างง่ายๆ ของ ANFIS ซึ่งมี 2 อินพุต แต่ละอินพุตแบ่งเป็นสองฟัซซีเซต มิติที่ 1 (x) แบ่งฟัซซีเซตเป็น A_1 และ A_2 มิติที่ 2 (y) แบ่งเป็น B_1 และ B_2 ส่วนข้อตามมีพารามิเตอร์เป็น r_{j0} , r_{j1} และ r_{j2} โดยโครงสร้างดังกล่าวมีพื้นฐานแบบ Takagi Sugeno Kang Model (TSK) มีกฎจำนวน L กฎ ดังนี้

Rule 1: IF x_1 is A_1 and x_2 is B_1 THEN $y_1 = r_{10} + r_{11}x_1 + r_{12}x_2$

Rule 2: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_1 THEN $y_2 = r_{20} + r_{21}x_1 + r_{22}x_2$

:

Rule L : IF x_1 is A_2 and x_2 is B_2 THEN $y_2 = r_{L0} + r_{L1}x_1 + r_{L2}x_2$

โครงสร้างหลักของ ANFIS แบ่งเป็น 5 ชั้น (Layer) ได้แก่ (1) Layer 1: Antecedent Parameters เป็นชั้นพารามิเตอร์ของส่วนข้อตั้งของกฎฟัซซี (2) Layer 2: T-norm Operator เป็นชั้นทำการเชื่อมโยงค่าฟัซซีจากแต่ละมิติ (3) Layer 3: Normalize firing strength เป็นชั้น ทำค่าฟัซซีผลรวมจากข้อตั้งทุกกฎให้เป็นหนึ่ง (4) Layer 4: Consequent Parameters เป็นชั้นพารามิเตอร์ของข้อตาม (5) Layer 5: Overall Output เป็นชั้นเอาต์พุตของโครงข่าย และมีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า ANFIS สามารถนำไปใช้ในการทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์ความไม่แน่นอน

วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มจากรวบรวมข้อมูลหนังสือยืนยันขีดความสามารถและความพร้อมในวันยื่นข้อเสนอด้านประสบการณ์และผลงาน ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ และด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน ที่ผู้รับจ้างงานก่อสร้างชลประทานที่มีความประสงค์ยื่นเอกสารขอขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน จากกระบบทะเบียนรายชื่อ กองพัสดุ กรมชลประทาน ตามคุณสมบัติเฉพาะทั้งหมด 4 ด้าน เพื่อนำข้อมูลมาฝึกฝน (Train) จำนวน 40 ราย ดังแสดงตารางที่ 2

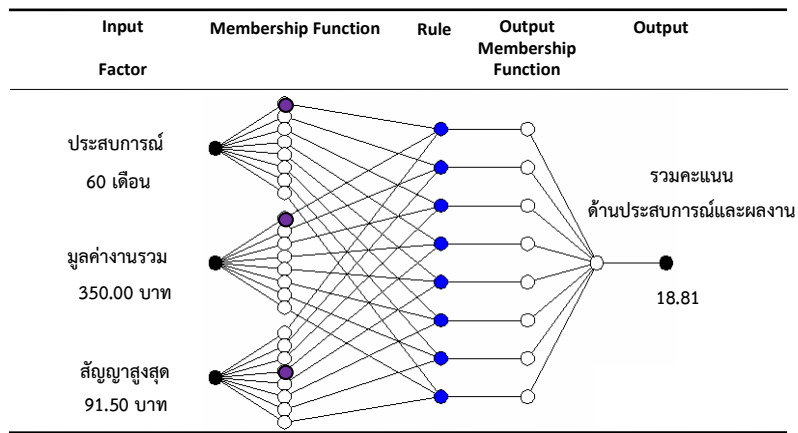
ตารางที่ 2 ข้อมูลผู้รับจ้างงานก่อสร้างชลประทานที่มีความประสงค์ยื่นขอขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้น

ลำดับ	บริษัท	ด้านประสบการณ์และผลงาน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)			
		ประสบการณ์/เดือน (5 คะแนน)	มูลค่างานรวม/บาท (7 คะแนน)	สัญญาสูงสุด/บาท (8 คะแนน)	รวมคะแนนด้าน ประสบการณ์และผลงาน (20 คะแนน)
1	ผู้รับจ้างรายที่ 1	33	149.00	12.50	9.92
2	ผู้รับจ้างรายที่ 2	18	64.20	5.00	5.38
3	ผู้รับจ้างรายที่ 3	29	111.00	11.00	8.49
4	ผู้รับจ้างรายที่ 4	24	87.00	9.00	7.15
5	ผู้รับจ้างรายที่ 5	13	37.00	2.27	3.56
6	ผู้รับจ้างรายที่ 6	20	73.50	6.00	6.01
7	ผู้รับจ้างรายที่ 7	38	280.00	47.40	15.30
8	ผู้รับจ้างรายที่ 8	25	90.00	9.05	7.34
9	ผู้รับจ้างรายที่ 9	46	308.00	68.00	17.24
10	ผู้รับจ้างรายที่ 10	60	350.00	111.70	19.50
11	ผู้รับจ้างรายที่ 11	55	350.00	84.30	18.46
12	ผู้รับจ้างรายที่ 12	60	350.00	125.50	19.80
13	ผู้รับจ้างรายที่ 13	30	153.00	25.00	10.94
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
31	ผู้รับจ้างรายที่ 31	60	350.00	128.00	19.84
32	ผู้รับจ้างรายที่ 32	60	350.00	91.50	18.81
33	ผู้รับจ้างรายที่ 33	60	350.00	150.00	20.00
34	ผู้รับจ้างรายที่ 34	60	350.00	150.00	20.00
35	ผู้รับจ้างรายที่ 35	60	350.00	150.00	20.00
36	ผู้รับจ้างรายที่ 36	60	350.00	150.00	20.00
37	ผู้รับจ้างรายที่ 37	17	63.50	4.50	5.19
38	ผู้รับจ้างรายที่ 38	30	132.50	20.00	10.00
39	ผู้รับจ้างรายที่ 39	55	350.00	82.20	18.36
40	ผู้รับจ้างรายที่ 40	60	350.00	93.50	18.89

การพัฒนาโมเดล (PQ-ANFIS)

1. การนำเข้าข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ (Train)

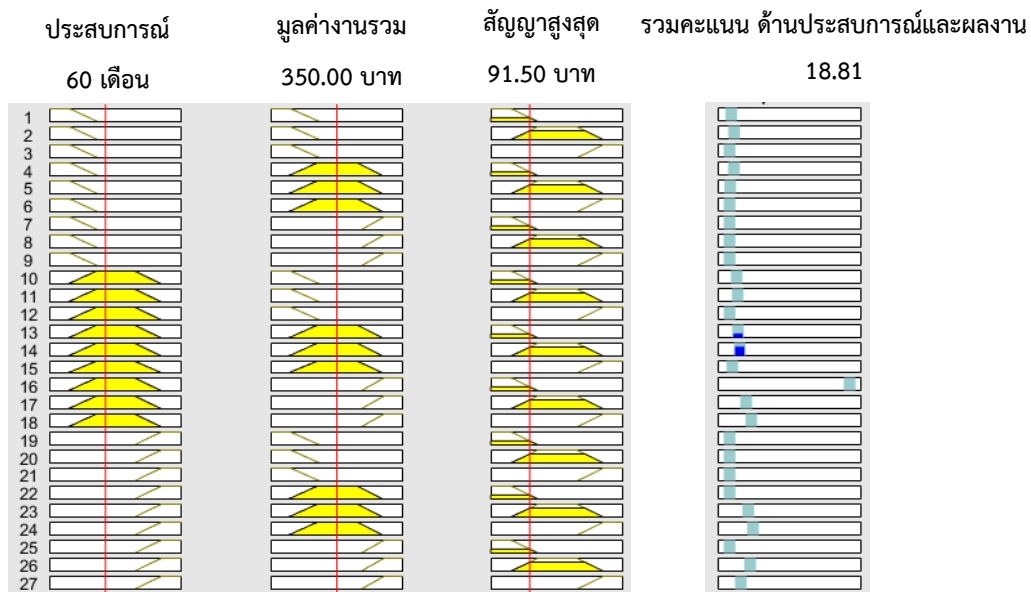
เป็นการนำข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะแต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญได้กำหนด มาเรียนรู้ด้วยอัตราการเรียนรู้/การทดสอบ คือ 90/10 (จำนวนข้อมูลทั้งสิ้นเท่ากับ 40 ข้อมูล) ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ 36 ข้อมูล (90%) โดยวิธีการเรียนรู้แบบ Grid Partition และ วิธีการเรียนรู้แบบ Sub Clustering เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างแบบโมเดลการทำนายคะแนนผู้รับจ้างแต่ละปัจจัย

2. การทดสอบโมเดล (Test)

การทดสอบโมเดล สามารถทำได้โดยนำกฎ (Rule Viewer) ที่ได้จากโมเดล ดังภาพที่ 7 มาใช้ในการทดสอบความแม่นยำของโมเดลเทียบกับข้อมูลที่ผู้เชี่ยวชาญให้ไว้จำนวน 4 ข้อมูล (จำนวนที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบ 10%) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) = 0.0101 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก จึงเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โมเดล Sub Clustering ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบโมเดลการทำนาย “คะแนนผู้รับจ้าง”

ผู้รับจ้าง รายที่	Model		Actual	APE		APE%	
	Grid partition	Sub clustering	กรม ชลประทาน	Grid partition	Sub clustering	Grid partition	Sub clustering
1	26.43	31.15	31.02	0.1480	0.004	14.80%	0.42%
2	38.63	40.40	40.26	0.0405	0.003	4.05%	0.35%
3	61.19	63.72	63.68	0.0391	0.0006	3.91%	0.06%
4	85.51	91.15	90.99	0.0602	0.002	6.02%	0.18%
			RMSE	0.2878	0.0101	28.78%	1.01%

จากการทดสอบโมเดลพบว่าโมเดล Sub clustering มีค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) = 0.0101 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก จึงเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

3. การนำโมเดลประยุกต์ใช้ในการขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน

จากการศึกษานี้ได้นำโมเดลมาประยุกต์ใช้ในการขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน โดยจำลองสถานการณ์จากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน จำนวน 5 สถานการณ์ ดังนี้

ตารางที่ 4 เกณฑ์สำหรับพิจารณาการจัดลำดับขั้นของผู้รับจ้าง

เกณฑ์การพิจารณาจัดลำดับขั้นของผู้รับจ้าง	
ลำดับขั้น	คะแนน และ ต้องผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของลำดับขั้นนั้นๆ
ขั้นพิเศษ	คะแนนรวมตั้งแต่ 95 คะแนนขึ้นไป
ขั้น 1	คะแนนรวมตั้งแต่ 85 คะแนนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 95 คะแนน
ขั้น 2	คะแนนรวมตั้งแต่ 55 คะแนนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 85 คะแนน
ขั้น 3	คะแนนรวมตั้งแต่ 35 คะแนนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 55 คะแนน
ขั้น 4	คะแนนรวมตั้งแต่ 15 คะแนนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 35 คะแนน

สถานการณ์ที่ 1. ข้อมูลคุณสมบัติซึ่งเป็นเกณฑ์แต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญ กรมชลประทาน กำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมี คะแนนรวม 27.12 คะแนน ผลการพิจารณาได้ ลำดับชั้น 4 ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติเบื้องต้นแต่ละเกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี “สถานการณ์ที่ 1.”

คุณสมบัติเบื้องต้น		เกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี		
1. ด้านประสบการณ์และผลงาน		ประสบการณ์	มูลค่าผลงานรวม	มูลค่าผลงานสูงสุด
		30	163.50	20.00
2. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน (ล้านบาท)		ทุนจดทะเบียน	สินทรัพย์หมุนเวียนรวม	มูลค่าสุทธิกิจการ
		10.00	60.00	1.40
3. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน)		-	-	-
		-	-	-
3.1 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (วิศวกร) (คน)		วิศวกรระดับวุฒิ	วิศวกรระดับสามัญ	วิศวกรระดับภาคี
		0	0	3
3.2 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน) (นายช่าง ธุรการ อื่นๆ ปวส. ปวช. ประสบการณ์ 3 และ 5 ปี)		นายช่างวิชาชีพ	นายช่างโยธาและธุรการ	นายช่างอื่นๆ
		2	7	1
4. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน (คัน)		เครื่องมืองานดิน	เครื่องมืองานโครงสร้าง	เครื่องมืองานถนน
		9	1	1
คะแนนรวม	ผลการประเมินของกรมฯ	27.17 คะแนน		
	ผลการประเมินโมเดล	27.12 คะแนน		
ลำดับชั้น		4		

สถานการณ์ที่ 2. ข้อมูลคุณสมบัติซึ่งเป็นเกณฑ์แต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญ กรมชลประทาน กำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมี คะแนนรวม 38.81 คะแนน ผลการพิจารณาได้ ลำดับชั้น 3 ดังแสดงตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติเบื้องต้นแต่ละเกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี “สถานการณ์ที่ 2.”

คุณสมบัติเบื้องต้น		เกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี		
1. ด้านประสบการณ์และผลงาน		ประสบการณ์	มูลค่าผลงานรวม	มูลค่าผลงานสูงสุด
		30	190.00	20.00
2. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน (ล้านบาท)		ทุนจดทะเบียน	สินทรัพย์หมุนเวียนรวม	มูลค่าสุทธิกิจการ
		20	100.00	20.00
3. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน)		-	-	-
		-	-	-
3.1 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (วิศวกร) (คน)		วิศวกรระดับวุฒิ	วิศวกรระดับสามัญ	วิศวกรระดับภาคี
		0	1	5
3.2 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน) (นายช่าง ธุรการ อื่นๆ ปวส. ปวช. ประสบการณ์ 3 และ 5 ปี)		นายช่างวิชาชีพ	นายช่างโยธาและธุรการ	นายช่างอื่นๆ
		3	4	2
4. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน (คัน)		เครื่องมืองานดิน	เครื่องมืองานโครงสร้าง	เครื่องมืองานถนน
		15	3	9
คะแนนรวม	ผลการประเมินของกรมฯ	38.79 คะแนน		
	ผลการประเมินโมเดล	38.81 คะแนน		
ลำดับชั้น		3		

สถานการณ์ที่ 3. ข้อมูลคุณสมบัติซึ่งเป็นเกณฑ์แต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญ กรมชลประทาน กำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมี คะแนนรวม 71.18 คะแนน ผลการพิจารณาได้ ลำดับชั้น 2 ดังแสดงตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณสมบัติเบื้องต้นแต่ละเกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี “สถานการณ์ที่ 3.”

คุณสมบัติเบื้องต้น		เกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี		
1. ด้านประสบการณ์และผลงาน		ประสบการณ์	มูลค่าผลงานรวม	มูลค่าผลงานสูงสุด
		60	350.00	142.00
2. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน (ล้านบาท)		ทุนจดทะเบียน	สินทรัพย์หมุนเวียนรวม	มูลค่าสุทธิกิจการ
		110	400.00	228.00
3. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน)		-	-	-
3.1 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (วิศวกร) (คน)		วิศวกรระดับวุฒิ	วิศวกรระดับสามัญ	วิศวกรระดับภาคี
		0	1	5
3.2 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน) (นายช่าง ธุรการ อื่นๆ ปวส. ปวช. ประสบการณ์ 3 และ 5 ปี)		นายช่างวิชาชีพ	นายช่างโยธาและธุรการ	นายช่างอื่นๆ
		6	4	2
4. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน (คัน)		เครื่องมืองานดิน	เครื่องมืองานโครงสร้าง	เครื่องมืองานถนน
		25	1	10
คะแนนรวม	ผลการประเมินของกรมฯ	71.26 คะแนน		
	ผลการประเมินโมเดล	71.18 คะแนน		
ลำดับชั้น		2		

สถานการณ์ที่ 4. ข้อมูลคุณสมบัติซึ่งเป็นเกณฑ์แต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญ กรมชลประทาน กำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมีคะแนนรวม 84.80 คะแนน ผลการพิจารณาได้ ลำดับชั้น 1 ดังแสดงตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณสมบัติเบื้องต้นแต่ละเกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี “สถานการณ์ที่ 4.”

คุณสมบัติเบื้องต้น		เกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี		
1. ด้านประสบการณ์และผลงาน		ประสบการณ์	มูลค่าผลงานรวม	มูลค่าผลงานสูงสุด
		60	350.00	115.00
2. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน (ล้านบาท)		ทุนจดทะเบียน	สินทรัพย์หมุนเวียนรวม	มูลค่าสุทธิกิจการ
		200	400.00	250.00
3. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน)		-	-	-
3.1 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (วิศวกร) (คน)		วิศวกรระดับวุฒิ	วิศวกรระดับสามัญ	วิศวกรระดับภาคี
		1	3	8
3.2 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน) (นายช่าง ธุรการ อื่นๆ ปวส. ปวช. ประสบการณ์ 3 และ 5 ปี)		นายช่างวิชาชีพ	นายช่างโยธาและธุรการ	นายช่างอื่นๆ
		2	5	4
4. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน (คัน)		เครื่องมืองานดิน	เครื่องมืองานโครงสร้าง	เครื่องมืองานถนน
		30	7	7
คะแนนรวม	ผลการประเมินของกรมฯ	84.73 คะแนน		
	ผลการประเมินโมเดล	84.80 คะแนน		
ลำดับชั้น		1		

สถานการณ์ที่ 5. ข้อมูลคุณสมบัติซึ่งเป็นเกณฑ์แต่ละปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญ กรมชลประทาน กำหนดไว้ 4 ด้าน โดยมีคะแนนรวม 97.08 คะแนน ผลการพิจารณาได้ ลำดับชั้น พิเศษ ดังแสดงตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณสมบัติเบื้องต้นแต่ละเกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี “สถานการณ์ที่ 5.”

คุณสมบัติเบื้องต้น		เกณฑ์เพื่อขอขึ้นบัญชี		
1. ด้านประสบการณ์และผลงาน		ประสบการณ์	มูลค่าผลงานรวม	มูลค่าผลงานสูงสุด
		60	350.00	150.00
2. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับฐานะการเงิน (ล้านบาท)		ทุนจดทะเบียน	สินทรัพย์หมุนเวียนรวม	มูลค่าสุทธิกิจการ
		400	400.00	310.00
3. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน)		-	-	-
3.1 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (วิศวกร) (คน)		วิศวกรระดับวุฒิ	วิศวกรระดับสามัญ	วิศวกรระดับภาคี
		1	3	9
3.2 ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ (คน) (นายช่าง ธุรการ อื่นๆ ปวส. ปวช. ประสบการณ์ 3 และ 5 ปี)		นายช่างวิชาชีพ	นายช่างโยธาและธุรการ	นายช่างอื่นๆ
		2	8	2
4. ด้านสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ โรงงาน (คัน)		เครื่องมืองานดิน	เครื่องมืองานโครงสร้าง	เครื่องมืองานถนน
		36	7	9
คะแนนรวม	ผลการประเมินของกรมฯ	97.20 คะแนน		
	ผลการประเมินโมเดล	97.08 คะแนน		
ลำดับชั้น		พิเศษ		

จากการวิจัย โดยจำลองสถานการณ์จากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน จำนวน 5 สถานการณ์ พบว่า **สถานการณ์ที่ 1.** มีคะแนนรวม 27.12 คะแนน ส่งผลให้ อยู่ในลำดับชั้น 4 **สถานการณ์ที่ 2.** มีคะแนนรวม 38.81 คะแนน ส่งผลให้อยู่ในลำดับชั้น 3 **สถานการณ์ที่ 3.** มีคะแนนรวม 71.18 คะแนน ส่งผลให้ อยู่ในลำดับชั้น 2 **สถานการณ์ที่ 4.** มีคะแนนรวม 84.80 คะแนน ส่งผลให้ อยู่ในลำดับชั้น 1 และ**สถานการณ์ที่ 5.** มีคะแนนรวม 97.08 คะแนนอยู่ในลำดับชั้นพิเศษ ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การทำนายคะแนนผู้รับจ้างเพื่อการคัดเลือกขึ้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน ประกอบด้วยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำนายค่าคะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้างจากคุณสมบัติเฉพาะด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านประสบการณ์และผลงาน ด้านฐานะทางการเงิน ด้านบุคลากรและเจ้าหน้าที่ด้านเครื่องจักร-เครื่องมือ หากข้อมูลที่ผู้รับสร้างเสนอมามีคะแนนต่ำด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะด้านฐานะทางการเงินซึ่งมีค่าน้ำหนักคะแนนมากที่สุด จะส่งผลให้ผู้รับจ้างได้คะแนนที่ต่ำและอยู่ในลำดับชั้นที่ต่ำตามไปด้วย ซึ่งจากที่ได้ทำการทดสอบโมเดล ANFIS จะพบว่า **สถานการณ์ที่ 1.** ผลการประเมินของกรมฯ มีคะแนนรวม 27.17 คะแนน ผลการประเมินของโมเดล มีคะแนนรวม 27.12 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 4 **สถานการณ์ที่ 2.** ผลการประเมินของกรมฯ มีคะแนนรวม 38.79 คะแนน ผลการประเมินของโมเดล มีคะแนนรวม 38.81 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 3 **สถานการณ์ที่ 3.** ผลการประเมินของกรมฯ มีคะแนนรวม 71.26 คะแนน ผลการประเมินของโมเดล มีคะแนนรวม 71.18 คะแนน

อยู่ในลำดับชั้น 2 สถานการณ์ที่ 4. ผลการประเมินของกรมฯ มีคะแนนรวม 84.73 คะแนน ผลการประเมินของโมเดล มีคะแนนรวม 84.80 คะแนน อยู่ในลำดับชั้น 1 และสถานการณ์ที่ 5. ผลการประเมินของกรมฯ มีคะแนนรวม 97.20 คะแนน ผลการประเมินของโมเดล มีคะแนนรวม 97.08 คะแนน อยู่ในลำดับชั้นพิเศษ แสดงให้เห็นว่า โมเดล PQ-ANFIS มีค่าคะแนนการประเมินสอดคล้องใกล้เคียงกับของกรมฯ ทั้ง 5 สถานการณ์ ทำให้เกิดความเชื่อมั่นและเป็นธรรมต่อการให้คะแนนในการจัดลำดับชั้นของผู้รับจ้าง สามารถช่วยลดข้อร้องเรียนและความขัดแย้งของผู้รับจ้างในการให้คะแนนเพื่อจัดลำดับชั้นกรมชลประทาน จึงเป็นโมเดลที่มีความยืดหยุ่นและรวดเร็ว สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการคัดเลือกชั้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นงานก่อสร้างชลประทาน ด้วยระบบอนุमानฟัซซี่บนโครงข่ายที่ปรับตัวได้นำข้อมูลมาพัฒนาโมเดล จำนวน 40 ตัวอย่าง เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทำนายค่าคะแนนคุณสมบัติของผู้รับจ้าง โดยทำการฝึกฝนจำนวน 36 ตัวอย่าง (90%) และทำการทดสอบจำนวน 4 ตัวอย่าง (10%) ซึ่งโมเดลมีค่าความคลาดเคลื่อนรวม (RMSE) เท่ากับ 0.0101 โดยกำหนดสถานการณ์จำลองขึ้น 5 สถานการณ์ ผลการวิเคราะห์สถานการณ์การประเมิน ทั้ง 5 สถานการณ์ พบว่า ผลการประเมินของกรมฯ มีลำดับชั้นที่สอดคล้องกับ ผลการประเมินของโมเดล แสดงให้เห็นว่า โมเดล PQ-ANFIS เป็นโมเดลที่มีความแม่นยำ สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. การรวบรวมคุณสมบัติเฉพาะด้านต่างๆ จากผู้รับจ้างถือเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญและไม่ควรผิดพลาด จึงควรแยกประเภทของข้อมูลอย่างเป็นระบบ จะทำให้โมเดล PQ-ANFIS ทำนายผลมีค่าที่แม่นยำและรวดเร็ว ส่งผลให้การประเมินการคัดเลือกชั้นบัญชีเป็นผู้มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้างงานก่อสร้างชลประทานเป็นที่น่าเชื่อถือ
2. จากการศึกษาได้นำข้อมูลจากกรมฯ มาใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ ทำให้โมเดล PQ-ANFIS ทำนายค่าคะแนนการประเมินสอดคล้องใกล้เคียงกับของกรมฯ แต่อย่างไรก็ตามหากเก็บข้อมูลคุณสมบัติผู้รับจ้างจากสถานการณ์ปัจจุบัน เช่น โรคระบาด ภัยธรรมชาติ สภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลง เพิ่มเติมลงในโมเดล PQ-ANFIS จะส่งผลให้การทำนายครอบคลุมการประเมินมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลและความรู้เบื้องต้นจาก กองพัสดุ กรมชลประทาน ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Janthaban, B. (2013). *Proper Characters of Contractors for Bridge and Highway Construction Projects of The Department of Highways*. Thesis of the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering. Nakhon Ratchasima : Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Office of the Permanent Secretary Ministry of Commerce. (2017). *Ministry of Finance regulations According to the Government Procurement and Supplies Administration Act*. [Online]. Retrieved June 26, 2021, from : http://www.ops.moc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=3926 (inThai)
- Pawan, P. and Lorterapong, P. (2015). A Fuzzy-Based Integrated Framework for Assessing Time Contingency in Construction Projects. , *J. Constr. Eng. Manage.* 142(3), DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001073 (2015), 830-839.
- Royal Irrigation Department. (2017). *Criteria and methods of selection to be listed as a person with preliminary qualifications in the construction contract irrigation construction (Revised Edition)*. [Online]. Retrieved June 26, 2021, from: http://supply.rid.go.th/_data/docx/asset/หลักเกณฑ์และวัดคัดเลือก%20ปรับปรุงใหม่ update2.pdf (in Thai)
- Russell, J. S. and Skibniewski, M. J. (1990). QUALIFIER-1: contractor prequalification model. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 4(1), 77-99.
- Russell, J. S. (1996). *Constructor prequalification - Choosing the best constructor and avoiding constructor failure*. New York, USA : American Society of Civil Engineers.
- Sadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Inform. Control*, 8, 338-353.
- Vanborsel, B. And Subsomboon, K. (2018). Data Analysis of the Contractor Who Abandons of the Governmental Construction Work from the Documents of the Comptroller General's Department. *Thai Journal of Science and Technology Journal*, 427-441. (in Thai)