

การประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือกระบบผนัง

APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS FOR SELECTING WALL SYSTEMS

สุรศักดิ์ พุคยาภรณ์

นักศึกษาลัทธิสุตริวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail : surasak.po@spu.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อตระกูล ยมนาค

รองศาสตราจารย์ สาขาการบริหารงานก่อสร้าง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail : tortrakul@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน

อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail : pajit.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการวิจัย 3 ประการคือ (1) เพื่อค้นหาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบผนังภายใน (2) เพื่อนำเสนอวิธีการหาค่าลำดับความสำคัญในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจ และ (3) เพื่อนำเสนอการตัดสินใจเลือกระบบผนังภายใน โดยใช้ระบบอนุमानพีชชีบนโครงข่ายที่ปรับตัวได้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบการก่อสร้างผนังภายในทั้งหมด 7 ประเภท จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นได้ใช้ทฤษฎีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น มาเป็นเครื่องมือในการจัดการปัจจัยที่ไม่สามารถวัดค่าตรงๆ ได้จากแบบสอบถาม ทั้งนี้ปัจจัยหลักที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบการก่อสร้างผนังภายในซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยหลัก 4 ด้าน ได้แก่ ด้านค่าใช้จ่าย ด้านข้อจำกัดขนาดพื้นที่ ด้านพลังงาน และด้านคุณภาพ ที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในความคิดของผู้เชี่ยวชาญ อันดับที่ 1 คือ ด้านคุณภาพ คิดเป็นร้อยละ 39.6 อันดับที่ 2 คือ ด้านค่าใช้จ่าย คิดเป็นร้อยละ 37 อันดับที่ 3 คือ ด้านข้อจำกัดขนาดพื้นที่ คิดเป็นร้อยละ 16.2 ส่วนอันดับที่ 4 คือ ด้านพลังงาน คิดเป็นร้อยละ 7.2 ส่วนการตัดสินใจเลือกระบบผนังโดยใช้ ANFIS จะพิจารณาจากปัจจัยหลัก 4 ด้านในแต่ละด้าน สามารถเลือกจากปัจจัยนำเข้า 3 ปัจจัย ซึ่งได้ค่าความเป็นไปได้ ด้านค่าใช้จ่าย มีปัจจัยรองที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบผนัง คือ ราคาต่อตารางเมตร ผลผลิตต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย ซึ่งทั้งสามปัจจัยรองนี้จะมีค่าความคลุมเครือ แตกต่างกัน 3 ระดับ เช่น ราคาถูก ราคาปานกลาง และราคาแพง เมื่อพิจารณาการตัดสินใจเลือกจากโมเดลที่ดีที่สุด (โมเดล A) ตามรายงานความต้องการของผู้ใช้ พบคำตอบ เป็น ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา

คำสำคัญ : ระบบผนัง ผนังสำเร็จรูป ระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบอนุमानพีชชี

ABSTRACT

The objectives of this research are (1) to find the factors that can be used for making decisions to select the internal wall system; (2) to apply the analytical hierarchy process (AHP) to find the priority weight in each factor that affects the decision making; and (3) to present the results of decision making with the use of ANFIS for selecting

the internal wall system. The researcher studied 7 factors affecting the decision making for selection of internal wall system based on documentary study and experiences of the experts. After that, the AHP was applied to deal with factors that could not be directly assessed from the questionnaire. As a result, four main factors were identified, namely, the budget, the space limitation, the energy, and the quality. The factor that receives the highest priority weight from the experts is the quality factor with 39.6 percent of priority weight, followed by the budget factor with 37 percent, the space limitation factor with 16.2 percent, and the energy factor with 7.2 percent. Meanwhile, the decision making for selection of the internal wall system with the use of ANFIS was made on each of the four main factors with consideration on three input factors. For example, in the budget factor there are three sub-factors that can be considered in selection of the internal wall system, i.e. price per square meter, production per day, and damage percentage. These three sub-factors have three levels of fuzziness, such as low price, middle price, and high price. Decision making results, based on the best model (Model A) from the report on the users' requirement, show that the selected internal wall system is the light weight cellular concrete block system.

KEYWORDS : wall system, pre-cast wall, expert system, ANFIS, AHP

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันธุรกิจก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างให้ประหยัดต้นทุนการก่อสร้าง ประหยัดระยะเวลาในการดำเนินงานก่อสร้าง และคุณภาพของงานไม่ลดลง ระบบผนังอาคารที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยหลากหลายชนิดให้เลือกใช้ แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ปัญหาที่มักเกิดขึ้นบ่อยครั้งของผนังอาคาร เช่น เศษวัสดุเหลือเป็นจำนวนมาก ระบบผนังก่ออิฐเป็นระบบเปื่อยเนื่องจากต้องอาศัยการผสมปูนเพื่อการก่อและฉาบ ซึ่งทำให้ผนังแตกร้าว เป็นคลื่นผิวไม่เรียบ ปัญหาดังกล่าวมาจากการเลือกใช้ระบบผนังไม่เหมาะสมกับอาคาร ผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นผู้ออกแบบ สถาปนิก วิศวกร ขาดความรู้ และประสบการณ์ในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบผนังอาคารให้เหมาะสม ทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่าย สูญเสียเวลาในการดำเนินงาน และสูญเสียคุณภาพของงาน

ระบบผู้เชี่ยวชาญถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่างอยู่หลายๆ ด้าน ยกตัวอย่างเช่น การวินิจฉัยอาการเฉพาะโรคของทางการแพทย์ การวินิจฉัยโรคข้าว เนื่องจากความสามารถของระบบที่ทำหน้าที่ได้เหมือนกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ อีกทั้งความรู้และประสบการณ์ต่างที่ถูกนำไปออกแบบระบบ

ยังสามารถอยู่ได้อย่างถาวร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบผนังไม่รับแรงที่ใช้ในประเทศไทย เพื่อให้บุคคลที่มีความเกี่ยวในโครงการก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นผู้ออกแบบ วิศวกร สถาปนิก ผู้ควบคุมงาน ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกระบบผนังให้เหมาะสมในด้านของต้นทุนค่าก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และคุณภาพของงานก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบผนังภายในโดยนำเสนอวิธีการหาค่าลำดับความสำคัญในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือก พร้อมทั้งพิจารณาแบบจำลองการตัดสินใจเลือกระบบผนังภายใน โดยใช้ระบบอนุมานฟัซซี่แบบโครงข่ายที่ปรับตัวได้ (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems: ANFIS)

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพบูลย์ ถนอมกิจชัย (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแนวทางในการคัดเลือกระบบผนังภายในสำหรับอาคารสูงโดยใช้วิธี AHP โดยหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบผนัง

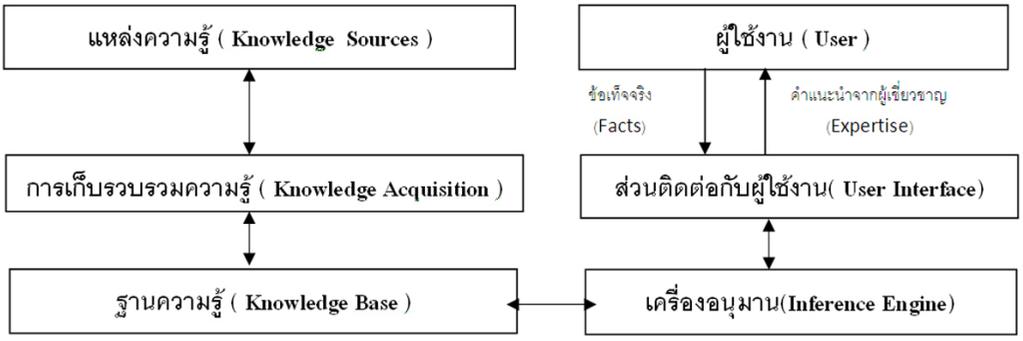
และจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทางเลือก ระบบผนังภายในอาคารสูง ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปประเด็น ได้เป็น 3 ประเด็น ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจเลือก ระบบผนังในมุมมองของผู้ลงทุน และผู้ออกแบบ เห็นตรงคือ ปัจจัยเรื่องความแข็งแรงของระบบผนังโดยมีค่าน้ำหนักเป็นร้อยละ 27.3,26.8 ตามลำดับ ซึ่งในมุมมองของผู้ออกแบบตกแต่งภายใน ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้เป็นอันดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 14.9 ทั้งนี้ผู้ออกแบบตกแต่งภายในให้ความสำคัญไปที่ราคาต่อ ตารางเมตรของระบบผนังเป็นหลัก ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.2

AHP เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อ หาเหตุผล ถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์โทมัส ซาตตี (Thomas Saaty) ซึ่งเป็น ผู้ที่ได้รับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเยล ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วนๆ ในรูปของแผนภูมิ ตามลำดับขั้นแล้วกำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัย ต่างๆ และนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อดูว่าปัจจัยและทางเลือก ใดมีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุด เป็นกระบวนการที่ใช้งานง่าย เพราะมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์และผู้ใช้ ไม่ต้องรอเรียน จากประสบการณ์หรือไปฝึกอบรมเพราะ AHP ไม่ต้องมีผู้เชี่ยวชาญมาคอยควบคุมชี้แนะ (วิฑูรย์ ตันศิริมงคล, 2542)

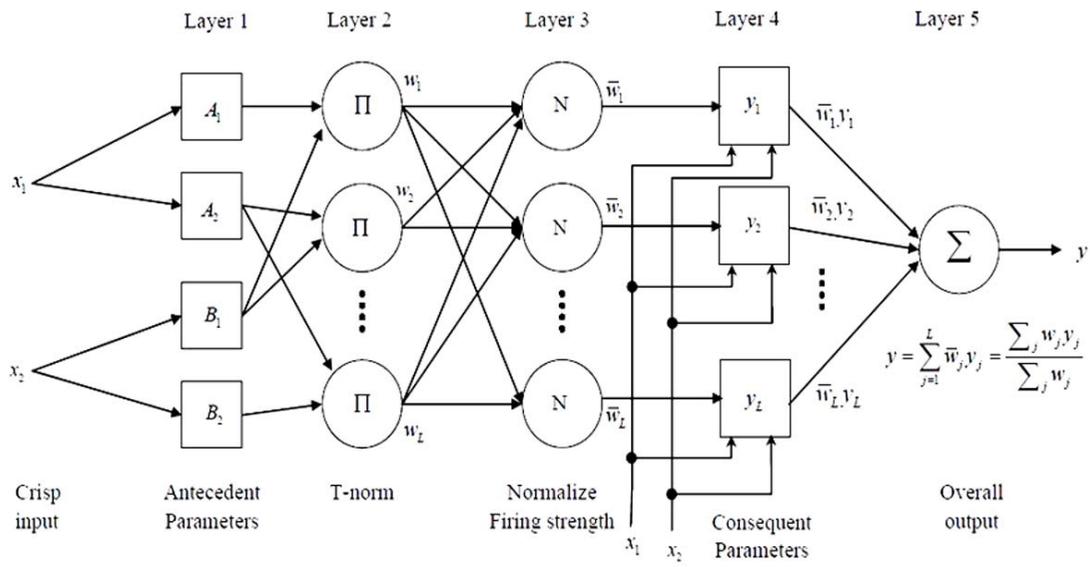
วิลาศ ววงค์ และ บุญเจริญ ศิริเนาวกุล (2535) กล่าวว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ที่เก็บทั้งความรู้เกี่ยวกับปัญหาที่จะแก้และขบวนการอนุมาน เพื่อนำไปสู่ผลสรุปหรือคำตอบของปัญหานั้น ความรู้ที่เก็บมีทั้ง ความรู้ที่เป็นความจริงที่อาจจะถูกบันทึกไว้ในรูปของตำราหรือ เอกสารทางวิชาการ และความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ที่อาจจะ ไม่อยู่ในรูปของตำราหรือเอกสารทางวิชาการ แต่จะต้องดึงออกมาจากผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญที่มีประสบการณ์นั้นปัญหา ที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะแก้ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่ยุ่งยากและไม่ค่อย มีโครงสร้าง (Semi-Structured หรือ ill-Structured Problem) ในปัญหาประเภทนี้คำตอบจะมีโอกาสเป็นไปได้หลายอย่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพขณะนั้นของปัญหาและข้อมูลที่เข้ามา ในการแก้ปัญหาประเภทนี้เรามักไม่สามารถจะกำหนดขั้นตอนในการแก้ อย่างชัดเจนไว้ล่วงหน้าได้ แต่จะต้องอาศัยความรู้ประสบการณ์และ สภาพของปัญหาในขณะนั้นรวมกัน จึงจะแก้ได้ดังนั้นเมื่อพิจารณา ทั้งระบบแล้วจะพบว่า องค์ประกอบที่สำคัญในการทำงานของ ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้ สำหรับงานวิจัยนี้ขบวนการอนุมานเพื่อนำไปสู่ผลสรุป หรือคำตอบของปัญหานั้นผู้วิจัยใช้ระบบอนุมานฟัซซีบนฐาน โครงข่ายปรับตัวได้

พยุง มีสัจ (2555) ระบบอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่าย ที่ปรับตัวได้ (AdaptiveNetwork-Based FuzzyInference System: ANFIS) มีโครงสร้างดัง รูปที่ 2 โดยโหนด (Node) ที่เป็นสี่เหลี่ยมหมายถึงโหนด (Node) ที่มีพารามิเตอร์ที่ปรับได้ ส่วนโหนดที่เป็นวงกลมจะไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ได้



ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 2 ระบบอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายปรับตัวได้

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

- Rule1: IF x_1 is A_1 and x_2 is B_1 THEN $y_1 = r_{10} + r_{11}x_1 + r_{12}x_2$
- Rule2: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_1 THEN $y_2 = r_{20} + r_{21}x_1 + r_{22}x_2$
- RuleL: IF x_1 is A_2 and x_2 is B_2 THEN $y_L = r_{L0} + r_{L1}x_1 + r_{L2}x_2$

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

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมประเภท และคุณสมบัติของระบบผนังประเภทต่างๆ และปัจจัยที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ จึงทำการแบ่งประเภทปัจจัยออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

- 1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบผนัง ในด้านค่าใช้จ่าย
- 1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบผนัง ในด้านข้อจำกัดของขนาด
- 1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบผนัง ในด้านคุณภาพ
- 1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบผนัง ในด้านพลังงาน

2. สร้างแบบสัมภาษณ์ที่เป็นการสร้างขึ้นจากการศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสรุปแนวคิดที่ได้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ในรอบแรก ด้วยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้าง จำนวน 6 ท่าน ประกอบไปด้วย ผู้ออกแบบ 2 ท่าน สถาปนิก 2 ท่าน และวิศวกร 2 ท่าน โดยอาศัยการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP

3. การพัฒนาโมเดลด้วยระบบ ANFIS สำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB R2010a ช่วยในการพัฒนาโมเดลก่อนที่จะนำเข้าข้อมูล จะสร้างโมเดลจากชุดข้อมูล 5 ชุดข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ โดยจะจัดแบ่งชุดข้อมูล (Data set) ออกเป็น 3 ชุดข้อมูล คือ ชุดข้อมูล A, B, และ C แต่ละชุดข้อมูลจะจัดไว้สำหรับการเรียนรู้ (Training data) 146 สถานการณ์ และจัดไว้สำหรับการทดสอบ (Testing data) 24 สถานการณ์ จากสถานการณ์ทั้งหมด 162 สถานการณ์ และการนำเข้า (Input) ข้อมูลเพื่อการฝึกฝน จากชุดข้อมูล 3 ชุดข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูล

ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ

งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำไว้ 3 ชุดข้อมูล (A, B, และ C) ซึ่งพบว่าข้อมูลชุด A มีค่า RMSE = 0.0457 แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมดังแสดงตารางที่ 1

4. ออกแบบเอกสารการเก็บข้อมูลในรูปแบบของเช็คชีท (Checksheet) เพื่อให้วิศวกรสถาปนิก นำเข้าระบบการตัดสินใจดังตัวอย่างตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตรวจสอบความแม่นยำของชุดข้อมูล A,B และ C

		Data set		
		A	B	C
Test scenario No.19	Data scenario	111	125	134
	Expert (poss)	5	5	6
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	7	26.7	11.4
Test scenario No.20	Data scenario	112	126	135
	Expert (poss)	5	6	7
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	3.33	20	4.6
Test scenario No.21	Data scenario	136	150	159
	Expert (poss)	1	4	6
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	2.1	20	11.4
Test scenario No.22	Data scenario	137	151	160
	Expert (poss)	2	5	4
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	7	20	4.6
Test scenario No.23	Data scenario	138	152	161
	Expert (poss)	1	4	6
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	7	32.3	3.3
Test scenario No.24	Data scenario	139	153	162
	Expert (poss)	6	6	7
	ANFIS(poss)	0.93	0.44	0.62
	APE (%)	6.1	20	3.3
RMSE		0.0457	0.1403	0.0507

ตารางที่ 2 ข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบผนัง

User Requirement Report								
ด้านค่าใช้จ่าย								
ราคา/ตร.ม			ผลผลิต/วัน			% ความสูญเสีย		
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก
3	2	1	3	2	1	3	2	1
✓			✓			✓		
ด้านข้อกำหนดขนาดอาคาร								
จำนวน (ชั้น)			ความสูงต่อชั้น (เมตร)			พื้นที่/ชั้น (ตร.ม)		
1-8	9-20	21 ขึ้นไป	2-3	4-6	4-6	1,000 ขึ้นไป	350-1000 ขึ้นไป	100-500 ตารางเมตร
3	2	1	3	2	1	3	2	1
✓			✓			✓		
ด้านคุณภาพ								
ความแข็งแรงผนัง			อัตราการทนไฟ			การแตกร้าว		
ต้องการความแข็งแรงมาก	ต้องการความแข็งแรงปานกลาง	ไม่ต้องการความแข็งแรง	ทนไฟได้ 2 ชม.ขึ้นไป	ทนไฟได้ 2 ชม.	ไม่ทนไฟ	0-5%	5-10%	10-20%
3	2	1	3	2	1	3	2	1
✓			✓			✓		
ด้านพลังงาน								
การป้องกันเสียง			การนำความร้อน			การถ่ายเทความร้อน		
ป้องกันเสียงได้ดีมาก	ป้องกันเสียงได้ปานกลาง	ป้องกันเสียงได้น้อย	ไม่นำความร้อน	นำความร้อนปานกลาง	นำความร้อนมาก	ถ่ายเทความร้อนได้มาก	ถ่ายเทความร้อนได้ปานกลาง	ถ่ายเทความร้อนได้น้อย
3	2	1	3	2	1	3	2	1
✓			✓			✓		

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) การพิจารณาผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จะพิจารณาค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 นำไปใช้งาน และค่าต่ำกว่า 0.50 จะถูกตัดออก พบว่าค่า IOC เท่ากับ 0.50 แสดงถึงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีความสอดคล้องกัน เนื่องจากอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (0.5-1.00) ถือว่าคำถามมีความเที่ยงตรง คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน มีปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกระบบผนังไม่สอดคล้องกัน 1 ปัจจัย ซึ่งอาจจะต้องตัดคำถามนั้นออกไป

2. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process, AHP) ผลการศึกษาการลำดับความสำคัญด้วยวิธีกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้น (AHP) โดยใช้กระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้น ซึ่งได้ค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลักของระบบผนังก่ออิฐมวลเบา, อิฐมวลเบา, อิฐบล็อก, อิฐบล็อกประสาน, ผนังยิปซัม, ผนังเมอรั In fill wall, ผนังสำเร็จรูป ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คำนวณน้ำหนักคะแนนความสำคัญ

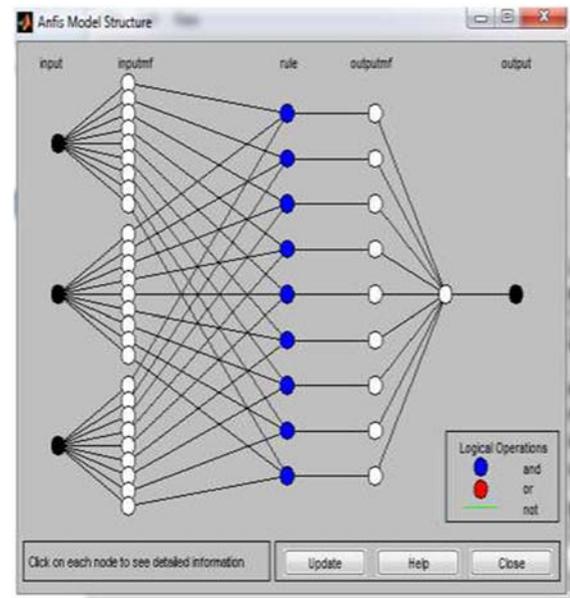
ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญ (ร้อยละ)						
	อิฐมอญ	อิฐมวลเบา	อิฐบล็อก	อิฐบล็อก ประสาน	ผนังยิปซัม	ผนังเมอรั Infillwall	ผนังสำเร็จรูป
ด้านค่าใช้จ่าย	37.0%	39.3%	30.2%	40.2%	27.2%	49.0%	52.3%
ด้านคุณภาพ	39.6%	40.8%	35.8%	41.8%	30.6%	18.2%	14.4%
ด้านข้อจำกัดขนาดพื้นที่	16.2%	12.4%	23.9%	11.4%	25.2%	12.0%	12.1%
ด้านพลังงาน	7.2%	7.5%	10.1%	6.6%	17.0%	20.9%	21.3%

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านคุณภาพของระบบผนังก่ออิฐมอญ อิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกระบบผนังมากที่สุด และปัจจัยด้านพลังงานเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อยที่สุด

3. การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ ANFIS

ผู้วิจัยออกแบบตารางการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจ เพื่อเก็บข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่ผู้ต้องการ ทั้ง 4 ด้าน 1. ด้านค่าใช้จ่าย 2. ด้านข้อจำกัดขนาด 3. ด้านพลังงาน 4. ด้านคุณภาพ ดังแสดงตารางที่ 1 โดยให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดความต้องการลงไปในตารางที่ 1

การนำเข้าข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ค่าความเป็นไปได้ในระบบ ANFIS จะแสดงให้เห็นจำนวนตัวแปรนำเข้า 3 ตัวแปร คือ ราคา/ตารางเมตร ผลผลิต/วัน และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย และตัวแปรแสดงผล 1 ตัวแปร คือ ระบบผนัง ดังรูปที่ 3 ผลลัพธ์การนำเข้าข้อมูลจากการฝึกสอน (Training) ในระบบ ANFIS กำหนดค่า epochs เท่ากับ 300 รอบ เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนด จะได้โครงสร้างโมเดล ดังรูป โดยระบบทำการปรับและเพิ่มฟังก์ชันสมาชิกเริ่มต้นจาก 3 ระดับความคลุมเครือ (Fuzzy partitions) หรือตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variables) เป็น ฟังก์ชันสมาชิกแบบเกาส์เซียน 9 ระดับความคลุมเครือ



ภาพที่ 3 การนำเข้าข้อมูลจากการฝึกสอน (Training)

การประยุกต์ใช้งาน

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์จากความต้องการของผู้ใช้ตามตารางที่ 1 การตัดสินใจเลือกระบบผนังจะพิจารณาจากปัจจัยหลัก 4 ด้านในแต่ละด้าน สามารถเลือกจากปัจจัยนำเข้า 3 ปัจจัยย่อย ซึ่งได้ค่าความเป็นไปได้ ที่แตกต่างกันดังนี้ ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำลองสถานการณ์ประยุกต์ใช้งาน

สถานการณ์	ด้านค่าใช้จ่าย									ด้านข้อจำกัดขนาดอาคาร									ด้านคุณภาพ									ด้านพลังงาน									เลือก ระบบ ผนัง
	ราคา /ตร.ม.			ผลผลิต /วัน			%ความสูญเสีย			จำนวนชั้น			ความสูงต่อชั้น			พื้นที่ชั้น			แข็งแรง			การทนไฟ			การแตกร้าว			ป้องกันเสียง			การนำความร้อน			การถ่ายเทความร้อน			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1				
1	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			อิฐมวลเบา			
2		✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓		อิฐมอญ			
3	✓					✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓	สำเร็จรูป			

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาเมื่อพิจารณาการตัดสินใจเลือกจากโมเดลที่ดีที่สุด (โมเดล A) ตามรายงานความต้องการของผู้ใช้ (User Requirement Report) พบคำตอบของปัจจัย ด้านค่าใช้จ่าย มีปัจจัยรองที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบผนัง คือ ราคาต่อตารางเมตร ผลผลิตต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย ซึ่งทั้งสามปัจจัยรองนี้จะมีค่าความคลุมเครือ (Fuzzy) แตกต่างกัน 3 ระดับ เช่น ราคาถูก ราคาปานกลาง และราคาแพง เมื่อพิจารณาการตัดสินใจเลือกจากโมเดลที่ดีที่สุด (โมเดล A) ตามรายงานความต้องการของผู้ใช้ (User Requirement) พบคำตอบของปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย คือ 1. ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา 2. ด้านข้อจำกัดขนาดพื้นที่ คือ ระบบผนังก่ออิฐมอญ 3. ด้านพลังงาน คือ ระบบผนังก่ออิฐมวลเบา 4. ด้านคุณภาพ คือ ระบบผนังสำเร็จรูป

ข้อเสนอแนะ

1. จากโมเดลที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกระบบผนังอาคาร ควรจะเป็นในลักษณะการเลือกระบบผนังพร้อมทั้งอธิบายหรือแนะนำปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น
2. นำไปใช้งานหรือนำไปศึกษาต่อก็ควรจะทดลองใช้จริงให้ครบทุกด้านแล้วตรวจสอบคำตอบว่าตรงกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ และเปรียบเทียบวิธีการ วิเคราะห์แบบอื่นๆ เพื่อหาวิธีการในการช่วยตัดสินใจเลือกที่มีวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อนในการตัดสินใจมากกว่านี้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยเฉพาะเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือกระบบผนัง สำเร็จบรรลุเป้าหมายได้ก็ด้วยการแนะนำช่วยเหลือจากหลายท่านผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ต่อตระกูล ยมนาค ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยศรีปทุม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ม่วงวัน อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดด้วยดีตลอดมา ตลอดจนคณะกรรมการสอบในนามของผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- พยุง มีสังข์. 2555. ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม (Fuzzy systems and neural network). กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิลาศ ววงค์ และบุญเจริญ ศิริเนาวกุล. 2535. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system). กรุงเทพฯ: ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. 2542. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ไพบุลย์ ถนอมกิจชัย. 2550. "การศึกษาเปรียบเทียบแนวทางในการคัดเลือกระบบผนังภายในสำหรับอาคารสูงโดยใช้วิธี AHP," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Castellano, G. and Fanelli, A. M. 1997. An approach to structure identification of fuzzy Model. **Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on (Volume 1)**. Barcelona : IEEE. pp. 531-536.



>> **สุรศักดิ์ พุคยาภรณ์**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (วท.ม.) สาขาการบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยศรีปทุม พ.ศ. 2558
ปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม พ.ศ. 2550
ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง วิศวกรงานบริหารงานก่อสร้าง สำนักงานอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



>> **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (วศ.ด.) สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2558 ปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2543 และปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม พ.ศ. 2537
ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



>> **รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อตระกูล ยมนาค**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (DBA) จาก Nova Southeastern University ประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2548 ปริญญาโท (M.S.C.E.) (Construction) จาก University of Washington ประเทศสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2515 และปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2513
ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง (MSCM) มหาวิทยาลัยศรีปทุม