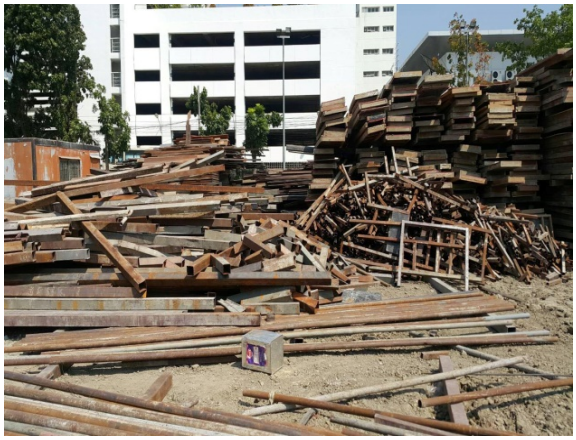
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การกำหนดราคาแบบหล่อ (Formwork) เป็นการกำหนดงบประมาณแบบหล่อคอนกรีต ให้สอดคล้องกับงบประมาณงานไม้แบบของโครงการที่ได้วางแผนไว้ โดยทั่วไปการตั้งงบประมาณแบบหล่อคอนกรีตของโครงการจะประมาณโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้จัดการโครงการ ซึ่งจะทำให้งบประมาณเป็นไปตามเป้าหมาย รวมถึงไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร หากพิจารณาอย่างเป็นระบบก็สามารถนำแบบหล่อคอนกรีตกลับมาใช้ในโครงต่อไปได้อีก [1]

แต่อย่างไรก็ตามโครงการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่ขาดผู้จัดการโครงการที่มีความรู้และความคิดที่อย่างเป็นระบบ จึงทำให้งบประมาณไม่เป็นไปตามที่วางไว้และส่งผลมีเศษวัสดุจากงานแบบหล่อคอนกรีตและไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ รูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่า การทำงานที่ขาดความคิดที่เป็นระบบจะส่งผลให้สิ้นเปลืองทรัพยากร



รูปที่ 1.1 เศษไม้และเหล็กที่ใช้ในงานแบบหล่อคอนกรีตที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้

สาเหตุจาก รูปที่ 1.1 เกิดจากปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต เช่น พื้นที่โครงการ พื้นที่ต่อชั้น ความสูงของอาคาร ความสูงต่อชั้น อุปกรณ์ยก และพื้นที่จัดกองวัสดุ [2] คาดว่ามีผลต่อการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีตของโครงการ ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้เสนอแบบจำลองการกำหนดราคางานแบบหล่อคอนกรีตในที่ใช้สำหรับอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีความสูงอยู่ในช่วง 5 ชั้นถึง 8 ชั้น โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เพื่อพยากรณ์งบประมาณแบบหล่อคอนกรีตให้มีความถูกต้องมากขึ้น และช่วยลดโอกาสที่จะสิ้นเปลืองได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีตด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
3. เพื่อวิเคราะห์ระบบการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต จากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กไม่เกิน 8 ชั้น (23 เมตร)
2. หน้างาน โครงการก่อสร้างอาคารที่ได้รับผลกระทบจากการสร้าง รัฐสภา บริษัท ออนไทม์ คอนสตรัคชั่น แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด
3. ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 5 ปี และเป็นสามัญวิศวกร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษาทำให้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการสูญเสียที่เกิดขึ้นในโครงการได้
2. นำข้อมูลไปใช้สำหรับผู้รับเหมาก่อสร้าง ในการวางแผนการเลือกแบบหล่อฯ
3. สามารถเป็นแนวทางให้กับผู้รับเหมาก่อสร้างในการบริหารจัดการโครงการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาหลักการของ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เพื่อการกำหนดราคาแบบหล่อ (Formwork) ในก่อสร้างให้เหมาะสม ต้องใช้ความรู้ ข้อมูล บทความ รวมทั้งปัจจัยพื้นฐานต่างๆ โดยประกอบไปด้วยการศึกษา แนวคิดและทฤษฎีของ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และการทำงาน ดังต่อไปนี้

2.1 นิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้

นิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ (Adaptive Neuron-Fuzzy Inference System : ANFIS) เป็นการประยุกต์ผสมผสานทั้งวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม และ ฟัซซี่ เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถนำข้อดีในแต่ละวิธีการมาสนับสนุนกันและช่วยลดข้อจำกัดของแต่ละวิธีการปรับตัวเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลนับว่าเป็นข้อเด่นของโครงข่ายประสาทเทียม แต่ด้วยข้อจำกัดในเรื่องการอธิบายการปรับเรียนรู้ภายในที่ยากต่อการสื่อเพื่อทำความเข้าใจเมื่อเทียบกับในมุมมองของมนุษย์ทั่วไปหรือในภาษาสื่อทั่วไป ขณะที่พื้นฐานของโมเดลฟัซซีซึ่งมีการพัฒนาจาก การตัดสินใจแบบตรรกะเชิงทวินัย (Crisp Logic) ด้วยการเปรียบเทียบกฎแบบแบบถ้า-แล้ว (if-then) มาเป็นการตัดสินใจแบบคลุมเครือหรือตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic) [3] ต่อไปจะเป็นการนำเสนอ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) และฟัซซีลอจิก

2.1.1 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network)

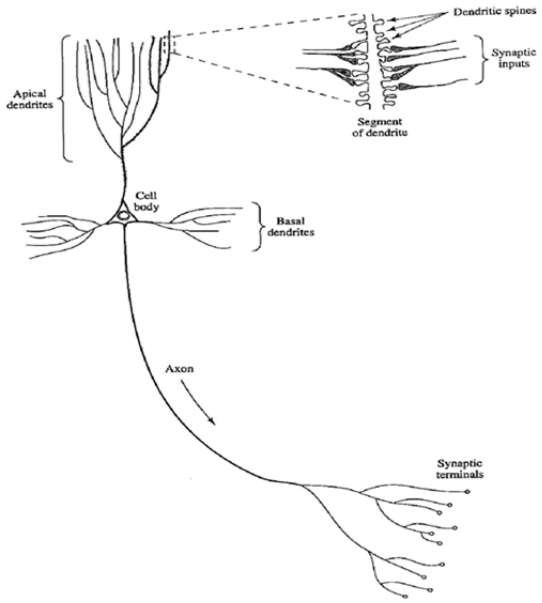
โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) เป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ซึ่งมีโครงสร้างเชิงสถาปัตยกรรม และการทำงานคล้ายคลึงกับการทำงานของเซลล์สมอง หรือระบบประสาทของมนุษย์ โดยสามารถเรียนรู้และปรับตัวตามข้อมูลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมภายนอก และให้คาตอบในปัญหาที่ซับซ้อนได้น่าเชื่อถือ [4]

เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญคือความยืดหยุ่นในการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนาเข้า (Input) กับผลลัพธ์ (Output) ที่มีความซับซ้อน และสามารถตอบสนองกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นได้ดี ทำให้มีการนำทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหางานจริงหลายด้านอย่างกว้างขวาง เช่น การเงินการธนาคาร, อวกาศ, ระบบป้องกันประเทศ, ระบบรักษาความปลอดภัย, การแพทย์, ระบบสื่อสาร, ระบบขนส่ง, การบันเทิง รวมทั้งงานทางด้านวิศวกรรม [5,6] โดยนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการจดจำรูปแบบ

(Recognition), การจัดกลุ่ม (Clustering), การจัดหมวดหมู่ (Classification) และการพยากรณ์ (Forecasting) เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าโดยใช้การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feed forward Network with Back Propagation Algorithm) มาใช้ในการพยากรณ์กาลังรับแรงอัดซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

1. การจำลองเซลล์ประสาท

- เซลล์ประสาทชีวภาพ ระบบคิดคำนึงของมนุษย์มีโครงสร้างพื้นฐานจากเซลล์สมองที่เรียกว่าเซลล์ประสาท (Neuron) เรียงเป็นชั้นๆมีการเชื่อมโยงภายในระหว่างเซลล์ประมาณ 105 ยูนิต ในแต่ละเซลล์ประสาทจะมีคุณลักษณะแตกต่างกันออกไปโดยมีการทางานคล้ายกันคือ รับสัญญาณเข้า, ประมวลผล และส่งสัญญาณไฟฟ้าเคมีผ่านไปยังเซลล์ประสาทอื่น จากรูปที่ 2.1 เซลล์ประสาทประกอบด้วยเดนไดรต์ (Dendrites) ซึ่งเป็นส่วนแขนงที่ขยายออกจากตัวเซลล์เพื่อรับสัญญาณจากเซลล์ประสาทอื่นที่ส่งมาทางจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่าไซแนปส์ (Synapse) และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่าแอกซอน (Axon) เซลล์ประสาททางานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์เข้าสู่ตัวเซลล์ (Cell Body) ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอตัวเซลล์ก็จะกระตุ้นเซลล์อื่นโดยส่งผ่านทางแอกซอน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างเซลล์ประสาทชีวภาพ [5]

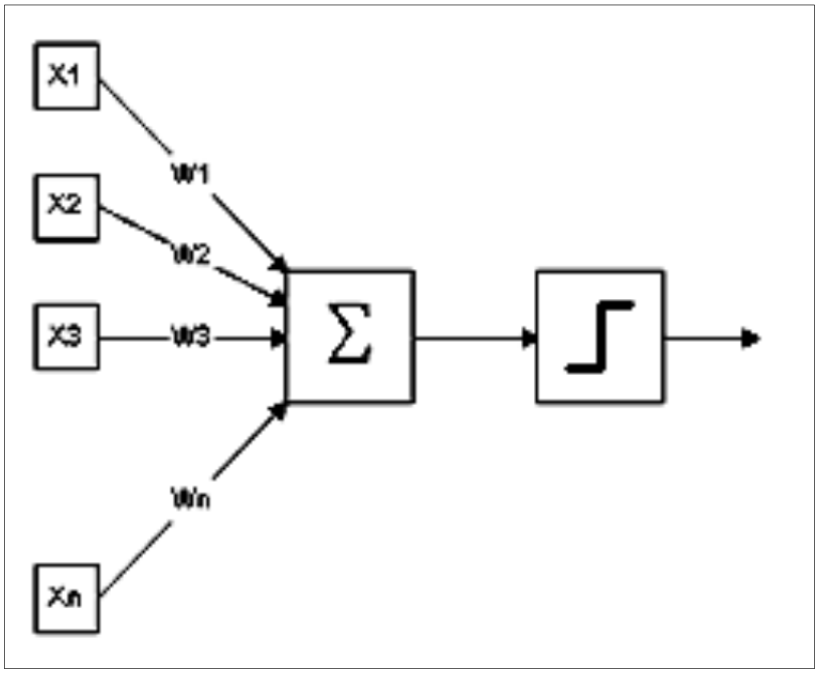
- เซลล์ประสาทเทียมแบบจำลองของเซลล์ประสาททางชีวภาพ หรือที่เรียกว่าเซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neuron) แสดงได้ดังรูปที่ 2.2 โดยประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญคือ หน่วย (Node) หรือ ยูนิต (Unit), ตัวแปรด้านเข้า (Input), ตัวแปรด้านออก (Output) และค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาททางชีววิทยาและเซลล์ประสาทเทียมดังนี้

- การประมวลผล จะเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยคือ หน่วย (Node) หรือ ยูนิต (Unit) ซึ่งจาลองมาจากลักษณะการทางานของตัวเซลล์

- การส่งสัญญาณระหว่างหน่วยด้วยส่วนที่เชื่อมติดกัน จาลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์ และแอกซอน

- แต่ละการเชื่อมต่อประกอบด้วยค่าน้าหนักที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่หน่วยจะได้รับจากหน่วยอื่นๆ ซึ่งจาลองมาจากไซแนปส์ โดยค่าน้าหนักที่ได้รับจะทาหน้าที่เสมือนความรู้ที่ถูกรวบรวมไว้ใช้แก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์

- ภายในหน่วยมีฟังก์ชั่นที่ใช้ในการกาหนดสัญญาณด้านออกที่เรียกว่าฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างเซลล์ประสาทเทียม

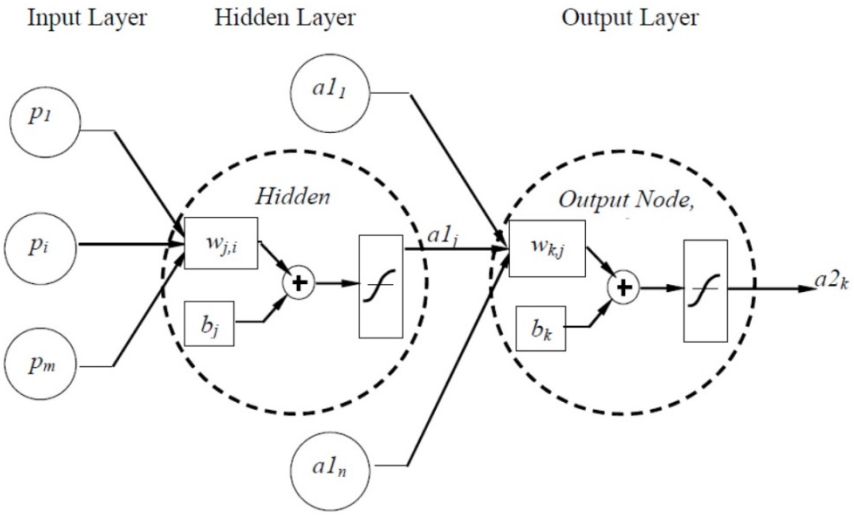
2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า

การจัดประเภทโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสัญญาณแบ่งได้ 2 ชนิดคือ โครงข่ายแบบไปข้างหน้า (Feed forward Network) และ โครงข่ายแบบส่งค่ากลับ (Recurrent Network) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าจะประกอบด้วยชั้นดังต่อไปนี้

- ชั้นรับข้อมูล (Input Layer)

- ชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งในโครงข่ายจะมีหรือไม่มีชั้นซ่อนก็ได้ ถ้าไม่มีชั้นซ่อนเรียกโครงข่ายว่า Single-Layer Feed forward Network ส่วนโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนเรียกว่า Multilayer Feed forward Network ซึ่งจานวนชั้นซ่อนอาจมีจานวน 1 ชั้น หรือมากกว่า

- ชั้นแสดงผล (Output Layer)โดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วย หน่วย (Node) ซึ่งจะทาหน้าที่ประมวลผล และเชื่อมต่อผลลัพธ์ไปยังชั้นถัดไป การเชื่อมต่อของแต่ละชั้นจะเป็นแบบถึงกันหมดจึงทาให้สัญญาณข้อมูลเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวคือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จากชั้นรับข้อมูลไปยังชั้นแสดงผล โดยจำนวน ชั้นแฝงและหน่วยในแต่ละชั้นแฝงจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา ส่วนจำนวนหน่วยในชั้นรับข้อมูลจะขึ้นกับจำนวนตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าที่จะพยากรณ์ และจำนวนหน่วยในชั้นแสดงผลคือผลลัพธ์ที่ต้องการจากโครงข่าย [8] โครงสร้างเบื้องต้นของโครงข่ายประสาทเทียม แบบ Feed-Forward แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า (Feed forward Network)

ค่าผลลัพธ์จากแต่ละหน่วย จะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.1 และ 2.2 ดังนี้

$$a1_j = f\left(\sum_{i=1}^{m}\left(w_{j,i}\cdot p_i\right)+b_j\right) \quad (2.1)$$

$$a2_k = f\left(\sum_{j=1}^{n}\left(w_{k,j}\cdot a1_j\right)+b_k\right) \quad (2.2)$$

โดยที่ p_i คือ ปัจจัยนา เข้า (Input)

$a1_j$ คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของ ชั้น (Hidden Layer)

$a2_k$ คือ ค่าผลลัพธ์จากชั้นแสดงผล

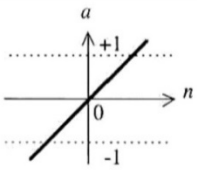
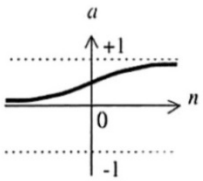
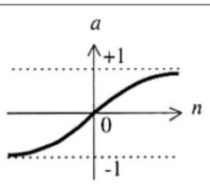
w คือ ค่าน้ำ หนัก (Weight)

b คือ ค่าเบี่ยงเบน (Bias)

f(c) คือ ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น

ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function) จะเป็นตัวกำหนดค่าผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งฟังก์ชั่นถ่ายโอนมีอยู่หลายชนิด การที่จะเลือกฟังก์ชั่นชนิดใดขึ้นอยู่กับรูปแบบปัญหา,ลักษณะของผลลัพธ์ว่าเป็นค่าต่อเนื่องหรือไม่,ขอบเขตของผลลัพธ์ เป็นต้น แต่ในที่นี้จะเสนอเฉพาะฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้ในการศึกษานี้เท่านั้นสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function)

ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน	รูปแบบ	สมการฟังก์ชั่นถ่ายโอน	ขอบเขตของ $a(n)$
Linear Transfer Function		$a(n)=n$	$[-\infty,\infty]$
Log-Sigmoid Transfer Function		$a(n)=\frac{1}{1+e^{(-n)}}$	[0, 1]
Tan-Sigmoid Transfer Function		$a(n)=\frac{1-e^{(-n)}}{1+e^{(-n)}}$	[-1, 1]

ส่วนค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบน (Bias) เป็นค่าที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้ที่นิยมใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าคือการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back propagation Algorithm)

3. การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ

คุณสมบัติสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ความสามารถในการเรียนรู้จากตัวอย่างโดยพยายามคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนา เข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) การเรียนรู้นี้จะเริ่มจากการสุ่มค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบนเริ่มต้น (Bias) ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากค่าเริ่มต้นจะถูกนา มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง ค่าที่แตกต่างจะถูกนำ มาปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนโดยวิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงหรือตรงกับผลลัพธ์จริง ค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนสุดท้ายจะถูกนา มาใช้ในการพยากรณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากข้อมูล (Input) ใหม่

กระบวนการในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่นิยมใช้ คือ การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back propagation) ซึ่งจะประกอบด้วยสัญญาณ 2 ส่วน ดังนี้

1. สัญญาณส่ง (Function Signals) คือ ข้อมูลหรือผลลัพธ์ของแต่ละหน่วยที่ถูกส่งเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม

2. สัญญาณแก้ไข (Error Signals) คือ ค่าที่แตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและผลลัพธ์จริงที่ถูกส่งกลับสู่โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนขั้นตอนการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น Gradient, Descent with Momentum and Adaptive Learning Rate, และLevenberg-Marquardt เป็นต้น โดยในการศึกษานี้จะใช้วิธี Levenberg-Marquardt Algorithm ในการปรับค่านน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน เนื่องจากวิธีนี้เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาประเภทการประมาณค่า [9] โดยมีขั้นตอนดังนี้

$$x_{(new)} = x_{(old)} + \Delta x \tag{2.3}$$

$$x_{(new)} = x_{(old)} - \left[J^T.J + \mu I\right]^{-1}.J^T.e \tag{2.4}$$

$$g = 2J^T.e$$

โดยที่ x คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบน (Bias)

J คือ จาโคเบียนเมตริกซ์ (Jacobian Matrix) ของอนุพันธ์ของค่าผิดพลาด (แต่ละค่า) ต่อค่า x (แต่ละค่า)

JT คือ Transpose Matrix ของ J

g คือ Gradient Factor

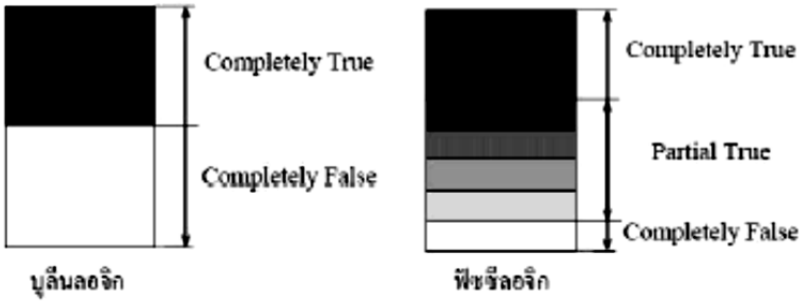
e คือ เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error) ระหว่างคำตอบ (Target) กับค่าที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ (Output)

I คือ Identity Matrix

μ คือ Mu Factor หรือ Learning Factor

2.1.2 ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ให้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิด ที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง(partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมี ค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตรรกะแบบเป็นจริง (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)

การประยุกต์ใช้งานตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยทั่วไปจะใช้ในการจำลองความรู้ หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยการใช้เหตุผล หรือ การตัดสินใจต่อสภาวการณ์ต่าง ๆ ของมนุษย์นั้น สามารถเขียนอยู่ในรูปเชิงภาษาศาสตร์ของระบบกฎเกณฑ์ (rule-based system) คือ เงื่อนไข IF/THEN กฎเกณฑ์: IF (ถ้า) <เงื่อนไข> THEN (แล้ว) <ผลที่ตามมา> การใช้เหตุผล การตัดสินใจ หรือการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ของมนุษย์นั้น โดยปกติจะมีลักษณะที่คลุมเครือ เช่น การประเมินสภาวการณ์ โดยไม่ได้ระบุเป็นค่าที่แน่นอน ชัดเจน

ดังนั้นจึงถูกจำลองไว้ในกฎเกณฑ์ด้วยฟัซซี่เซต ตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้พัดลม อาจมีกฎเกณฑ์ดังนี้

IF อุณหภูมิ เย็นมาก THEN หยุดพัดลม

IF อุณหภูมิ เย็น THEN ปรับพัดลมให้ช้าลง

IF อุณหภูมิ ปานกลาง THEN รักษาระดับความเร็ว

IF อุณหภูมิ ร้อน THEN ปรับพัดลมให้เร็วขึ้น

สังเกตว่าไม่มีการใช้ ELSE (ไม่เช่นนั้น) ทุกเงื่อนไขจะต้องถูกนำมาพิจารณา เนื่องมาจากสภาพก้ำกึ่งในตรรกศาสตร์คลุมเครือ เช่น อุณหภูมิอาจเป็นสมาชิกของ ทั้งเซต "เย็น" และ "ปานกลาง" โดยอาจมีค่าระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละเซตต่างกัน ซึ่งชุดของกฎเกณฑ์ ดังกล่าวนี้เรียกว่า กฎเกณฑ์ฟัซซี่ (fuzzy rule) ฐานกฎเกณฑ์ฟัซซี่ (fuzzy rule base) หรือ ฐานความรู้ (knowledge base)

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดราคาแบบหล่อ

ปัจจัยที่มีผลกระทบทำให้การตัดสินใจในการเลือกในการทำแบบจำลองเลือกระบบแบบหล่อคอนกรีตด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม [5] ดังนี้

2.2.1 ปัจจัยภายนอก (External Factors)

1. เจ้าของงานหรือลูกค้าของงานก่อสร้างเจ้าของงานก่อสร้างมักจะไม่ค่อยมีความรู้ทางด้านงานก่อสร้างมากนักซึ่งหากขาดผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญอาจจะส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจได้ เช่น อาจมีการเปลี่ยนแปลงแบบในระหว่างการก่อสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงวัสดุอุปกรณ์ ทำให้เกิดปัญหาในการทุบรื้อซ่อมแซมต่อเติม และการทำงานซ้ำซากเกิดขึ้น ส่งผลให้งานล่าช้าและใช้ทุนเพิ่มมากขึ้น

2. ธรรมชาติของงานก่อสร้างโดยปกติแล้วงานก่อสร้างในแต่ละโครงการนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านการออกแบบเทคนิคการก่อสร้างรูปแบบของสัญญาหรือการก่อสร้าง โดยมีระยะเวลาจำกัดซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการทำงานทั้งสิ้น

3. สภาพแวดล้อมของงานก่อสร้าง ในโครงการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างแต่ละแห่ง จะมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป อุปสรรคทางสภาพแวดล้อมต่างๆจะส่งผลให้การตัดสินใจในการทำงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง

2.2.2 ปัจจัยภายใน (Internal Factors)

1. การจัดการในงานก่อสร้างต้องมีการบริหารการจัดการที่ดีโดยถ้าหากเป็นโครงการใหญ่จำเป็นต้องมีบุคลากรผู้เชี่ยวชานในการตัดสินใจ ทั้งการตัดสินใจด้านค่าใช้จ่ายของโครงการจะต้องพยายามควบคุมค่าใช้จ่ายไม่ให้สูงเกินงบประมาณที่ตั้งเอาไว้การกำหนดตารางเวลาในการทำงานใน การตัดสินใจเกี่ยวกับการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์การจัดเก็บอุปกรณ์

2. เทคโนโลยีงานก่อสร้างแต่ละโครงการมีความแตกต่างกันในแต่ละด้านมากมายไม่ว่าจะเป็นสภาพแวดล้อมหรือระยะเวลาทำงานจึงทำให้เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการก่อสร้างของแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน เช่น การเลือกใช้ โมบายเครน หรือ ทาวเวอร์เครน

3. คนงานเป็นส่วนประกอบสำคัญที่สุดในการการตัดสินใจของงานก่อสร้าง นอกจากนี้บุคลากรผู้เชียวชานในการทำงานของงานจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการทำงานของคนงานเพราะว่าเป็นส่วนที่ทำผลงานออกมาให้โครงการสำเร็จ

2.3 วิธีเลือกตัวแปรในการกำหนดราคา

การคำนวณค่าก่อสร้างในอนาคตในการทดลองนี้เป็นการกำหนดราคาแบบหล่อโดยโครงข่ายประสาทเทียมคือมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง ซึ่งหากพิจารณาจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ได้ตั้ง สมมุติฐานไว้ 2 กรณี ที่นำมาใช้ตัดสินใจในการกำหนราคา คือ กำหนดให้มีตัวแปรคงที่ และตัวแปรที่ไม่คงที่

2.3.1 กรณีที่ 1 ตัวแปรไม่คงที่

1.เจ้าของงานหรือลูกค้าของโครงการ และพนักงาน
2.สภาพอากาศและสภาพแวดล้อมของงานก่อสร้าง ในโครงการ
3.งบประมาณในการก่อสร้าง

2.3.2 กรณีที่ 2 ตัวแปรคงที่

1.แบบที่ใช้ในการก่อสร้าง
2.ระยะเวลาในการก่อสร้าง
3.ชนิดของเครน
4.ความสูงของอาคาร
5.ความสูงต่อชั้น
6.ขนาดพื้นที่ของการก่อสร้าง

7.ขนาดพื้นที่ต่อชั้น

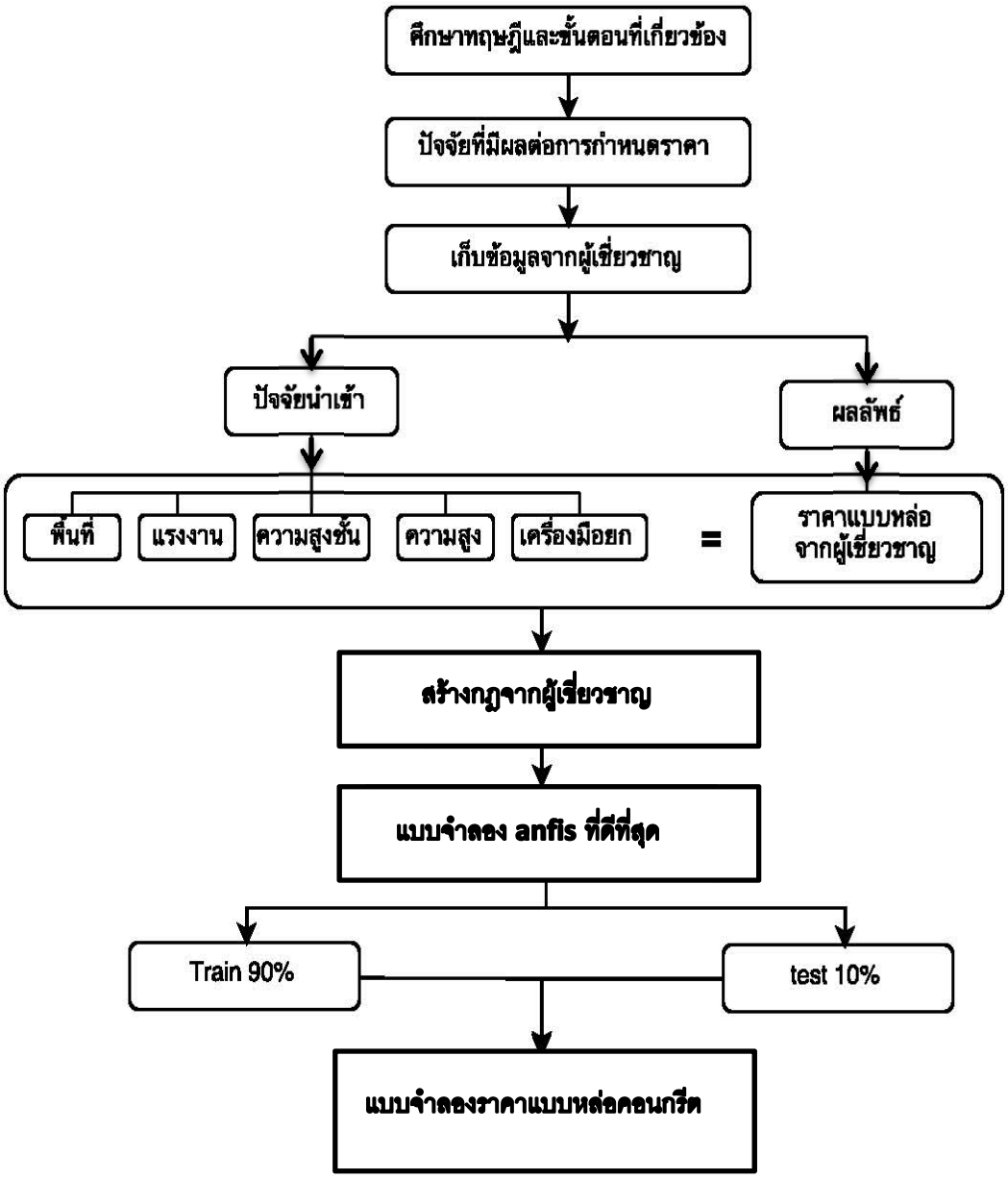
8.ขนาดพื้นที่จัดเก็บวัสดุ

2.4 สรุปท้ายบท

ANFIS เป็นการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม หรือนิวรอลเน็ตเวิร์ก มาช่วยสร้างกฎเกณฑ์ฟัซซี่จากกลุ่มข้อมูลอินพุทและเอาท์พุท เพื่อช่วยให้การสร้างระบบวินิจฉัยฟัซซี่นั้น ง่ายขึ้น และการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบมีความแม่นยำขึ้นจากการศึกษาแนวความคิดพื้นฐานของทฤษฎี ANFIS และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงความสามารถในการทำนายผลที่แม่นยำจากข้อมูลที่มีความคลุมเครือและสามารถสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายกว่าการใช้ทฤษฎีฟัซซี่แบบเดิมที่การหากฎเกณฑ์ฟัซซี่ที่เหมาะสม และการทดสอบกฎเกณฑ์จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบกฎ และหลายงานวิจัยสรุปว่า ANFIS มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการอื่น ๆ การนำทฤษฎีฟัซซี่ลอจิกมาประยุกต์ร่วมกับระบบโครงข่ายประสาทเทียม มีหลักการคือ ส่วนประกอบหลักจะเป็นส่วนประกอบของฟัซซี่ คือ มีฟัซซิฟิเคชัน ฟัซซี่อินเฟอร์เรนซ์ และดีฟัซซิฟิแคชัน ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในส่วนของวิธีการ แบ็คพรอพะเกชัน เพื่อใช้ในการปรับปรุงและหาค่าฟังก์ชันสมาชิก เป็นระบบที่ง่ายต่อความเข้าใจ ช่วยลดปัญหาของผู้ใช้ทฤษฎีนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำหนดแบบหล่อคอนกรีตและพัฒนาแผนงานใหม่ในบทต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

จากการศึกษาทฤษฎีทำให้ทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วย การศึกษาทฤษฎีและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดตัวแปรสำคัญของการศึกษา เป็นการเก็บข้อมูลจากสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากบุคลากรผู้มีหน้าที่รับผิดชอบโครงการ เพื่อสร้างแบบจำลองการศึกษาและสรุปผลโครงการ แสดงดังตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีและกิจกรรมงานแบบหล่อ

การศึกษาทฤษฎีและกิจกรรมต่างๆจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานแบบหล่อนั้น มีทั้งการศึกษาจากเอกสาร/ตำราที่เกี่ยวข้องกับการประมาณราคา และการศึกษาจากภาคสนาม โดยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากบุคลากรผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ และคู่มือประมาณราคา

3.1.1 การศึกษาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประมาณราคาจากเอกสารและตำรา

- การประมาณราคาวิศวกรรมโยธา (วสท.)
- แบบหล่อคอนกรีต (Concrete Formwork)
- นิวรอลเน็ตเวิร์ก (Neural Network)
- การศึกษาปัจจัยที่เป็นผลกระทบต่อการประมาณราคาในการก่อสร้าง
- การประมาณราคาก่อสร้าง (Construction Cost Estimation)

3.1.2 ทฤษฎีแบบจำลองนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้(Anfis)

ผู้ศึกษาได้ศึกษาทำความเข้าใจทฤษฎีแบบจำลองนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ (Anfis) เพื่อนำมาใช้ในการจำลองการกำหนดราคางานแบบหล่อคอนกรีตและวิเคราะห์ข้อมูลจากหน้างานจริงในงานไม้แบบซึ่งได้ข้อมูลจำนวนมากเพียงพอต่อการนำมาทำแบบจำลอง จึงต้องมีขั้นตอนการจำลองข้อมูลขึ้น ศึกษาจากแหล่งข้อมูลดังนี้

- แบบจำลองนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ (Anfis)
- www.eng.ku.ac.th/e-journal_th

3.1.3 การศึกษาจากภาคสนาม

ในการศึกษาการประมาณราคาในงานก่อสร้าง การเก็บข้อมูลการทำแบบหล่อจากการผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับราคาแบบหล่อจากสถานการณ์ที่กำหนด เช่น

1.อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กไม่เกิน 8 ชั้น (23 เมตร)

2.ชนิดเครนที่ใช้ มี ทาวเวอร์เครน และโมบายเครน

3.จำนวนแรงงาน

4.พื้นที่อาคารทั้งหมด

5.พื้นที่ต่อชั้น

3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล จากภาคสนาม

ในการศึกษาจากหน้างานแบบหล่อคอนกรีต รวมถึงการสอบถามและรับฟังคำแนะนำจากผู้มีประสบการณ์ในงานแบบหล่อคอนกรีต จึงมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต แสดงไว้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 นำแบบสอบครั้งที่ 1 ไปเก็บข้อมูล โดยเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อราคาแบบหล่อคอนกรีตมากที่สุดจากประสบการณ์การทำงาน

ตารางที่ 3.1 ตารางการเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 1

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ต่อชั้น (คน)	ชนิดเครน	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	6	3	20	1	500,000
1,000	9	4	30	2	1,000,000
1,500	12	4	50		1,500,000
2,000	15	5	100		2,000,000
2,500	18		200		2,500,000
3,000	23		300		3,000,000
3,500					3,500,000
4,000					4,000,000
4,500					4,500,000
5,000					5,000,000
5,500					5,500,000
6,000					6,000,000
6,500					6,500,000
7,000					7,000,000
7,500					7,500,000
8,000					8,000,000
8,500					8,500,000
9,000					9,000,000
9,500					9,500,000
10,000					10,000,000

จากตารางที่ 3.1 อธิบายแต่ละช่องข้อมูลดังนี้

ช่องที่ (1) พื้นที่อาคาร หมายถึง ช่วงพื้นที่รวมในแต่ละชั้นของอาคาร

ช่องที่ (2) ความสูงของอาคาร หมายถึง ความสูงของอาคารไม่เกิน 8 ชั้น (23 เมตร)

ช่องที่ (3) ความสูงต่อชั้น หมายถึง ความสูงต่อชั้นที่อยู่ในช่วง 3 -5 เมตร

ช่องที่ (4) ชนิดเครน หมายถึง เครื่องมือยกที่ใช้งานคือ 1 เท่ากับ โมบายเครน 2 เท่ากับ ทาวเวอร์เครน

ช่องที่ (5) แรงงานที่ใช้ หมายถึง จำนวนคนงานที่ใช้จนจบโครงการ

ช่องที่ (6) ราคาแบบหล่อ หมายถึง ราคาที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลที่ได้ไปหากฎ (Rules) ของ ANFIS เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำแบบสอบถาม ชุดที่ 2 เพื่อนำแบบสอบถามไปหาราคาแบบหล่อ จากการผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางการเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 2 มาสร้างกฎจากผู้เชี่ยวชาญ

พื้นที่อาคาร (m^2)	**ความสูงของอาคาร (m)**	**ความสูงต่อชั้น (m)**	**แรงงานที่ใช้ (คน)**	**เครื่องมือ (ชนิดเครน)**	**ราคาแบบหล่อ (บาท)**
500	9	3	20	1	505000
1000	9	3	20	1	806000
5000	9	3	20	1	2507000
10000	9	3	20	1	5500000
500	12	3	20	1	605000
1000	12	3	20	1	1006000
5000	12	3	20	1	3707000
10000	12	3	20	1	8000000

ขั้นตอนที่ 3 นำข้อมูลที่ได้มาทำแบบจำลองโดยโปรแกรม MATLAB® เพื่อสร้างแบบจำลอง ANFIS ซึ่งการสร้างแบบจำลอง ANFIS นี้ใช้โปรแกรม MATLAB®ในการทำงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

- โหลดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (training data) มาใช้สำหรับสร้างตัวแบบ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลข้อมูลสำหรับการเรียนรู้จำนวน 512 ชุดข้อมูล และใช้ข้อมูลสำหรับการทดสอบ(testing data) จำนวน 51 ชุดข้อมูล

- สร้างระบบวินิจฉัยฟัซซีเริ่มต้น โดยกำหนดจำนวนและรูปแบบฟังก์ชันสมาชิก และหากฎฟัซซีเริ่มต้น โดยการวิจัยนี้ได้ใช้ฟังก์ชันสมาชิก

- ฝึกให้ตัวแบบเรียนรู้ และปรับรูปแบบฟังก์ชันสมาชิกให้ตัวแบบมีค่าผิดพลาดน้อยลง โดยเป็นการเรียนรู้แบบผสมผสาน(Hybrid Learning Algorithm) จนครบตามจำนวนรอบที่กำหนด การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ epoch เท่ากับ 100 เมื่อฝึกให้ตัวแบบเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว รูปแบบฟังก์ชันสมาชิกที่มีการปรับรูปเพื่อให้ค่าผิดพลาดน้อยลง

3.3 การสร้างแบบจำลอง ANFIS

การสร้าง Anfis Expert system โดยขั้นตอนการสร้าง Anfis Expert system มีดังนี้

1. กำหนดปัญหา และกำหนดความหมายของตัวแปลทางภาษา
2. กำหนด Anfis
3. หาและสร้างกฎ Anfis
4. รวม Anfis, กฎ Anfis และสร้างระบบวินิจฉัย Anfis
5. หาค่าและปรับตั้งระบบ

3.4 หลักการทำงานแบบจำลอง ANFIS

สำหรับการนำทฤษฎี Anfis มาประยุกต์ร่วมกับระบบโครงข่ายประสาทเทียม มีหลักการ คือ ส่วนประกอบหลักจะเป็นส่วนประกอบของฟัซซี่ คือมี ฟัซซิฟิเคชัน (Fuzzification) ฟัซซี่อินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzyinference) และดีฟัซซิฟิแคชัน (Defuzzification) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในส่วนของวิธีการ แบ็คพรอพะเกชัน (Back Propagation) เพื่อใช้ในการปรับปรุงพารามิเตอร์ส่วนของ premise และพารามิเตอร์ส่วนของ consequent ของฟัซซี่

การศึกษานี้ใช้วิธีการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Hybrid Learning Algorithm) โดยมีหลักการดังนี้

ชั้นที่ 1 ประกอบด้วยฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุทแต่ละตัว ซึ่งสามารถปรับค่าได้

$$o_{1,i} = \mu_{Ai}(x) \tag{1}$$

โดยตัวแปรในชั้นนี้เรียกอีกอย่างได้ว่า premise parameter

ชั้นที่ 2 เป็นการคำนวณหาความสัมพันธ์ของอินพุทเวคเตอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$$o_{2,i} = w_i(x,y) = \mu_{Ai}(x)\mu_{Bi}(y) \tag{2}$$

ชั้นที่ 3 เป็นการ Normalize เพื่อหาค่าอินพุทเวคเตอร์ที่ได้จากชั้นที่ 2

ชั้นที่ 4 เรียกว่า Standard Perceptron สามารถเขียนได้ตามสมการ

$$o_{3,i} = \overline{w} = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \tag{3}$$

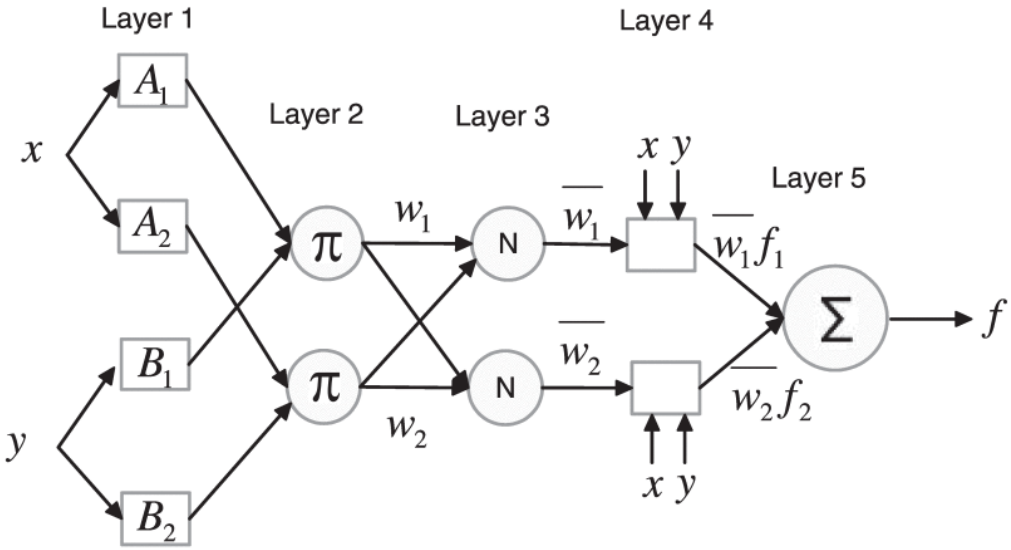
$$o_{4,i} = \overline{w}_i f_i = \overline{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \tag{4}$$

โดย (p, q, r) เรียกว่า Consequent parameter

ชั้นที่ 5 เป็นการคำนวณเพื่อหาค่าเอาท์พุทออกมาเป็นจำนวนจริง ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเขียนอยู่ในรูป

$$o_{5,i} = \sum_i (\overline{w}_i f_i) \tag{5}$$

โดยในการศึกษานี้ทำการหาค่า Consequent parameter ด้วยวิธี Least-squar Estimator และการเรียนรู้แบบย้อนกลับเพื่อทำการปรับแก้ค่า premise parameter ได้ใช้วิธี Gradient descent Method ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้าง ANFIS

3.5 การวิเคราะห์

ระบบวินิจฉัยประกอบด้วย 5 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วน คือ

1.กฎพื้นฐาน (Rule base) กำหนดกฎฟัซซี่ IF-THENเป็นการแปลงการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงเหตุและผลซึ่งอยู่ในรูปของตัวแปรทางภาษา (Linguistic variable)

โดยการผสมโครงสร้างของกฎพื้นฐาน คือ IF Premise (antecedent), THEN Conclusion (consequent)

2. ฐานข้อมูล (Data base) กำหนดฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซี่เซตที่ใช้ในกฎเกณฑ์ฟัซซี่ โดยที่กฎพื้นฐานกับฐานความรู้รวมกันเราจะเรียกว่า ฐานความรู้ (Knowledge base) จะใช้ในการ แบ่งช่วง และกำหนดรูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ ตลอดจนเงื่อนไขหรือกฎต่าง ๆ ที่ใช้ ในการตัดสินใจ

3. Fuzzification interface เปลี่ยนค่าอินพุทเป็นระดับของค่าทางภาษา โดยกระบวนการฟัซซิฟิเคชัน (Fuzzification) เป็นกระบวนการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของตัว แปรที่ใช้ โดยการแทนตัวแปรแบบฟัซซี่ด้วยฟังก์ชันสมาชิก

4. Decision-making unit ทำการวินิจฉัยจากกฎ โดยกระบวนการตัดสินใจ (Decision-making logic) ใช้การดำเนินการเชื่อมต่อแบบ AND, OR จากนั้นใช้การอนุมานโดยการรวมกฎเข้าด้วยกัน (Aggregation) และใช้ดีฟัซซิฟิเคชันในการหาค่า เอาท์พุทของระบบซึ่งวิธีการอนุมานมี 2 แบบ คือ (1) Max-Min method และ (2) Max-Product method

5. Defuzzification interface เปลี่ยนผลฟัซซี่ของการวินิจฉัย เป็นค่าเอาท์พุท โดยกระบวนการดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) เป็นกระบวนการแปลงผลการตัดสินใจแบบฟัซซี่ ให้เป็นตัวเลข โดยใช้ union logical ของฟังก์ชันสมาชิกของผลลัพธ์ มีวิธีการที่ได้รับความนิยม เช่น Max-membership principle, Centroid method, และ Weighted average method

3.6 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

การตรวจสอบใช้ข้อมูลสำหรับวัดผลมาทำนายโดยโปรแกรม แล้ววัดค่าความผิดพลาดของรากที่สองเฉลี่ย (Root mean squared error) โดยค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย คำนวณจากสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x_i - f_i)^2}{n}} \qquad (1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนข้อมูล

ix คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

if คือ ค่าที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

3.7 สรุปท้ายบท

การปรับตัวเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลนับว่าเป็นข้อเด่นของโครงข่ายประสาทเทียม แต่ด้วยข้อจำกัดในเรื่องการอธิบายการปรับเรียนรู้ภายในที่ยากต่อการสื่อเพื่อทำความเข้าใจเมื่อเทียบกับในมุมมองของมนุษย์ทั่วไปหรือในภาษาสื่อทั่วไป ขณะที่พื้นฐานของโมเดลฟัซซีซึ่งมีการพัฒนาจากการตัดสินใจแบบตรรกะเชิงทวินัย (Crisp Logic) ด้วยการเปรียบเทียบกฎแบบแบบถ้า-แล้ว (if-then) มาเป็นการตัดสินใจแบบคลุมเครือหรือตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic)หลักพื้นฐานของฟัซซีเปรียบเทียบตัวอย่างกับการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีตจากปัจจัยที่มีผลต่อราคามากที่สุด จำนวน 5 ตัวแปร คือ พื้นที่อาคาร ความสูงของอาคาร ความสูงต่อชั้น ชนิดเครน และแรงงานที่ใช้ ของการใช้งานในแต่ละโครงการ ซึ่งเป็นการศึกษาที่เลือกโครงการก่อสร้างอาคารที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างรัฐสภา ซึ่งตั้งอยู่ที่ ใกล้สี่แยกเกียกกาย สามเสน กรุงเทพฯ เป็นต้น

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในบทนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์โดยจะเริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคาแบบหล่อคอนกรีต ด้วยการนำข้อมูลแบบสอบถามและการเก็บข้อมูลจากหน้างานจริง จากนั้นจะใช้แบบจำลองนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ (ANFIS) แล้วทำการสรุปผล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง ANFIS โดยใช้โปรแกรม MATLAB® ในการวิเคราะห์ราคาแบบหล่อคอนกรีต) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์งบราคาแบบหล่อคอนกรีต โดยนำข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 2 จากกฎ (Rules) ดังตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางการเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 2 มาสร้างกฎจากผู้เชี่ยวชาญ

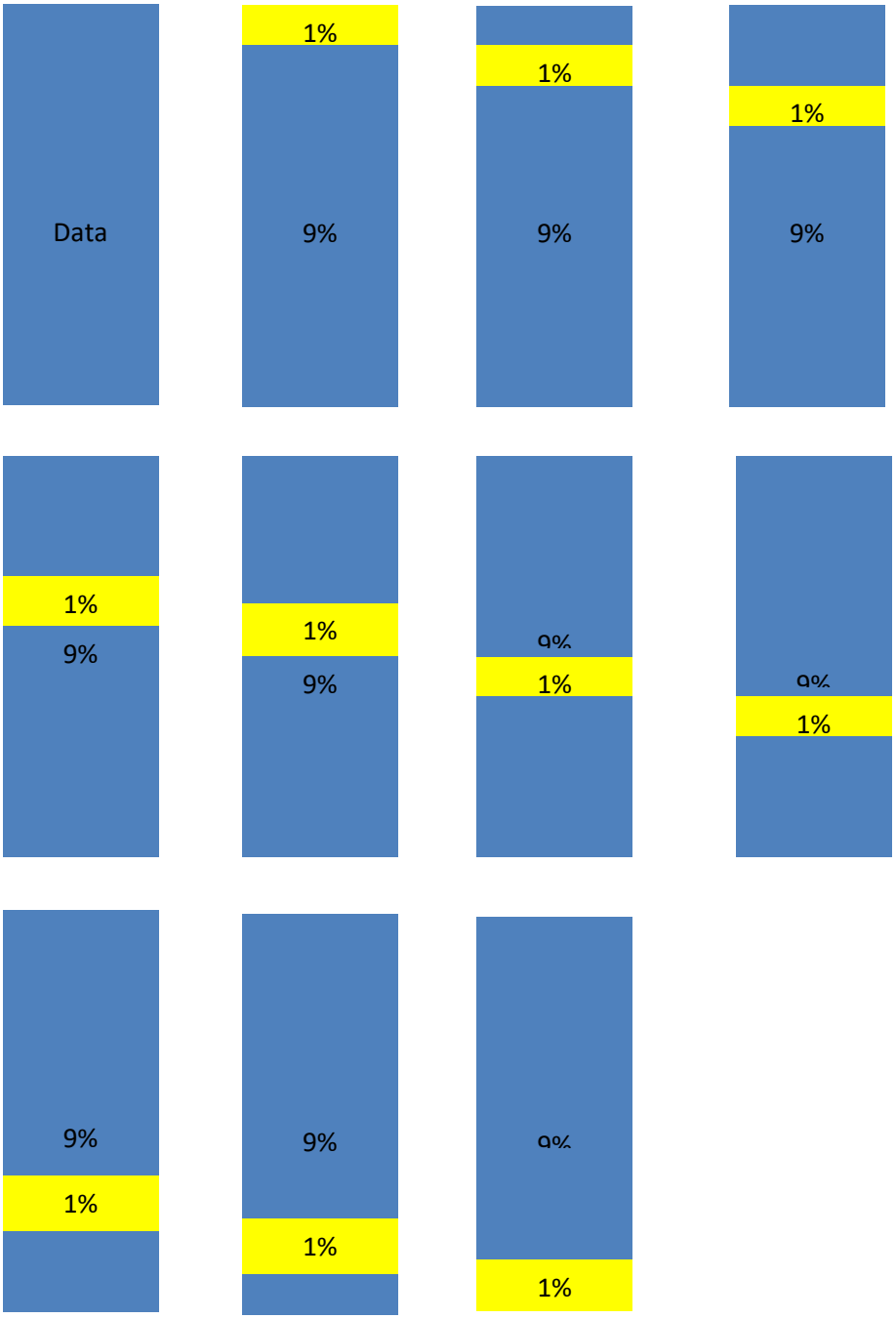
พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	9	3.5	30	1	755000
1000	9	3.5	30	1	1056000
5000	9	3.5	30	1	2757000
10000	9	3.5	30	1	5750000
500	12	3.5	30	1	855000
1000	12	3.5	30	1	1256000
5000	12	3.5	30	1	3957000

4.1.1 Cross validation

การทำ Cross validation คือการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกนั้นจะเป็นข้อมูลที่แบ่งไว้สำหรับการ testing และส่วนที่2 นั้นไว้สำหรับ training ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ในการทำ Cross validation แต่ละครั้งนั้น เราจะนำ data 90% ที่แบ่งไป training เช่นในการ Training เราจะทำการ Train 100 epochs ทุกๆ epoch จะนำ data 90% นี้ไปทำการ Train แต่สิ่งที่แตกต่างกันในการ train แต่ละ epoch นั้นคือลำดับการเข้าของข้อมูลซึ่งจะมีลำดับการเข้าไปที่แตกต่างกัน หลังจากที่เราทำ

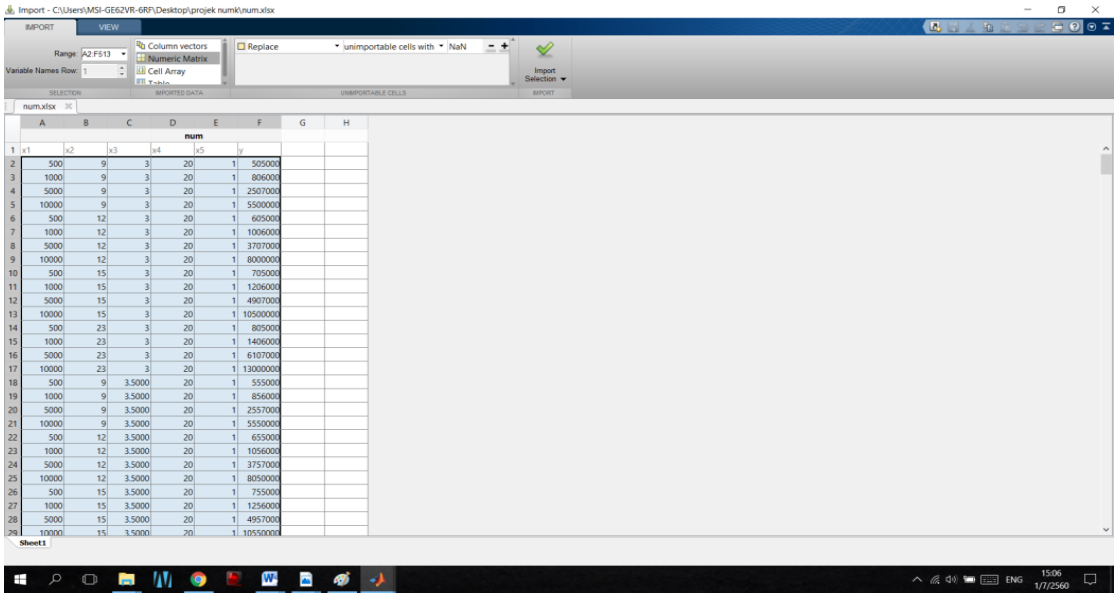
การ train ครบทั้ง 100 epoch ก็นำ data 10% ที่เราทำการแบ่งไว้ในตอนแรกมาทำการ test ทำในลักษณะเดียวกันนี้จนครบ 10 ครั้งตามที่เราได้ทำการแบ่ง data ไว้ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 data 100% ที่แบ่งไป train 90% และ test data 10%

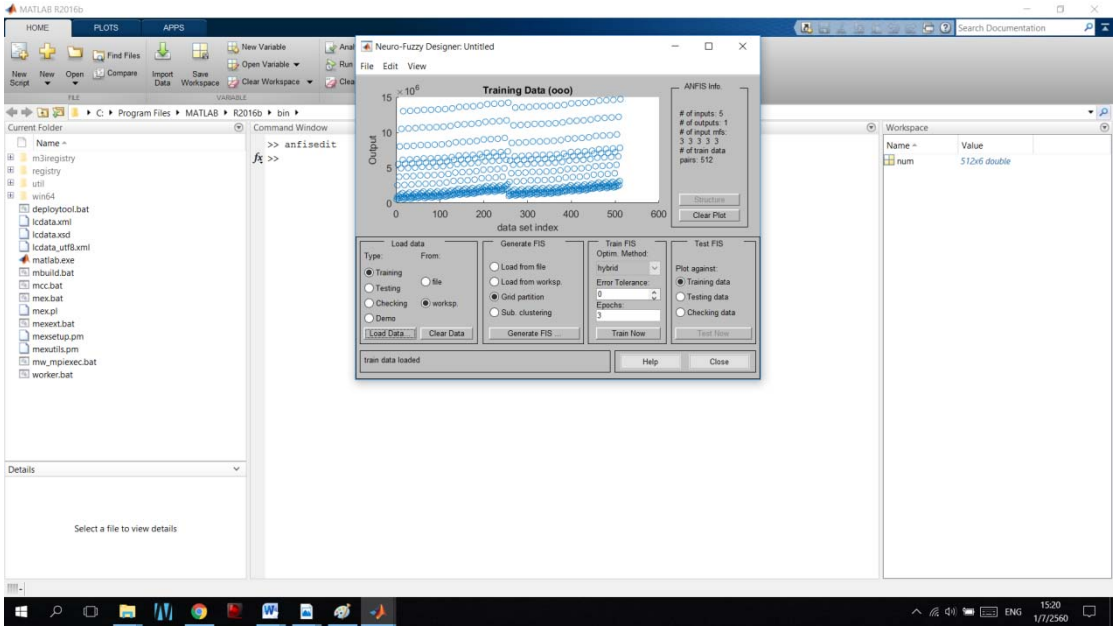
4.2 วิธีการทดลอง ทดลองจากโปรแกรม Mat lab การ Training

1. ทำการ Import data เข้าสู่ workspace หาก data ที่จะนำมา training นั้นอยู่ในรูปแบบที่ไม่สามารถอ้างได้นั้นให้ทำการ นำ data นั้นไปผ่านการ จัดการข้อมูลมาก่อนโดย รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการ training มีลักษณะดัง รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การนำข้อมูลเข้า โปรแกรม Mat lab

2. ทำการ Open file Training แล้วทำการป้อนข้อมูลดัง รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การ Training data

3. ทำการ run file Training โดยภายใน file จะมีลำดับการทำงานดังต่อไปนี้

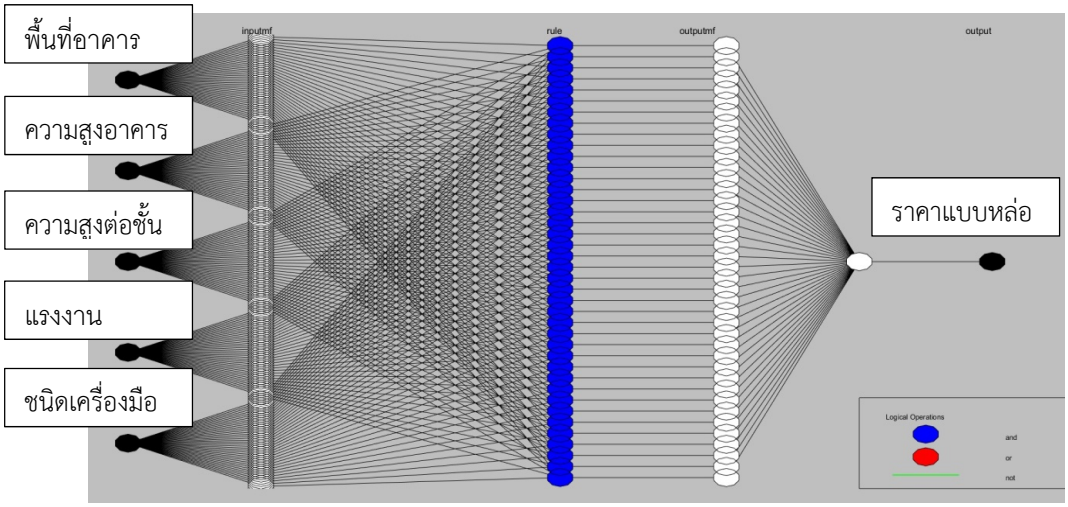
- ทำการ random data ให้คละกัน หลังจากนั้นทำการแบ่ง data ออกเป็น 2 ส่วน คือ10% และ90% โดยส่วนที่เป็น 10 % เราจะเก็บไว้สำหรับทำการ test มีดัง ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลสำหรับ test 10 %

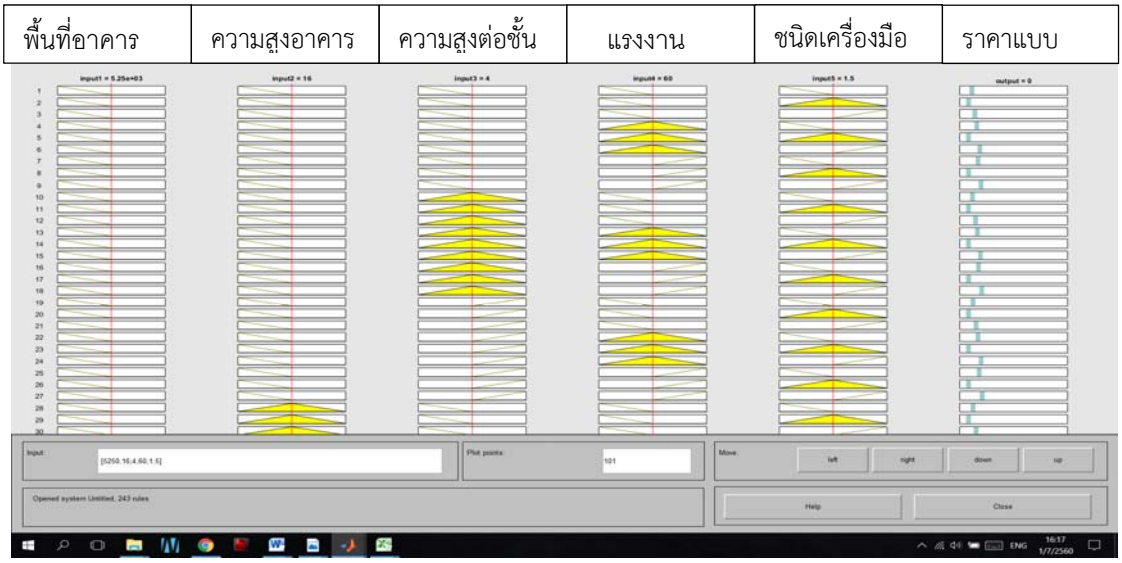
x1	x2	x3	x4	x5	y
500	12	3	20	1	605000
1000	15	3	20	1	1206000
5000	23	3	20	1	6107000
10000	9	3.5	20	1	5550000
500	15	3.5	20	1	755000
1000	23	3.5	20	1	1456000
5000	9	4	20	1	2607000
10000	12	4	20	1	8100000
500	23	4	20	1	905000
1000	9	5	20	1	1006000
5000	12	5	20	1	3907000
10000	15	5	20	1	10700000
500	9	3	30	1	705000
1000	12	3	30	1	1206000
5000	15	3	30	1	5107000
10000	23	3	30	1	13200000
500	12	3.5	30	1	855000
1000	15	3.5	30	1	1456000
5000	23	3.5	30	1	6357000
10000	9	4	30	1	5800000

การทำงาน MATLAB® โดยโครงสร้างของ ANFIS เลือกใช้โมเดลฟัซซี่ Sugeno และฟังก์ชันสมาชิกอินพุตที่เลือกใช้จะปรับเปลี่ยนเป็น trimf ส่วนฟังก์ชั่นสมาชิกเอาต์พุตที่เลือกใช้จะปรับเปลี่ยนเป็น linear Bias จะเลือกโดยการสุ่ม (Random) ทำการเรียนรู้ 100 รอบ เพื่อให้การฝึกสอนแต่ละรอบมีทิศทางลู่เข้าแตกต่างกันไป และฟังก์ชันถ่ายโอนที่เลือกใช้ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันถ่ายโอนเป็น

Tan-Sigmoid, Log-Sigmoid และ Linear ทั้งในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นซ่อนที่ 2 เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการทำนาย ใช้กระบวนการเรียนรู้ แบบ Levenberg - Marquardt 500 epochs ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการทำนายความต้องการ พลังงานไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่ 4.1 การปรับโครงสร้างของ ANFIS เริ่มต้นจาก จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นซ่อนที่ 2 เป็น 2-1 ตามลำดับ ไปจนถึง จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และ ชั้นซ่อนที่ 2 เป็น 16-15 ตามลำดับจะแสดงแบบจำลองไว้ใน รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 โครงสร้าง Anfis



รูปที่ 4.5 แบบจำลอง **Anfis**

จากรูปที่ 4.7 ได้แบบจำลองที่สามารถนำไปหาราคาแบบหล่อคอนกรีตได้ตาเงื่อนไขของปัจจัยนำเข้าในทุกกรณี เพื่อหาราคาแบบหล่อคอนกรีตที่เหมาะสมกับโครงการต่อไป

4.3 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

เพื่อวิเคราะห์หาราคาแบบหล่อคอนกรีตที่ทำให้ยังนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนงานไม่ได้ แต่ถ้าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าข้อมูลมี ความถูกต้องสามารถนำไปใช้วางแผนงานได้ ทำการเปรียบเทียบดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ราคาที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ} - \text{ราคาที่ได้จากแบบจำลอง}}{\text{ราคาที่ได้จากแบบจำลอง}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{(605{,}000 - 608{,}000)}{608{,}000} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน = 0.496 %

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.496 % และตรวจสอบใช้ข้อมูลสำหรับวัดผลมาทำนายโดยโปรแกรม แล้ววัดค่าความผิดพลาดของรากที่สองเฉลี่ย (Root mean squared error) โดยค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยคำนวณจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์} \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x_i - f_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(29{,}292{,}000 - 29{,}548{,}000}{8}}$$

เปอร์เซ็นต์ RMSE = 4.11%

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความแม่นยำของแบบจำลอง

Senario No.							
พื้นที่	**ความสูง**	**ความสูงชั้น**	**แรงงาน**	**เครื่องมือยก**	**Experts**	**Model**	**APE %**
500	12	3	20	1	605,000	608,000	0.496
1000	15	3	20	1	1,206,000	1,190,000	1.327
5000	23	3	20	1	6,107,000	6,110,000	0.049
10000	9	3.5	20	1	5,550,000	5,540,000	0.180
500	12	4	100	2	2,205,000	2,310,000	4.762
1000	15	4	100	2	2,806,000	2,760,000	1.639
5000	23	4	100	2	7,707,000	7,670,000	0.480
1000	23	5	100	2	3,106,000	3,360,000	8.178
RMSE %							4.11

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลจากการทดสอบ

5.1 วิเคราะห์ผลจากการทดสอบ

การทำแบบจำลองหาราคาแบบหล่อคอนกรีต โดยใช้ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูงไม่เกิน 8 ชั้น (23 เมตร) ชนิดเครื่องมือยก จำนวนแรงงาน พื้นที่อาคารทั้งหมด พื้นที่ต่อชั้นและโหลดเป็นอินพุต และใช้ราคาแบบหล่อคอนกรีตเป็นเอาท์พุต ของแบบจำลอง ใช้จำนวนข้อมูล 512 ชุด ใช้ข้อมูลฝึกสอน 461 ชุดและข้อมูลทดสอบ 51 ชุด ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาพบว่าระบบให้ค่า RMSE เท่ากับ 4.11 ถึงแม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว ราคาแบบหล่อคอนกรีตจะน้อยกว่าอยู่เล็กน้อย จึงเป็นแนวทางที่ทำให้พัฒนาแบบจำลองให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มปัจจัยอื่นที่มีผลกับราคาแบบหล่อคอนกรีต ต่างๆ เช่น พื้นที่จัดเก็บ ชนิดไม้แบบ ชนิด From Work สภาพแวดล้อม ระยะเวลาของโครงการ เป็นต้น และแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยครั้งนี้ใช้ทฤษฎี ANFIS มาประยุกต์ใช้ในการทำนาย ซึ่งจะใช้ได้ดีกับข้อมูล อินพุทกับเอาท์พุทที่มีความสัมพันธ์กัน ยิ่งมีความสัมพันธ์กันมากยิ่งทำให้ผลการทำนายมีความแม่นยำมากขึ้น แต่การทำนาย ราคาแบบหล่อคอนกรีต ข้อมูลอินพุทกับเอาท์พุทยังมีความสัมพันธ์กันน้อย หากการทำนายใช้ข้อมูลอินพุทกับเอาท์พุทที่มีความสัมพันธ์กันมากก็ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำนายมากขึ้น

2. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มาจากแบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ให้ค่า คะแนนระหว่าง 1-5 ตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกับราคาแบบหล่อคอนกรีตของการกำหนดงบประมาณ ซึ่งการนำค่าเหล่านี้ไปใช้ในการทำนายอาจเป็นค่าที่ไม่ละเอียดพอ หากสามารถเพิ่มความละเอียดของข้อมูล ก็จะทำให้ผลการทำนายดีขึ้นได้

5.3 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

ในการเก็บข้อมูลมีความลำบากเนื่องจากมีผู้เชี่ยวชาญในแต่ละโครงการน้อย และเมื่อใช้จำนวนอินพุทมากจะมีข้อจำกัดของตัวโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์ไม่สามารถคำนวณได้ เนื่องจากโครงข่ายมีขนาดใหญ่ มีการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยต่าง ๆ มาก ใช้เวลาการคำนวณนาน

บรรณานุกรม

[1] การประมาณราคา เข้าถึงได้ที่http://www.thai-sciencemuseum.com

[2] เข้าใจแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Understanding Monte Carlo Simulation with an Example) เข้าถึงได้ที่ http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3223&read=true&count=true

[3] สมชาติ จิริวิภากร. (2554). การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในระบบไฟฟ้ากำลัง. คณะวิศวกรรม-ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

[4] Jang. J.-S.R., (May/Jun.1993) “ANFIS: Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System”, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Vol. 23, No. 3, pp. 665-685

[5] Jang. J.-S.R. and Chuen-Tsai Sun, (Mar.1995) “Neuro-fuzzy modeling and control”, IEEE Proceedings., Vol. 83, No. 3, pp. 378-406.

[6] website:http://mercedeelectric.com Dr.Frank Mercede, (July.2010) P.E. Mercedes Electric Company Power Flow Analysis IEEE 14-bus Test System.

[7] สุทธิศักดิ์ มงคลจริง, “การประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคาร โรงพยาบาลด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2549

[8] จารุวัตร์แสงอ่อน, “การสร้างแบบจำลองการประมาณราคากลางของโครงการก่อสร้างถนนโดยใช้ทฤษฎีเครือข่ายประสาท,”วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี 2542.

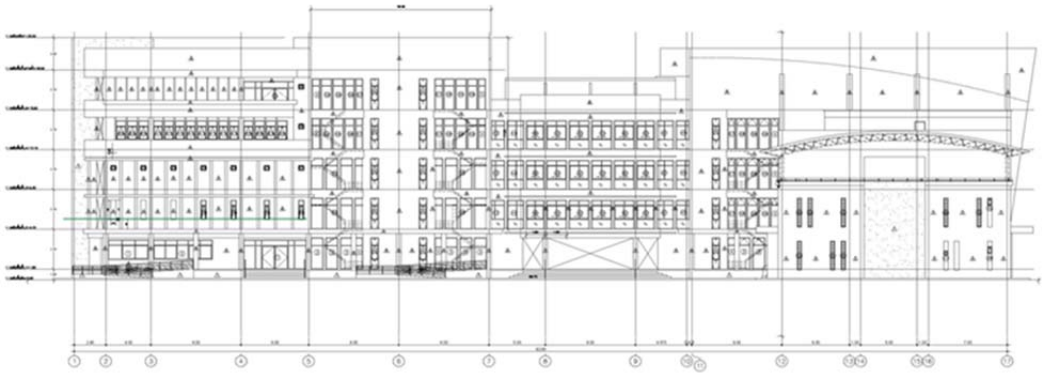
[9] S.C. Chien, T.Y. Wang, and S.L.Liu, “Application ofneuro-fuzzy network to forecast innovation performance –The example of Taiwanese manufacturing industry,” Expert Systems with Applications, vol.37, no.1,pp.1086–1095, 2010.

[10] ความหมายของโครงข่ายประสาทเทียม เข้าถึงได้ที่ www.eg.mahidol.ac.th/qa/index.php?option=com_content&view=article&id=82&

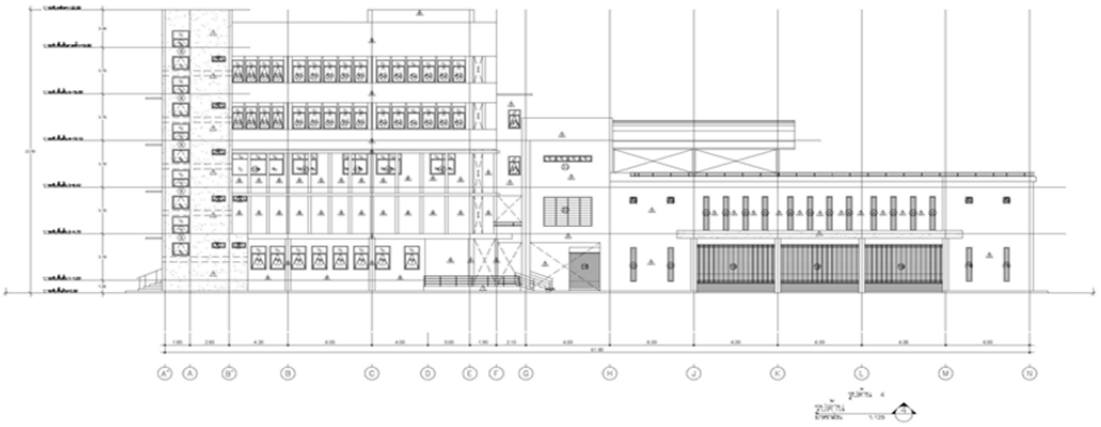
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

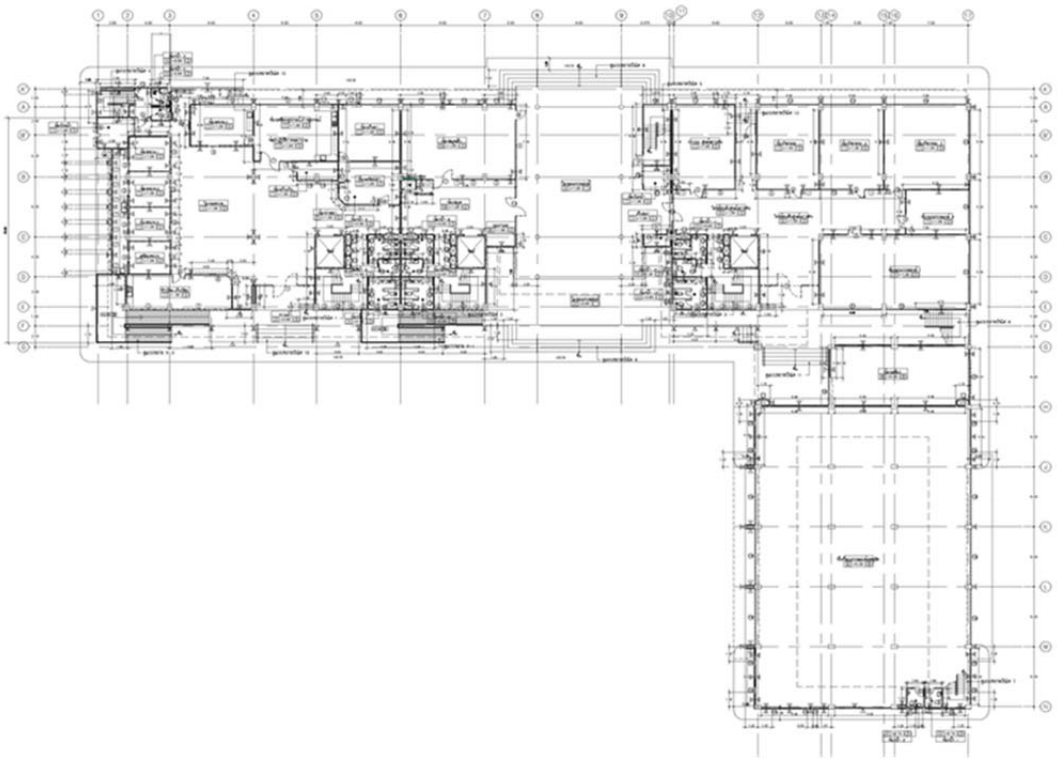
แบบแปลนและรูปด้านของอาคาร



รูปที่ ก 1 รูปด้าน 1 อาคาร



รูปที่ ก 2 รูปด้าน 2 อาคาร



รูปที่ ก 3 รูปแปลนอาคาร

ภาคผนวก ข

รูปถ่ายลักษณะการทำงาน

รูปที่ ข 1 แสดงลักษณะการทำงาน

รูปที่ ข 2 แสดงลักษณะการทำงาน

รูปที่ ข 3 แสดงผลงาน

รูปที่ ข 4 แสดงผลงาน

รูปที่ ข 5 แสดงผลงาน

รูปที่ ข 6 แสดงผลงาน

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ ค1 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	9	3	20	1	505000
1000	9	3	20	1	806000
5000	9	3	20	1	2507000
10000	9	3	20	1	5500000
500	12	3	20	1	605000
1000	12	3	20	1	1006000
5000	12	3	20	1	3707000
10000	12	3	20	1	8000000
500	15	3	20	1	705000
1000	15	3	20	1	1206000
5000	15	3	20	1	4907000
10000	15	3	20	1	10500000
500	23	3	20	1	805000
1000	23	3	20	1	1406000
5000	23	3	20	1	6107000
10000	23	3	20	1	13000000
500	9	3.5	20	1	555000
1000	9	3.5	20	1	856000
5000	9	3.5	20	1	2557000
10000	9	3.5	20	1	5550000
500	12	3.5	20	1	655000
1000	12	3.5	20	1	1056000
5000	12	3.5	20	1	3757000
10000	12	3.5	20	1	8050000
500	15	3.5	20	1	755000
1000	15	3.5	20	1	1256000
5000	15	3.5	20	1	4957000

ตารางที่ ค2 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
10000	15	3.5	20	1	10550000
500	23	3.5	20	1	855000
1000	23	3.5	20	1	1456000
5000	23	3.5	20	1	6157000
10000	23	3.5	20	1	13050000
500	9	4	20	1	605000
1000	9	4	20	1	906000
5000	9	4	20	1	2607000
10000	9	4	20	1	5600000
500	12	4	20	1	705000
1000	12	4	20	1	1106000
5000	12	4	20	1	3807000
10000	12	4	20	1	8100000
500	15	4	20	1	805000
1000	15	4	20	1	1306000
5000	15	4	20	1	5007000
10000	15	4	20	1	10600000
500	23	4	20	1	905000
1000	23	4	20	1	1506000
5000	23	4	20	1	6207000
10000	23	4	20	1	13100000
500	9	5	20	1	705000
1000	9	5	20	1	1006000
5000	9	5	20	1	2707000
10000	9	5	20	1	5700000
500	12	5	20	1	805000
1000	12	5	20	1	1206000

ตารางที่ ค3 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
5000	12	5	20	1	3907000
10000	12	5	20	1	8200000
500	15	5	20	1	905000
1000	15	5	20	1	1406000
5000	15	5	20	1	5107000
10000	15	5	20	1	10700000
500	23	5	20	1	1005000
1000	23	5	20	1	1606000
5000	23	5	20	1	6307000
10000	23	5	20	1	13200000
500	9	3	30	1	705000
1000	9	3	30	1	1006000
5000	9	3	30	1	2707000
10000	9	3	30	1	5700000
500	12	3	30	1	805000
1000	12	3	30	1	1206000
5000	12	3	30	1	3907000
10000	12	3	30	1	8200000
500	15	3	30	1	905000
1000	15	3	30	1	1406000
5000	15	3	30	1	5107000
10000	15	3	30	1	10700000
500	23	3	30	1	1005000
1000	23	3	30	1	1606000
5000	23	3	30	1	6307000
10000	23	3	30	1	13200000
500	9	3.5	30	1	755000

ตารางที่ ค4 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
1000	9	3.5	30	1	1056000
5000	9	3.5	30	1	2757000
10000	9	3.5	30	1	5750000
500	12	3.5	30	1	855000
1000	12	3.5	30	1	1256000
5000	12	3.5	30	1	3957000
10000	12	3.5	30	1	8250000
500	15	3.5	30	1	955000
1000	15	3.5	30	1	1456000
5000	15	3.5	30	1	5157000
10000	15	3.5	30	1	10750000
500	23	3.5	30	1	1055000
1000	23	3.5	30	1	1656000
5000	23	3.5	30	1	6357000
10000	23	3.5	30	1	13250000
500	9	4	30	1	805000
1000	9	4	30	1	1106000
5000	9	4	30	1	2807000
10000	9	4	30	1	5800000
500	12	4	30	1	905000
1000	12	4	30	1	1306000
5000	12	4	30	1	4007000
10000	12	4	30	1	8300000
500	15	4	30	1	1005000
1000	15	4	30	1	1506000
5000	15	4	30	1	5207000
10000	15	4	30	1	10800000

ตารางที่ ค5 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	23	4	30	1	1105000
1000	23	4	30	1	1706000
5000	23	4	30	1	6407000
10000	23	4	30	1	13300000
500	9	5	30	1	905000
1000	9	5	30	1	1206000
5000	9	5	30	1	2907000
10000	9	5	30	1	5900000
500	12	5	30	1	1005000
1000	12	5	30	1	1406000
5000	12	5	30	1	4107000
10000	12	5	30	1	8400000
500	15	5	30	1	1105000
1000	15	5	30	1	1606000
5000	15	5	30	1	5307000
10000	15	5	30	1	10900000
500	23	5	30	1	1205000
1000	23	5	30	1	1806000
5000	23	5	30	1	6507000
10000	23	5	30	1	13400000
500	9	3	50	1	1105000
1000	9	3	50	1	1406000
5000	9	3	50	1	3107000
10000	9	3	50	1	6100000
500	12	3	50	1	1205000
1000	12	3	50	1	1606000
5000	12	3	50	1	4307000

ตารางที่ ค6 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
10000	12	3	50	1	8600000
500	15	3	50	1	1305000
1000	15	3	50	1	1806000
5000	15	3	50	1	5507000
10000	15	3	50	1	11100000
500	23	3	50	1	1405000
1000	23	3	50	1	2006000
5000	23	3	50	1	6707000
10000	23	3	50	1	13600000
500	9	3.5	50	1	1155000
1000	9	3.5	50	1	1456000
5000	9	3.5	50	1	3157000
10000	9	3.5	50	1	6150000
500	12	3.5	50	1	1255000
1000	12	3.5	50	1	1656000
5000	12	3.5	50	1	4357000
10000	12	3.5	50	1	8650000
500	15	3.5	50	1	1355000
1000	15	3.5	50	1	1856000
5000	15	3.5	50	1	5557000
10000	15	3.5	50	1	11150000
500	23	3.5	50	1	1455000
1000	23	3.5	50	1	2056000
5000	23	3.5	50	1	6757000
10000	23	3.5	50	1	13650000
500	9	4	50	1	1205000
1000	9	4	50	1	1506000

ตารางที่ ค7 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
5000	9	4	50	1	3207000
10000	9	4	50	1	6200000
500	12	4	50	1	1305000
1000	12	4	50	1	1706000
5000	12	4	50	1	4407000
10000	12	4	50	1	8700000
500	15	4	50	1	1405000
1000	15	4	50	1	1906000
5000	15	4	50	1	5607000
10000	15	4	50	1	11200000
500	23	4	50	1	1505000
1000	23	4	50	1	2106000
5000	23	4	50	1	6807000
10000	23	4	50	1	13700000
500	9	5	50	1	1305000
1000	9	5	50	1	1606000
5000	9	5	50	1	3307000
10000	9	5	50	1	6300000
500	12	5	50	1	1405000
1000	12	5	50	1	1806000
5000	12	5	50	1	4507000
10000	12	5	50	1	8800000
500	15	5	50	1	1505000
1000	15	5	50	1	2006000
5000	15	5	50	1	5707000
10000	15	5	50	1	11300000
500	23	5	50	1	1605000

ตารางที่ ค8 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
1000	23	5	50	1	2206000
5000	23	5	50	1	6907000
10000	23	5	50	1	13800000
500	9	3	100	1	1505000
1000	9	3	100	1	1806000
5000	9	3	100	1	3507000
10000	9	3	100	1	6500000
500	12	3	100	1	1605000
1000	12	3	100	1	2006000
5000	12	3	100	1	4707000
10000	12	3	100	1	9000000
500	15	3	100	1	1705000
1000	15	3	100	1	2206000
5000	15	3	100	1	5907000
10000	15	3	100	1	11500000
500	23	3	100	1	1805000
1000	23	3	100	1	2406000
5000	23	3	100	1	7107000
10000	23	3	100	1	14000000
500	9	3.5	100	1	1555000
1000	9	3.5	100	1	1856000
5000	9	3.5	100	1	3557000
10000	9	3.5	100	1	6550000
500	12	3.5	100	1	1655000
1000	12	3.5	100	1	2056000
5000	12	3.5	100	1	4757000
10000	12	3.5	100	1	9050000

ตารางที่ ค9 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	15	3.5	100	1	1755000
1000	15	3.5	100	1	2256000
5000	15	3.5	100	1	5957000
10000	15	3.5	100	1	11550000
500	23	3.5	100	1	1855000
1000	23	3.5	100	1	2456000
5000	23	3.5	100	1	7157000
10000	23	3.5	100	1	14050000
500	9	4	100	1	1605000
1000	9	4	100	1	1906000
5000	9	4	100	1	3607000
10000	9	4	100	1	6600000
500	12	4	100	1	1705000
1000	12	4	100	1	2106000
5000	12	4	100	1	4807000
10000	12	4	100	1	9100000
500	15	4	100	1	1805000
1000	15	4	100	1	2306000
5000	15	4	100	1	6007000
10000	15	4	100	1	11600000
500	23	4	100	1	1905000
1000	23	4	100	1	2506000
5000	23	4	100	1	7207000
10000	23	4	100	1	14100000
500	9	5	100	1	1705000
1000	9	5	100	1	2006000
5000	9	5	100	1	3707000

ตารางที่ ค10 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
10000	9	5	100	1	6700000
500	12	5	100	1	1805000
1000	12	5	100	1	2206000
5000	12	5	100	1	4907000
10000	12	5	100	1	9200000
500	15	5	100	1	1905000
1000	15	5	100	1	2406000
5000	15	5	100	1	6107000
10000	15	5	100	1	11700000
500	23	5	100	1	2005000
1000	23	5	100	1	2606000
5000	23	5	100	1	7307000
10000	23	5	100	1	14200000
500	9	3	20	2	1005000
1000	9	3	20	2	1306000
5000	9	3	20	2	3007000
10000	9	3	20	2	6000000
500	12	3	20	2	1105000
1000	12	3	20	2	1506000
5000	12	3	20	2	4207000
10000	12	3	20	2	8500000
500	15	3	20	2	1205000
1000	15	3	20	2	1706000
5000	15	3	20	2	5407000
10000	15	3	20	2	11000000
500	23	3	20	2	1305000
1000	23	3	20	2	1906000

ตารางที่ ค11 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
5000	23	3	20	2	6607000
10000	23	3	20	2	13500000
500	9	3.5	20	2	1055000
1000	9	3.5	20	2	1356000
5000	9	3.5	20	2	3057000
10000	9	3.5	20	2	6050000
500	12	3.5	20	2	1155000
1000	12	3.5	20	2	1556000
5000	12	3.5	20	2	4257000
10000	12	3.5	20	2	8550000
500	15	3.5	20	2	1255000
1000	15	3.5	20	2	1756000
5000	15	3.5	20	2	5457000
10000	15	3.5	20	2	11050000
500	23	3.5	20	2	1355000
1000	23	3.5	20	2	1956000
5000	23	3.5	20	2	6657000
10000	23	3.5	20	2	13550000
500	9	4	20	2	1105000
1000	9	4	20	2	1406000
5000	9	4	20	2	3107000
10000	9	4	20	2	6100000
500	12	4	20	2	1205000
1000	12	4	20	2	1606000
5000	12	4	20	2	4307000
10000	12	4	20	2	8600000
500	15	4	20	2	1305000

ตารางที่ ค12 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
1000	15	4	20	2	1806000
5000	15	4	20	2	5507000
10000	15	4	20	2	11100000
500	23	4	20	2	1405000
1000	23	4	20	2	2006000
5000	23	4	20	2	6707000
10000	23	4	20	2	13600000
500	9	5	20	2	1205000
1000	9	5	20	2	1506000
5000	9	5	20	2	3207000
10000	9	5	20	2	6200000
500	12	5	20	2	1305000
1000	12	5	20	2	1706000
5000	12	5	20	2	4407000
10000	12	5	20	2	8700000
500	15	5	20	2	1405000
1000	15	5	20	2	1906000
5000	15	5	20	2	5607000
10000	15	5	20	2	11200000
500	23	5	20	2	1505000
1000	23	5	20	2	2106000
5000	23	5	20	2	6807000
10000	23	5	20	2	13700000
500	9	3	30	2	1205000
1000	9	3	30	2	1506000
5000	9	3	30	2	3207000
10000	9	3	30	2	6200000

ตารางที่ ค13 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	12	3	30	2	1305000
1000	12	3	30	2	1706000
5000	12	3	30	2	4407000
10000	12	3	30	2	8700000
500	15	3	30	2	1405000
1000	15	3	30	2	1906000
5000	15	3	30	2	5607000
10000	15	3	30	2	11200000
500	23	3	30	2	1505000
1000	23	3	30	2	2106000
5000	23	3	30	2	6807000
10000	23	3	30	2	13700000
500	9	3.5	30	2	1255000
1000	9	3.5	30	2	1556000
5000	9	3.5	30	2	3257000
10000	9	3.5	30	2	6250000
500	12	3.5	30	2	1355000
1000	12	3.5	30	2	1756000
5000	12	3.5	30	2	4457000
10000	12	3.5	30	2	8750000
500	15	3.5	30	2	1455000
1000	15	3.5	30	2	1956000
5000	15	3.5	30	2	5657000
10000	15	3.5	30	2	11250000
500	23	3.5	30	2	1555000
1000	23	3.5	30	2	2156000
5000	23	3.5	30	2	6857000

ตารางที่ ค14 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
10000	23	3.5	30	2	13750000
500	9	4	30	2	1305000
1000	9	4	30	2	1606000
5000	9	4	30	2	3307000
10000	9	4	30	2	6300000
500	12	4	30	2	1405000
1000	12	4	30	2	1806000
5000	12	4	30	2	4507000
10000	12	4	30	2	8800000
500	15	4	30	2	1505000
1000	15	4	30	2	2006000
5000	15	4	30	2	5707000
10000	15	4	30	2	11300000
500	23	4	30	2	1605000
1000	23	4	30	2	2206000
5000	23	4	30	2	6907000
10000	23	4	30	2	13800000
500	9	5	30	2	1405000
1000	9	5	30	2	1706000
5000	9	5	30	2	3407000
10000	9	5	30	2	6400000
500	12	5	30	2	1505000
1000	12	5	30	2	1906000
5000	12	5	30	2	4607000
10000	12	5	30	2	8900000
500	15	5	30	2	1605000
1000	15	5	30	2	2106000

ตารางที่ ค15 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
5000	15	5	30	2	5807000
10000	15	5	30	2	11400000
500	23	5	30	2	1705000
1000	23	5	30	2	2306000
5000	23	5	30	2	7007000
10000	23	5	30	2	13900000
500	9	3	50	2	1605000
1000	9	3	50	2	1906000
5000	9	3	50	2	3607000
10000	9	3	50	2	6600000
500	12	3	50	2	1705000
1000	12	3	50	2	2106000
5000	12	3	50	2	4807000
10000	12	3	50	2	9100000
500	15	3	50	2	1805000
1000	15	3	50	2	2306000
5000	15	3	50	2	6007000
10000	15	3	50	2	11600000
500	23	3	50	2	1905000
1000	23	3	50	2	2506000
5000	23	3	50	2	7207000
10000	23	3	50	2	14100000
500	9	3.5	50	2	1655000
1000	9	3.5	50	2	1956000
5000	9	3.5	50	2	3657000
10000	9	3.5	50	2	6650000
500	12	3.5	50	2	1755000

ตารางที่ ค16 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
1000	12	3.5	50	2	2156000
5000	12	3.5	50	2	4857000
10000	12	3.5	50	2	9150000
500	15	3.5	50	2	1855000
1000	15	3.5	50	2	2356000
5000	15	3.5	50	2	6057000
10000	15	3.5	50	2	11650000
500	23	3.5	50	2	1955000
1000	23	3.5	50	2	2556000
5000	23	3.5	50	2	7257000
10000	23	3.5	50	2	14150000
500	9	4	50	2	1705000
1000	9	4	50	2	2006000
5000	9	4	50	2	3707000
10000	9	4	50	2	6700000
500	12	4	50	2	1805000
1000	12	4	50	2	2206000
5000	12	4	50	2	4907000
10000	12	4	50	2	9200000
500	15	4	50	2	1905000
1000	15	4	50	2	2406000
5000	15	4	50	2	6107000
10000	15	4	50	2	11700000
500	23	4	50	2	2005000
1000	23	4	50	2	2606000
5000	23	4	50	2	7307000
10000	23	4	50	2	14200000

ตารางที่ ค17 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
500	9	5	50	2	1805000
1000	9	5	50	2	2106000
5000	9	5	50	2	3807000
10000	9	5	50	2	6800000
500	12	5	50	2	1905000
1000	12	5	50	2	2306000
5000	12	5	50	2	5007000
10000	12	5	50	2	9300000
500	15	5	50	2	2005000
1000	15	5	50	2	2506000
5000	15	5	50	2	6207000
10000	15	5	50	2	11800000
500	23	5	50	2	2105000
1000	23	5	50	2	2706000
5000	23	5	50	2	7407000
10000	23	5	50	2	14300000
500	9	3	100	2	2005000
1000	9	3	100	2	2306000
5000	9	3	100	2	4007000
10000	9	3	100	2	7000000
500	12	3	100	2	2105000
1000	12	3	100	2	2506000
5000	12	3	100	2	5207000
10000	12	3	100	2	9500000
500	15	3	100	2	2205000
1000	15	3	100	2	2706000
5000	15	3	100	2	6407000

ตารางที่ ค18 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
10000	15	3	100	2	12000000
500	23	3	100	2	2305000
1000	23	3	100	2	2906000
5000	23	3	100	2	7607000
10000	23	3	100	2	14500000
500	9	3.5	100	2	2055000
1000	9	3.5	100	2	2356000
5000	9	3.5	100	2	4057000
10000	9	3.5	100	2	7050000
500	12	3.5	100	2	2155000
1000	12	3.5	100	2	2556000
5000	12	3.5	100	2	5257000
10000	12	3.5	100	2	9550000
500	15	3.5	100	2	2255000
1000	15	3.5	100	2	2756000
5000	15	3.5	100	2	6457000
10000	15	3.5	100	2	12050000
500	23	3.5	100	2	2355000
1000	23	3.5	100	2	2956000
5000	23	3.5	100	2	7657000
10000	23	3.5	100	2	14550000
500	9	4	100	2	2105000
1000	9	4	100	2	2406000
5000	9	4	100	2	4107000
10000	9	4	100	2	7100000
500	12	4	100	2	2205000
1000	12	4	100	2	2606000

ตารางที่ ค19 ตารางบันทึกผลจากแบบสอบถามครั้งที่ 2

พื้นที่อาคาร (m^2)	ความสูงของอาคาร (m)	ความสูงต่อชั้น (m)	แรงงานที่ใช้ (คน)	เครื่องมือ (ชนิดเครน)	ราคาแบบหล่อ (บาท)
5000	12	4	100	2	5307000
10000	12	4	100	2	9600000
500	15	4	100	2	2305000
1000	15	4	100	2	2806000
5000	15	4	100	2	6507000
10000	15	4	100	2	12100000
500	23	4	100	2	2405000
1000	23	4	100	2	3006000
5000	23	4	100	2	7707000
10000	23	4	100	2	14600000
500	9	5	100	2	2205000
1000	9	5	100	2	2506000
5000	9	5	100	2	4207000
10000	9	5	100	2	7200000
500	12	5	100	2	2305000
1000	12	5	100	2	2706000
5000	12	5	100	2	5407000
10000	12	5	100	2	9700000
500	15	5	100	2	2405000
1000	15	5	100	2	2906000
5000	15	5	100	2	6607000
10000	15	5	100	2	12200000
500	23	5	100	2	2505000
1000	23	5	100	2	3106000
5000	23	5	100	2	7807000
10000	23	5	100	2	14700000

ภาคผนวก ง

ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ ง1 รายงานบันทึกประจำวันสหกิจศึกษาเดือนมกราคม

วันที่	กิจกรรม	Grid Line	หมายเหตุ
10/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
11/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
12/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
13/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
14/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
16/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
17/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
18/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
19/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
20/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
21/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
24/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	
25/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	
26/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	
27/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	
28/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	
30/1/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 2	

ตารางที่ ง2 รายงานบันทึกประจำวันสหกิจศึกษาเดือนกุมภาพันธ์

วันที่	กิจกรรม	Grid Line	หมายเหตุ
1/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
2/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
3/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
4/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
7/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
8/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
9/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
11/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
15/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
16/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
17/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
18/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
20/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
22/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
23/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
24/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
27/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
28/2/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	

ตารางที่ ง3 รายงานบันทึกประจำวันสหกิจศึกษาเดือนมีนาคม

วันที่	กิจกรรม	Grid Line	หมายเหตุ
1/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
3/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
4/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
6/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 5	อาคาร 5 ชั้น โซน 1	
7/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
11/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
13/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
14/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
16/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
17/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
20/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
21/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
22/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
23/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
24/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
25/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
28/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
29/3/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 3	อาคาร 5 ชั้น โซน3	

ตารางที่ ง4 รายงานบันทึกประจำวันสหกิจศึกษาเดือนเมษายน

วันที่	กิจกรรม	Grid Line	หมายเหตุ
1/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
3/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
4/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
6/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
7/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
8/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
10/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
11/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 4	อาคาร 5 ชั้น โซน3	
18/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
19/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
20/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
21/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
22/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
24/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
25/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 1	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
27/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
28/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน2	
29/4/2560	ควบคุมงานสถาปัตยกรรม ชั้น 2	อาคาร 5 ชั้น โซน2	

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อนามสกุล

นายนิคม หล้าคำ

ประวัติการศึกษา

โรงเรียนเทพมงคลรังษี

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข้อมูลการติดต่อ

45 หมู่ที่4 ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี 71220

เบอร์โทร 091-7470717 e-mail : numkung1307@gmail.com

ใบรับรองโครงงานสหกิจศึกษา

ชื่อหัวข้อ การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ในการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต

ชื่อนักศึกษา นายนิคม หล้าคำ รหัสนักศึกษา 56007848

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้โครงงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....

(ดร. วริสรา เลิศไพฑูรย์พันธ์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานสหกิจศึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชวาลย์ พูนลาภพานิช)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงานสหกิจศึกษา

เรื่อง ขอส่งโครงงานสหกิจ

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดอกเตอร์ไพจิตร ผาวัน)

ตามที่กระผม นายนิคม หล้าคำ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 10 เดือน มกราคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2560 ในตำแหน่ง วิศวกรสนาม (Site Engineer) ณ บริษัท ออนไทม์ คอนสตรัคชั่น แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด และได้รับมอบหมายจาก วิศวกรโครงการ (Project Engineer) ให้ศึกษาและจัดทำรายงานเรื่อง การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการกำหนดราคางานแบบหล่อ

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว จึงขอส่งโครงการสหกิจศึกษาดังกล่าว จำนวน 2 เล่ม พร้อมทั้งซีดีจำนวน 2 แผ่น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

.....

(นายนิคม หล้าคำ)

บทคัดย่อ

หัวข้อ	การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ในการกำหนดราคาแบบหล่อคอนกรีต
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายนิคม หล้าคำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ไพจิตร ผาวัน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง
คณะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2559

การปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษา ภาคการศึกษา 2/2559 (สหกิจศึกษารุ่นที่ 28) ระดับปริญญาตรีครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเรียนรู้ระบบการทำงานจริงของ บริษัท ออนไทม์ คอนสตรัคชั่น แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด มีระยะเวลาการออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ตั้งแต่วันที่ 9 เดือน มกราคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2560 รวมเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ บริษัท ออนไทม์ คอนสตรัคชั่น แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด ดำเนินการเป็นบริษัทที่เป็นธุรกิจด้านงานก่อสร้าง โดยธุรกิจหลักของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง (Contractor) และควบคุมงาน (Consultant) ออกแบบ เขียนแบบ ประมาณราคา อาทิเช่น บ้านพักอาศัย คอนโนมิเนียม อาคารสำนักงาน โรงงาน คลังสินค้า และงานสถาปัตยกรรม เป็นต้น

การปฏิบัติงานทางด้านการติดต่อประสานงานโครงการ ลักษณะการทำงานเป็นการควบคุมการก่อสร้างและให้คำปรึกษาแก่เจ้าของโครงการให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ได้อย่างมีเสถียรภาพและถูกต้องตามข้อกำหนดในงานก่อสร้าง โดยจะต้องออกไปควบคุมงานต่าง ๆ ตามที่วิศวกรโครงการได้ขอปฏิบัติงานมา เพื่อไปตรวจสอบการทำงานนั้น ๆ

จากการปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษานี้ ทำให้ได้รับประการณ์จากการปฏิบัติงานจริงจากการทำงานร่วมกับพนักงานของบริษัท ได้รับความรู้และความสามารถในการปฏิบัติงานต่าง ๆ และได้ฝึกงานภายใต้กฎระเบียบของทางบริษัท

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาแบบจำลองการประมาณราคาแบบหล่อคอนกรีตโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีอุปสรรคหลายอย่างที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติสหกิจศึกษา ผู้ศึกษาได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ที่ได้ให้คำแนะนำจนสามารถแก้ไขปัญหาได้

บุคคลที่ผลักดันให้การศึกษาสหกิจฯ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คือ ผศ.ดร.ไพจิตร ผาวัน และ ผศ.ชัชวาลย์ พูนลาภพานิช ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการสหกิจศึกษา โดยให้คำแนะนาตั้งแต่เริ่มทำการศึกษาจนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

นอกจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ช่วยให้โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ดังนี้

1. คุณศิริชัย เทพยานต์ ตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ
2. คุณธวัชชัย สุคนธารา ตำแหน่ง วิศวกรโครงการ
3. คุณเกษมศักดิ์ บุญคงชู ตำแหน่ง วิศวกรโครงการ

รวมถึงบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนาในการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้

จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำ และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการปฏิบัติงาน รวมถึงเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

นายนิคม หล้าคำ

ผู้จัดทำโครงงานสหกิจศึกษา

วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 นิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้	3
2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดราคาแบบหล่อ	10
2.3 วิธีเลือกตัวแปรในการกำหนดราคา	11
2.4 สรุปท้ายบท	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	13
3.1 ศึกษาทฤษฎีและกิจกรรมงานแบบหล่อ	14
3.2 ขั้นตอนการการเก็บข้อมูล จากภาคสนาม	15
3.3 การสร้างแบบจำลอง ANFIS	17
3.4 หลักการทำงานแบบจำลอง ANFIS	17
3.5 การวิเคราะห์	18
3.6 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง	19
3.7 สรุปท้ายบท	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล 21

4.2 วิธีการทดลอง ทดลองจากโปรแกรม Mat lab การ Training 23

4.3 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง 26

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลจากการทดสอบ 28

5.1 วิเคราะห์ผลจากการทดสอบ 28

5.2 ข้อเสนอแนะ 28

5.3 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน 28

บรรณานุกรม 29

ภาคผนวก 30

ก แบบแปลนและรูปด้านของอาคาร 31

ข รูปถ่ายลักษณะการทำงาน อาคาร D 34

ค ตารางบันทึกข้อมูลเวลาที่เกิดจากเหตุการณ์ความเสี่ยง 38

จ รายงานปฏิบัติสหกิจ 69

ประวัติผู้ศึกษา 63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน	7
3.1 การเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 1	15
3.2 การเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 2 มาสร้างกฎจากผู้เชี่ยวชาญ	12
4.1 การเก็บข้อมูลแบบสอบถามชุดที่ 2 มาสร้างกฎจากผู้เชี่ยวชาญ	21
4.2 ข้อมูลสำหรับ test 10%	24
4.3 แสดงความแม่นยำของแบบจำลอง	27

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เศษไม้และเหล็กที่ใช้ในงานแบบหล่อคอนกรีตที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้	1
2.1 โครงสร้างเซลล์ประสาทชีวภาพ	4
2.2 โครงสร้างเซลล์ประสาทเทียม	5
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า (Feed forward Network)	6
2.4 ตรรกะแบบเป็นจริง (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)	9
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 โครงสร้าง ANFIS	18
4.1 data 100% ที่แบ่งไป train 90% และ test data 10%	22
4.2 การนำข้อมูลเข้า โปรแกรม Mat lab	23
4.3 การ Training data	23
4.4 โครงสร้าง Anfis	25
4.5 แบบจำลอง Anfis	25