การตั้งงบประมานค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยวิธีอนุมานฟัซซี่และวิธีถดถอยพหุคูณ

Budget for Condominium with Construction by Fuzzy Inference Method and Multiple Regression Method

นายวรายุทธ นรินนอก

นายณัฐภูมิ ศรีสุวรรณ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2561
1-61CE008

ใบรับรองโครงงาน

ชื่อหัวข้อ	การตั้งงบประมาณค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยวิธีอนุมานฟัซซี่และวิธีถดถอยพหุคูณ
ชื่อนักศึกษา	นายวรายุทธ นรินนอก
	นายณัฐภูมิ ศรีสุวรรณ
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาโครงงานวิศวกรรมโยธา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

หัวข้อ	การตั้งงบประมาณค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยวิธีอนุมานฟัซซี่และวิธีถดถอยพหุคูณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง
คณะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับแบบจำลองการประมาณการราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยระบบอนุมานฟัซซี่ (ANFIS) พร้อมทั้งใช้แบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณ (Multi Regression) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองทั้งสองรูปแบบ โดยใช้ข้อมูลเชิงกายภาพของโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จซึ่งแบ่งชุดข้อมูลเป็น 6 ปัจจัยนำเข้าจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ X_1พื้นที่ขาย, X_2 พื้นที่ก่อสร้าง, X_3 พื้นที่ที่สามารถก่อสร้างได้, X_4 จำนวนชั้นของอาคาร, X_5 พื้นที่ของที่ดินโครงการมและ X_6 ราคาค่าที่ดินโครงการต่อตารางวา จำนวน 30 โครงการ โดยใช้เป็นชุดข้อมูลฝึกสอนแบบจำลองจำนวน 27 โครงการ และเป็นชุดข้อมูลทดสอบแบบจำลองจำนวน 3 โครงการ พร้อมทั้งจำลองสถานการณ์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยในส่วนของพื้นที่ขายและราคาที่ดิน เพื่อศึกษาแนวโน้มของราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยใช้แบบจำลองทั้ง 2 แบบ

ผลการวิจัยพบว่าเมื่อการพัฒนาแบบจำลองโดนการคัดเลือกปัจจัยนำเข้าชุดที่ดีที่สุดเพื่อเพื่อพัฒนาแบบจำลองระบบอนุมานฟัซซี่ (ANFIS) โดยกรณที่ 1 ได้ค่า RMSE เท่ากับร้อยละ 13.64 และแบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณ (Multi Regression)โดยกรณที่ 1 ซึ่งได้ RMSE เท่ากับ ร้อยละ 21.90 ซึ่งสรุปได้ว่าจากการทดสอบ แบบจำลองระบบอนุมานฟัซซี่ (ANFIS) มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณ (Multi Regression) ในส่วนของวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์โดยใช้ข้อมูลของโครงการคอนโดมิเนียมลำดับที่ 28 ปรับเปลี่ยนขนาดพื้นที่ขายและราคาที่ดิน ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มพื้นที่ขายและราคาที่ดินจะส่งผลให้ค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ชุดแบบจำลองยังไม่เหมาะสมในการนำไปใช้จริงเนื่องจากชุดข้อมูลปัจจัยนำเข้ามีข้อมูลค่อนข้างมาก ทำให้เกิดคลาดเคลื่อนในการประมวลผลค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม

คำสำคัญ : อนุมานฟัซซี่ / ถดถอยพหุคูณ / ประมาณราคา / คอนโดมิเนียม

Project Title	Budget for Condominium Construction by Fuzzy Inference Method and Multiple Regression Method
Project Advisor	Asst.Prof Dr. Paijit Pawan
Program	Bachelor of Engineering
Field of Study	Civil Engineering
Faculty	Civil Engineering and Urban Development
B.E.	2018

Abstract

This research studied about model for estimating of condominium construction costs per area by the Nero-Fuzzy inference system (ANFIS) and Multi Regression to compare the accuracy of both models. By using the physical data of completed 30 projects condominium construction. Inputs 6 objective of expert data as X_1 saleable area, X_2 construction area, X_3 floor area ratio, X_4 Storeys, X_5 land area and X_6 land costs. Set 27 projects for training data and testing data 3 projects. Simulating the situation when changing the factors in the sales area and land price to study the trends of condominium construction costs by both models.

results of the research found that when developing the model was the best input factor selection for To develop a fuzzy inference system model (ANFIS), RMSE of case 1 equals 13.64 percent and the Multi Regression model, RMSE case 1 is 21.90 percent, which can be concluded That from the test The Fuzzy Inference System Model (ANFIS) is more accurate than the Multi Regression model in the analysis of simulation results using the data of the condominium project No. 28, adjusting (X_1) saleable area and (X_6) land costs. Which the value shows that when increasing saleable area and land costs will increase the construction costs of the condominium as well. But the model set is not suitable for actual use for estimating condominium costs, because the input factor data set is too large. Causing errors in computing the construction costs process.

KeyWords : Nero-Fuzzy / Multi Regression / Costs estimating / Condominium

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานครั้งนี้มีความสำเร็จลุล่วงได้ผลไปด้วยดี อันเนื่องมาจากคำแนะนำจากท่าน ผศ.ดร.ไพจิตร ผาวัน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เกี่ยวกับการวิเคราะห์โดยใช้ ระบบอนุกรมฟัซซี่ ในการประยุกต์การประมาณราคาค่าก่อสร้าง รวมถึงการประยุกต์ใช้สมการถดถอยพหุคูณในการเปรียบเทียบผล ทำให้มีความละเอียดยิ่งขึ้น จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในด้านเกี่ยวกับวิศวกรรมโยธา ทุกแขนง และเทคโนโลยีในด้านอื่นๆนอกเหนือจากด้านวิศวกรรมโยธา พร้อมทั้งในคำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่างๆ ส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆในอนาคต สิ่งใดที่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดทางคณะผู้จัดทำขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว ส่วนด้านใดในปริญญานิพนธ์ส่งผลดีเกิดประโยชน์ ทางคณะผู้จัดทำขอมอบให้กับสนับสนุนทุกท่านด้วยใจจริง

นายวรายุทธ นรินนอก

นายณัฐภูมิ ศรีสุวรรณ

ผู้จัดทำโครงงาน

วันที่ พฤษภาคม พ.ศ. 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก
กิตติกรรมประกาศ ข
สารบัญ ค
สารบัญตาราง จ
สารบัญรูป ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมาณราคาค่าก่อสร้าง (Estimation of Construction Costs) 3
2.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) 4
2.3 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) 4
2.4 ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS) 6
2.5 สมการการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression Analysis) 9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
2.7 สรุปท้ายบท 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ

3.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม 14
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 16
3.3 การพัฒนาแบบจำลอง 16
3.4 การพัฒนาแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง ด้วย anfis 17
3.5 การพัฒนาแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง ด้วย Multi Regression 22
3.6 สรุปท้ายบท 26

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 กรณีที่ 1 จำลองสถานการณ์ปรับปัจจัยข้อมูลพื้นที่ขาย 27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 กรณีที่ 2 จำลองสถานการณ์ปรับปัจจัยข้อมูลต้นทุนราคาที่ดินต่อตารางวา 29
4.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัย 31
4.4 สรุปท้ายบท 32

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 33
5.2 ข้อเสนอแนะ 33

บรรณานุกรม 34

ภาคผนวก ก ราคาประเมินค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ และ ข้อมูลวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 36
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ ANFIS ในกรณีต่างๆ ทั้งหมด 39
ภาคผนวก ค ประวัติผู้จัดทำ 80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างตารางแสดงการประมาณราคาต่อหน่วย	3
3.1 แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ	16
3.2 แสดงกรณีที่ใช้ในการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลอง Multi Regression	21
3.3 ผลการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดย ANFIS	22
3.4 ตารางแสดงค่าผลการวิเคราะห์ค่าปัจจัย	24
3.5 ตารางแสดงกรณีที่ใช้ในการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลอง Multi Regression	25
3.6 ตารางแสดงผลการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดย Multi Regression	25
3.7 ตารางสรุปผลเปรียบเทียบแบบจำลอง	26
4.1 ตารางข้อมูลกายภาพของโครงการที่ทำการจำลองสถานการณ์	27
4.2 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายโดย ANFIS	28
4.3 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายโดย Multi Regression	28
4.4 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับราคาที่ดินโดย ANFIS	30
4.5 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับราคาที่ดินโดย Multi Regression	30

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ภาพตัวอย่างโครงการอาคารคอนโดมิเนียมที่ใช้ทำโครงงาน	1
2.1 ภาพตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียม	4
2.2 ฟัซซี่เซต และ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	5
2.3 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	6
2.4 สถาปัตยกรรมของระบบอนุมานฟัซซี่บนฐานโครงข่ายปรับตัวได้	7
2.5 ภาพตัวอย่างกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	9
2.6 ภาพตัวอย่างแบบจำลองสมการถดถอยพหุนาม	11
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการ	14
3.2 รูปตัวอย่างพื้นที่ขายภายในห้องชุด	15
3.3 รูปตัวอย่างผังแปลนแสดงพื้นที่ก่อสร้าง	15
3.4 รูปแสดงการคำนวณ Floor Area Ratio	15
3.5 ฟังก์ชัน ANFIS โดยโปรแกรม MATLAB R2018a	17
3.6 Command Window ของฟังก์ชัน ANFIS	18
3.7 สร้าง Workspace สำหรับใส่ข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบโมเดล ANFIS	18
3.8 การนำเข้าข้อมูล ANFIS	19
3.9 แสดงตัวแปรนำเข้าและแสดงผลในระบบ ANFIS	19
3.10 โครงสร้างโมเดลแสดงผลในระบบ ANFIS	20
3.11 แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกฎที่ได้จากโมเดล	20
3.12 แสดงค่าก่อสร้างต่อพื้นที่โดยใช้ Rule Viewer ที่ได้จากแบบจำลอง	21
3.13 ฟังก์ชัน Data Analysis ใน Microsoft Excel	23
3.14 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลในการวิเคราะห์	23
3.15 แสดงค่าผลการทดสอบ Multi regression	24
4.1 ช่วงขนาดข้อมูลพื้นที่ขายที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์	27
4.2 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับพื้นที่ขาย	28
4.3 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง Multi Regression เมื่อปรับพื้นที่ขาย	29
4.4 ช่วงขนาดข้อมูลพื้นที่ก่อสร้างที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์	29
4.5 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับราคาที่ดิน	30
4.6 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับราคาที่ดิน	31
4.7 แนวโน้มค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยจำลอง ANFIS และ Multi Regression เมื่อปรับขนาดพื้นที่ขาย	31
4.8 แนวโน้มค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยจำลอง ANFIS และ Multi Regression เมื่อปรับราคาที่ดิน	32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมาณการต้นทุนค่าก่อสร้าง (Estimation) ของโครงการอาคารพักอาศัยรวมภายใต้การคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการก่อสร้างโครงการห้องชุดพักอาศัย จะทำให้งบประมาณ (Budget) ของโครงการมีความแม่นยำและใกล้เคียงค่าก่อสร้างจริง [1] ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจากปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่เพื่อใช้เป็นฐานราคาในการวิเคราะห์โครงการก่อสร้างห้องชุดพักอาศัยทำให้ทราบต้นทุนโครงการตั้งต้นเพื่อเป็นแนวทางในการบริหารงบประมาณที่ดี [2]

แต่ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิดพลาดส่งผลทำให้ค่าก่อสร้างจริงนั้นสูงกว่างบประมาณตั้งต้นของโครงการซึ่งมีผลกระทบโดยตรงในด้านราคาขายต่อตารางเมตรของอาคารคอนโดมิเนียม รวมถึงผลกำไรเมื่อเทียบกับต้นทุนค่าก่อสร้างไม่ตรงเป้าหมายตามแผนการพัฒนาโครงการต่อไป

รูปที่ 1.1 ภาพตัวอย่างโครงการอาคารคอนโดมิเนียมที่ใช้ทำโครงงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การศึกษาพัฒนาแบบจำลองการประมาณโดยใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียม(Neural Network) และ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) ในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างโดยอาศัยปัจจัยที่เป็นข้อมูลจากโครงการคอนโดมิเนียมที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยใช้โปรแกรม Matlab Version R2018a

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียม
1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการประมาณการต้นทุนโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียม
1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบค่าประมาณการก่อนเริ่มโครงการกับค่าก่อสร้างจริง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ข้อมูลโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมขนาด 8-33 ชั้น ในกรุงเทพฯ จำนวน 27 โครงการ
1.3.2 การสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้ Matlab Version R2018a

1.3.3 เปรียบเทียบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเทียบกับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

1.3.4 ข้อมูลวิเคราะห์ต้นทุนสำหรับเจ้าของโครงการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมให้แก่ผู้ประมาณการในการบริหารต้นทุน

1.4.2 สามารถนำข้อมูลราคาค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ให้แก่วิศวกรไปใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาโครงการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการประมานราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมหลักการโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำงบประมาณโครงการก่อนดำเนินการก่อสร้างเพื่อให้ทราบถึงต้นทุนในการวางแผนพัฒนาโครงการสำหรับเจ้าของโครงหรือบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์โดยการศึกษาจะใช้รูปแบบในการวิเคราะห์จากโครงการคอนโดมิเนียมที่ก่อสร้างแล้วเสร็จโดยใช้วิเคราะห์โดยแบบจำลองเชิงเส้นผ่านปัจจัยการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบราคาค่าก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียมต่อตารางเมตร

2.1 การประมาณราคาค่าก่อสร้าง (Estimation of Construction Costs)

การประมาณราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งการทำงานส่วนใหญ่จะใช้วิธีราคาต่อหน่วย เช่น ราคาต่อตารางเมตร และราคาต่อหน่วย เป็นต้น โดยที่มาดังนี้

2.1.1 ทำให้ทราบถึงงบประมาณค่าก่อสร้างเพื่อกำหนดราคากลางสำหรับค่าก่อสร้างใน โครงการทั้งนี้เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินราคาของผู้รับจ้างในการประมูลงาน ดังตารางที่ 2.1 ก.

2.1.2 ทำให้สามารถประมาณราคาขั้นต้น โดยการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ โดยอาจจะมีแบบเพียงแบบร่างที่รับรองแล้ว ยังไม่จำเป็นต้องมีแบบรายละเอียด ทั้งนี้อาจโดยวิธีการคำนวณราคาต่อพื้นที่ใช้สอย (บาท/ตร.ม.) หรือราคาต่อหน่วยการใช้ (บาท/หน่วย) เป็นต้น ซึ่งนำมาเป็นข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางแสดงการประมาณราคาต่อหน่วย

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ราคา/หน่วย วัสดุ		ราคา/หน่วย แรงงาน		รวมเงิน
			วัสดุ	เป็นเงิน	ค่าแรง	เป็นเงิน	
งานก่ออิฐมอญ	24.30	m2	270.00	6,561.00	450.00	10,935.00	17,496.00
ฉาบปูน	48.60	m2	120.00	5,832.00	120.00	5,832.00	11,664.00
ติดตั้งวงกบประตู ไม่รวมทำสี	1.00	ชุด	0.00	0.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
ติดบานประตู ไม่รวมทำสี	1.00	บาน	0.00	0.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
งานปูกระเบื้อง รวมปูนกาว	29.30	m2	195.00	5,713.50	350.00	10,255.00	15,968.50
งานติดตั้งสุขภัณฑ์	1.00	job	0.00	0.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00

2.1.3 ทำให้การจัดจัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลของผู้รับเหมา จะทำให้การเสนอราคาค่าก่อสร้างมีความแม่นยำ พร้อมทั้งทำให้ข้อมูลมีความถูกต้อง

2.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

โมเดลทางคณิตศาสตร์หรือโมเดลทางคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (connectionist) แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษา โครงข่ายไฟฟ้า

ชีวภาพ(bioelectric network)ในสมองซึ่ง ประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และ จุดประสานประสาท (synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน ส่วนที่เล็กที่สุดของ Neural Network ก็คือ Neuron ซึ่งทำหน้าที่คำนวน input ที่เข้ามา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกไป โดยมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

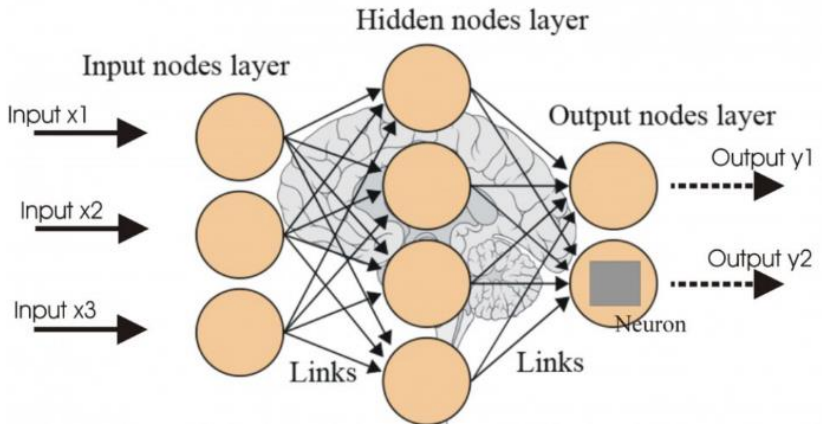
2.2.1 Input(X) หรือปัจจัยจัยนำเข้าNeuronโดยสามารถใสข้อมูลได้หลายปัจจัย

2.2.2 Weight เป็นการให้น้ำหนักของขาแต่ละที่ส่งเข้ามา โดยมีค่าระหว่าง 0-1 ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Simple Linear Regression

2.2.3 Bias คือค่าที่จะช่วยเข้ามาทำให้ค่าที่เข้ามาอยู่ในระหว่าง ค่า 0-1 ได้โดยจะเป็นเลข Random และ ปรับไปเรื่อยๆทุกครั้งที่เรียนรู้

2.2.4 Output (Y) คือผลลัพธ์

2.2.5 Back Propagation คือการที่ Neuron นำค่า Error ของ Output ที่ได้ กับ Output ที่เราสั่งให้มันเรียนรู้ นำไปปรับ Weight และ Bias ให้เกิดผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามที่ได้เรียนรู้มา



รูปที่ 2.1 ภาพตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียม

2.3 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

[3]ฟัซซี่เซท (Fuzzy set) ถูกคิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่เซทที่นิยามบนเอกภพสัมพัทธ์ (Universe of discourse: U) โดยฟัซซี่เซทสามารถมองเสมือนหนึ่งเป็นการขยายแนวคิดของเซททั่วไปหรือ คริสพเซท (Crisp set) ให้กว้างขึ้น (Dubois, 1986) ฟัซซี่เซตเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึงความไม่แน่นอน (Uncertainty) ซึ่งในทฤษฎีเซตปกติ นั้นสามารถแยกแยะได้ว่าตัวแปรใดเป็นหรือไม่เป็นสมาชิกของเซตนั้นๆแต่มีหลายปัญหาที่ไม่สามารถจำแนกหรือกำหนดได้อย่างชัดเจนว่ามีค่าเป็นจริงหรือเท็จ ปัญหาเหล่านี้มักจะมีลักษณะที่มีความยุ่งยากหรือมีโครงสร้างที่ไม่ชัดเจนทำให้ยากในการตัดสินใจที่จะแก้ปัญหานั้นๆโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ การแก้ปัญหาจะเป็นลักษณะที่ต้อง

ใช้มนุษย์ในการแก้ไขมากกว่าแนวคิดนี้มีลักษณะภาษาที่คลุมเครือ เช่น ค่อนข้างถูก ค่อนข้างผิด เป็นต้น เป็นแนวคิดหรือลักษณะของการตัดสินใจแบบคลุมเครือหรือการตัดสินใจแบบฟัซซี่ ซึ่งหลักการนี้จะให้มนุษย์แสดงข้อสรุปหรือความเชี่ยวชาญออกมาได้

2.3.1 ฟัซซี่เซต [4]สามารถนิยามว่าเป็นเซตที่มีขอบเขตแบบคลุมเครือหรือมีความเป็นฟัซซี่โดยกำหนดให้ U คือ เซทที่มีสมาชิกเป็นสมาชิกทั้งหมดของขอบเขตที่ทำการพิจารณาแทนโดย {u} และ u แทนสมาชิกหรือองค์ประกอบใดๆของ U ฟัซซี่เซท A ในเอกภพสัมพัทธ์ U จะแสดงคุณสมบัติโดย ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) μA ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังสมการที่ 2.1

$$A = \{(u, \mu A(u))|\ u \in U,\ \mu A(u) : U \longrightarrow [0,1]\} \qquad (2.1)$$

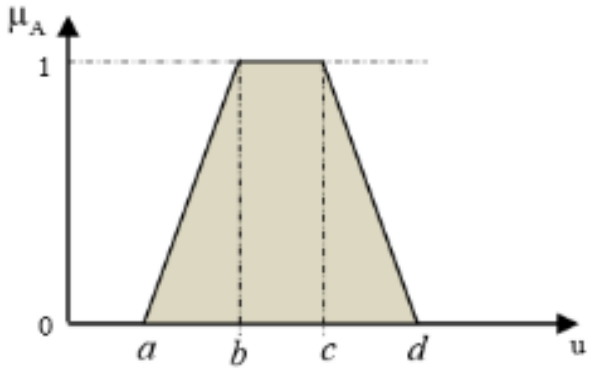
ฟัซซี่เซต A ใน U จะถูกแทนด้วยเซทของคู่ลำดับของสมาชิก u และค่าอัตราความเป็นสมาชิกซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ฟัซซี่เซต และ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ปกติมี 2 วิธีในการนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับ ฟัซซี่เซท คือ เชิง ตัวเลข และ เชิงฟังก์ชัน วิธีเชิงตัวเลขจะแทนอัตราฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้วยเวกเตอร์ของตัวเลข แต่ที่นิยมใช้จะเป็น เชิงฟังก์ชัน โดยอัตราฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามารถคำนวณได้โดยตรงจากการ วิเคราะห์จากสูตรของฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สามารถเขียนในรูปแบบใหม่ ได้ดัง สมการ 2.2

$$\text{Trap}(u; a, b, c, d) = \begin{cases} \dfrac{u-a}{b-a} & \text{ถ้า } a \le u \le b \\ 1 & \text{ถ้า } b < x \le c \\ \dfrac{d-u}{d-c} & \text{ถ้า } c < u \le d \\ 0 & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases} \qquad (2.2)$$

โดยมีค่าตัวแปรคือ a, b, c, d ที่ใช้ควบคุมรูปร่างของฟังก์ชัน ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear) ฟัซซี่ตัวเลข (Fuzzy number) คือ ฟัซซี่ที่มีการนอร์มอลไลท์และมีการคอนแวกซ์แล้วและสามารถหา ค่าอัตราที่แสดงว่าสมาชิกมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับคุณลักษณะของฟัซซี่เซท หรือความคลุมเครือ นั้นๆ ได้ โดยการทำให้เป็นบรรทัดฐาน หรือ การนอร์มอลไลซ์ (Normalization) ฟัซซี่เซท F เป็นนอร์มอลไลซ์ ถ้าค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ดังสมการที่ 2.3

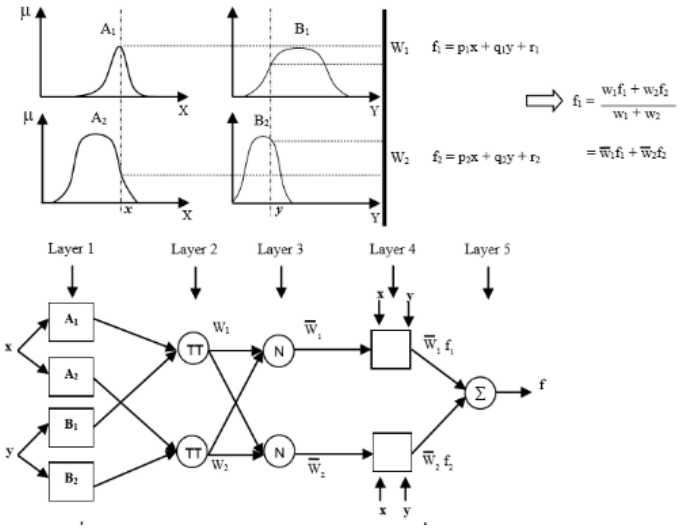
$$Height\ (A) \quad = \quad \text{MAX}\ \mu_A(u) = 1 \tag{2.3}$$

การปรับสเกลของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเพื่อให้มีค่าสูงสุดเป็น 1 สามารถทำได้ดังสมการที่ 2.4

$$\mu_{NORM\,(A)}(u) = \mu_A(u) / \text{MAX}\,(\mu_A(u)); = u \in U \tag{2.4}$$

2.4 ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS)

[6]ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ คือ ประเภทของโครงข่ายที่มีการปรับตัวบนกรอบพื้นฐานของการปรับตัวระบบอนุมานโดยฟัซซี่ (FuzzyInference Systems : FIS) โครงข่ายชนิดนี้เรียกว่าANFIS ซึ่งย่อมาจาก Adaptive Network-based Fuzzy Inference Systems หรือ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems ระบบอนุมานฟัซซี่บนฐานโครงข่ายที่ปรับตัวได้ (ANFIS) มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 โดยโนด (Node) ที่เป็นสี่เหลี่ยมหมายถึง โนดที่มีพารามิเตอร์ที่ปรับได้ ส่วนโนดที่เป็นวงกลมจะไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ได้



รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรมของระบบอนุมานฟัซซี่บนฐานโครงข่ายปรับตัวได้

รูปที่ 2.4 (Jang, 1997), (Jain และ Martin, 1999) แสดงตัวอย่างโครงสร้างง่าย ๆ ของ ANFIS ซึ่งมี 2 อินพุต แต่ละอินพุตแบ่งเป็นสองฟัซซี่เซต มิติที่ 1 แบ่งฟัซซี่เซตเป็น A1 และ A2 มิติที่ 2 แบ่งเป็น B1 และ B2 ส่วนข้อตามมีพารามิเตอร์เป็น rj0, rj1 และ rj2 โดยโครงสร้างดังกล่าวมีพื้นฐานแบบ Takagi Sugeno Kang Model (TSK) มีกฎจำ นวน L กฎ ดังนี้ [8]

Rule 1: IF x1 is A1 and x2 is B1 THEN y1 = r10 + r11x1 + r12x2
Rule 2: IF x1 is A2 and x2 is B1 THEN y2 = r20 + r21x1 + r22x2 :
Rule L: IF x1 is A2 and x2 is B2 THEN y2 = rL0 + rL1x1 + rL2x2

2.4.1 ประเภทของโครงสร้างหลัก ANFIS แบ่งได้เป็น 5 ชั้น ดังนี้

2.4.1.1 Layer1: Antecedent Parameters

โดยที่ทุกโนด j ของชั้นนี้จะเป็นสี่เหลี่ยม หมายถึง พารามิเตอร์สามารถปรับได้ โดยมีฟังก์ชันโนด เป็นที่ทำการหาค่าฟัซซี่ จากคริสป์อินพุต(x) ผ่านทางฟังก์ชันความเป็นสมาชิก μAi (x)

$$O1j = \mu Ai\ (x) \tag{2.5}$$

เมื่อ O1j เป็นค่าความเป็นสมาชิกของพจน์ภาษา Ai โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก μAi (x) ดังสมการที่ 2.6 อาจเป็น ลักษณะฟังก์ชันรูประฆังคว่ำ

$$\mu_{Ai}(x) = \frac{1}{1 + \left\{ \left\{ \frac{x - ci}{ai} \right\}^2 \right\} bi} \tag{2.6}$$

เมื่อ {ai, bi, ci} เป็นเซตพารามิเตอร์ ci เป็นค่ากลางของฟังก์ชัน ai และ bi เป็นตัวกำหนดความ ชันของฟังก์ชันฟังก์ชันความเป็นสมาชิกอื่น ๆ ที่สามารถหาค่าอนุพันธ์ได้เช่นฟังก์ชันสามเหลี่ยม(Triangular membership function)ฟังก์ชันสี่เหลี่ยม (Trapezoidal membership function)

2.4.1.2 Layer 2: T-norm Operator

ฟังก์ชันของโนดนี้เป็นแบบวงกลมหมายถึงไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ โดยมีสัญลักษณ์เป็น เครื่องหมาย TT เป็นชั้นทำการเชื่อมโยงค่าฟัซซี่จากแต่ละมิติโดยคูณสัญญาณเข้าที่เป็นฟัซซี่เข้าด้วยกัน และส่งค่าฟัซซี่ผลคูณเป็นสัญญาณออก ดังสมการที่ 2.7

$$W_j = \mu_{j1}(x_1) \times \mu_{j2}(x_2),\ j = 1...L \tag{2.7}$$

เมื่อ Wj เป็นค่า firing strength จากกฎแต่ละข้อ และ μji (xi) เป็นค่าฟัซซี่จากมิติที่ i ของกฎข้อที่ j

2.4.1.3 Layer 3: Normalize firing strength

ฟังก์ชันของโนดนี้เป็นแบบวงกลม สัญลักษณ์ของโนดเป็นเครื่องหมาย N หมายถึงการทำ Normalize firing strength เป็นชั้นทำค่าฟัซซี่ผลรวมจากข้อตั้งทุกกฎให้เป็นหนึ่ง โดยค่าฟัซซี่ จากกฎแต่ละข้อจะ ถูกหารด้วยผลรวมของค่าฟัซซี่จากทุกกฎข้อ ดังสมการที่ 2.8

$$\overline{W}_j = \frac{W_j}{W_1 + W_2 + ... + W_L},\ j = 1...L \tag{2.8}$$

2.4.1.4 Layer 4: Consequent Parameters

เป็นชั้นของพารามิเตอร์ข้อตาม ฟังก์ชันของโนดนี้เป็นแบบสี่เหลี่ยม พารามิเตอร์ rj0 , rj1 และ rj2 สามารถปรับค่าได้ สำหรับค่าเอาต์พุตจากชั้นนี้หาได้จาก ดังสมการที่ 2.9

$$O^4_j = \overline{W}_j y_j = \overline{W}_j (r_{j0} + r_{j1} x_1 + r_{j2} x_2) \tag{2.9}$$

2.4.1.5 Layer 5: Overall Output

เป็นชั้นเอาต์พุตของโครงข่าย ฟังก์ชันของโนดนี้เป็นแบบวงกลมพารามิเตอร์ของโนดนี้จะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงทำหน้าที่รวมสัญญาณเข้าโดยมีสัญลักษณ์ของโนดเป็นเครื่องหมาย **Σ** เอาต์พุตของโนดหาได้จาก ดังสมการที่ 2.10

$$O^5_j = \overline{W}^T y = \sum_{j=1}^{L} \overline{W}_j y_j = \frac{\sum_j W_j y_j}{\sum_j W_j} \tag{2.10}$$

เมื่อ $\overline{W}^{T} = [\overline{W}_1 \quad \overline{W}_2 \quad \overline{W}_L]$ เป็นค่าฟัซซี่ที่ผ่านวิธีนอมอลไลซ์จากกฎข้อ 1 ถึง Lและ
เป็น $y^{T} = [y_1 \quad y_2 \quad y_L]$ ส่วนข้อตามของกฎข้อ 1 ถึง L

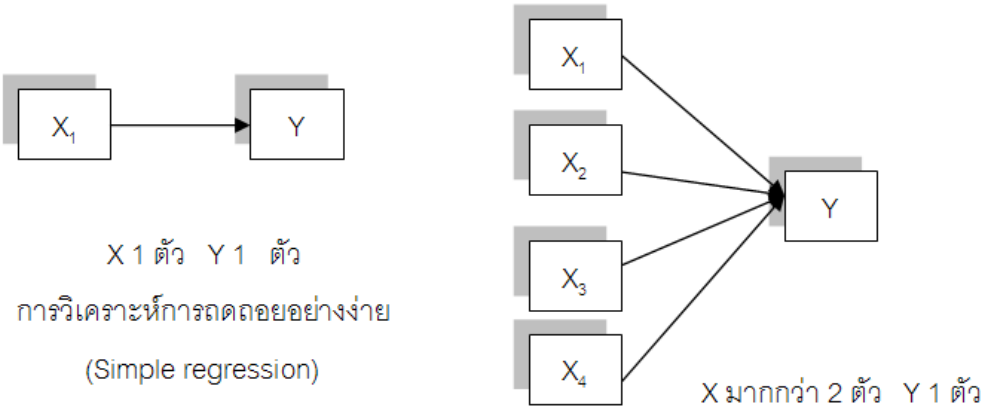
2.5 สมการการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression Analysis)

การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion Variable) จานวน 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ (X) หรือตัวแปรพยากรณ์ หรือตัวแปรทานาย (Predictor Variable) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปอาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรมาใช้ในการทำนาย โดยเมื่อทราบค่าตัวแปรหนึ่งก็สามารถทำนายอีกตัวแปรหนึ่งได้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปของสมการทำนาย ดังสมการที่ 2.11

Multiple Linear Regression

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_i x_i + \varepsilon \qquad (2.11)$$

β คือ Coefficient หรือ ค่าสัมประสิทธิของค่าประมาณการตัวนั้นๆ



รูปที่ 2.5 ภาพตัวอย่างกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

2.5.1 โครงสร้างแบบจำลอง Multi Regression

แบบจำลองการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้วิธีการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าต่างๆเทียบกับราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y จำนวน 1 ตัวแปร และตัวแปรอิสระ X จำนวน 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_n X_n + e$ โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent

Variable) X คือ ตัวแปรอิสระ(Independent Variable) β_0 คือเป็นระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย β_1 - β_n คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย(Regression Coefficient) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ n eคือความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มโดยที่ค่า i โดยที่ค่า β_i เป็นค่าที่แสดงว่าเมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนไป 1 หน่วยจะทำให้ตัวแปรตามเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด ขณะที่ตัวแปรอิสระตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่

2.5.1.1 ค่าทางสถิติที่อธิบายความสอดคล้องของสมการความถดถอย ซึ่งในการวิเคราะห์ความถดถอยนั้นจะเป็นการประมาณความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ X ต่อตัวแปรตาม Y โดยทำการสร้างสมการความถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายตัวแปรตามหรือสิ่งที่เรา สนใจศึกษา ซึ่งในการตรวจสอบว่าสมการความถดถอยนั้น สามารถอธิบายของสัมพันธ์ได้ดีหรือไม่นั้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะดูจากสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 13

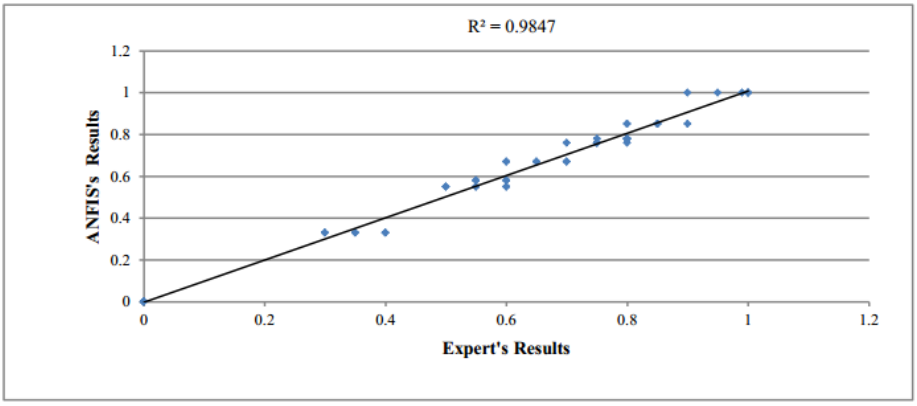
2.5.1.2 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R Square) สัมประสิทธิ์ การตัดสินใจหรือ R^2 หมายถึง สัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ดังนั้นถ้า R^2 มีค่ามากแสดงวฎ Y และ X มีความสัมพันธ์กันมากหรือแสดงว่าตัวแปรอิสระของสมการความถดถอยนั้นสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ ตัวแปรตามได้มาก โดย R^2 = (ความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจาก X/ ความแปรปรวนของ Y ทั้ งหมด) หรือ R SSR / SST 2 = ดังนั้ น $0 \leq R^2 \leq 1$ เนื่องจาก SST > SSR คุณสมบัติของ R^2 ได้แก่ R^2 ไม่มีหน่วย และ ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้1 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ที่ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลง Y มีค่ามากหรือ X และ Y มีความสัมพันธ์ กันมากแต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ที่ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Y มีค่า น้อย ดังสมการที่ 2.12

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(o_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(o_i - \bar{o}_i)^2} \qquad (2.12)$$

2.5.1.3 การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นสมมติฐาน หรือ เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยมี4 ข้อ ซึ่งเป็นเงื่อนไขเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน (error or residual) ในการนำสมการไปประยุกต์ใช้งานผู้ใช้จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมการ โดย จะต้องตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยกับค่าคลาดเคลื่อนดังนี้ ค่าเฉลี่ยของค่า คลาดเคลื่อนจะต้องเท่ากับเท่ากบศูนย์, ค่าคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงแบบปกติ, ค่าความคลาด เคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน , ค่าแปรปรวนของ e คือ σ^2 ซึ่งต้องคงที่ทุกค่าของ X

2.5.1.4 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุจะมีตัวแปรอิสระ X ในสมการตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาตัวแปรอิสระในสมการความถดถอยมีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง (Multicolinearity) ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองในรูปแบบสมการความถดถอยจึงต้องคัดเลือกตัว แปรอิสระเข้ามาในสมการความถดถอย วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการนั้นมีหลายวิธี ผู้ วิเคราะห์จะต้องพิจารณาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับY โดยคำนวณค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัว แล้วก็คัดเลือกตัวแปร อิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้ามาในสมการความถดถอย ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ภาพตัวอย่างแบบจำลองสมการถดถอยพหุนาม

2.5.2 การทดสอบความน่าเชื่อถือจากแบบจำลอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้พัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีที่ต่างกัน ดังนั้น จึงต้องทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งสองรูปแบบเพื่อให้ทราบว่าแบบจำลองใดมีความสามารถหรือมีการอธิบายได้เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลได้อย่างเหมาะสม จะมีการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ สัมประสิทธิการตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) และค่าสถิติ t แต่ค่าตัวแปรอิสระที่ได้ จากแบบจำลองที่มีค่าแตกต่างจากค่าที่แท้จริง จึงมีการทดสอบความสามารถในการทำนายแบบจำลอง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดความแม่นยำด้วยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) และ Absolute Percent Error (APE) ดังนี้

2.5.2.1 ค่า Root Mean Square Error

RMSE คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ประมานได้จากแบบจำลอง ซึ่งถ้าค่าที่ได้น้อยแสดงว่าแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ 2.13

$$RMSE = \sqrt{(1/N)(\sum_{n-1}^{N} Y^s - Y^a)} \qquad (2.13)$$

2.5.2.2 ค่า AbsolutePercent Error

APE คือว่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ถ้าวิธีใดให้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์มีความคลาดเคลื่อนน้อยแสดงว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำ โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ 2.14

$$\mathrm{APE} = \left|\frac{(o_i - t_i)}{o_i}\right| * 100 \qquad (2.14)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง (2553) การประมาณราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัยรวมโดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย การศึกษาการวิเคราะห์หาตัวแปรด้านกายภาพของอาคาร ที่มีอิทธิพลต่อราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัยที่มีความสูงระหว่าง 5-8 ชั้น โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลมาปรับราคาค่าก่อสร้างให้อยู่ในปีฐานเดียวกันโดยใช้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้าโดยใช้แบบจำลองการประมาณราคาด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้น สรุปได้ว่าหลังการทดลองพบว่ามี 5 ตัวแปร จาก 11 ตัวแปร คือ ความสูงของอาคารพักอาศัย ความสูงระหว่างชั้นเฉลี่ย จำนวนชั้น เส้นรอบรูปเฉลี่ย และพื้นที่ห้องน้ำ จากการทดสอบแบบจำลองในการประมาณราคาก่อสร้างนั้น พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งมีความแม่นยำเพียงพอในการนำไปใช้ประมาณราคาก่อสร้างโครงการใหม่

ประจักษ์ หล้าจางวาง (2554) การประมาณราคาต่อหน่วยพื้นที่แบบรวดเร็วโดยใช้ ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างประกอบในการประมาณราคาค่าก่อสร้างงานอาคาร ผู้บริหารส่วนใหญ่จะใช้วิธีการประมาณราคาค่า ก่อสร้างอาคารแบบคร่าวๆ โดยใช้วิธีการนำราคาต่อหน่วยพื้นที่คูณกับจำนวนพื้นที่ของอาคาร เพื่อให้ได้ราคาค่าก่อสร้างอาคารคร่าวๆ แบบรวดเร็วที่จะใช้ในการตัดสินใจที่จะดำเนินการ โครงการนั้นๆ ต่อไป แต่ในการประมาณราคาแบบรวดเร็วนั้นมีความคลาดเคลื่อนสูงและไม่มีที่มา ที่ไปหากผู้บริหารไม่มีข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่มีประสบการณ์เพียงพอก็อาจทำให้โครงการดังกล่าว มีปัญหาเช่น ขาดทุน ได้

ไพจิตร ผาวัน (2557) วิจัยนี้ได้พัฒนากรอบแนวปฏิบัติสำหรับใช้ประเมินเวลาสำรองของแผนงานโครงการก่อสร้าง โดยการบูรณาการกระบวนการบริหารความเสี่ยงเข้ากับกระบวนการจัดตารางเวลาทำงาน กรอบแนว ปฏิบัติที่นำเสนอนี้มีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 2 โมดูล โมดูลแรกใช้สำหรับบ่งชี้เหตุการณ์เสี่ยงและความเป็นไปไดข้องเหตุการณ์นั้นๆ งานวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีนิวโรฟัซซี่ (ANFIS) เป็นเครื่องมือในการโมเดลความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการทำนายความเป็นไปได้ดังกล่าว โดยคำนึงถึง ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ของโครงการ

สุวรรณี ธูปจีน และมณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ(2560) การตัดเกรดแบบวิธีการฟัซซีเซต สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน งานวิจัยนี้นำเสนอการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการตัดเกรดแบบฟัซซีเซต (fuzzy set grading) โดยในงานวิจัยได้ศึกษาวิธีการและองค์ประกอบของฟัซซีเซต ได้แก่ ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) ตัวแปรภาษา (linguistic variable) และการปฏิบัติการในฟัซซีเซต (fuzzy set operations) เป็นต้น พร้อมทั้งแสดงวิธีการนำฟัซซีเซตไปประยุกต์ใช้ให้ผู้สอนสามารถนำไปเป็นเครื่องมือช่วยใน กระบวนการวัดและประเมินผู้เรียน วิธีการตัดเกรด

แบบฟัซซีเซตนี้จะใช้ผลคะแนนสอบที่ได้จากการสอบวัดความรู้ และคะแนนงานที่ได้มอบหมายให้กับกลุ่มตัวอย่างผู้เรียน

ดวงดาว วัฒนากลาง (2553) เพื่อพัฒนาแบบจำลองยอดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมัน และแบบจำลองสัดส่วนการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมันให้แก่ยวดยานประเภทต่าง ๆ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าระยะทางรวมในหน่วย คัน-กิโลเมตร การศึกษานี้ได้ทำการสุ่มเลือกตัวอย่างสถานีบริการน้ำมันทั้งหมด 31 แห่งในจังหวัดนครราชสีมา สำหรับแบบจำลองยอดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมันใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Multiple Regression วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างยอดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมันกับปัจจัยเกี่ยวกับตำแหน่งสถานีบริการน้ำมันและเปอร์เซ็นต์รถที่วิ่งผ่านสถานีบริการน้ำมัน ผลจากการพัฒนาแบบจำลองสำหรับกลุ่มน้ำมันเบนซินและกลุ่มน้ำมันดีเซลพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) เท่ากับ 0.512 และ 0.280 ตามลำดับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อยอดหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับกลุ่มน้ำมันเบนซินได้แก่ จำนวนหัวจ่ายน้ำมันเบนซิน ระยะทางจากสถานีบริการน้ำมันถึงตัวเมือง และความหนาแน่นของโครงข่ายถนนโดยรอบสถานีบริการน้ำมันสำหรับกลุ่มน้ำมันดีเซล ได้แก่ ระยะทางจากสถานีบริการน้ำมันถึงตัวเมือง และเปอร์เซ็นต์รถหนักที่วิ่งผ่านสถานีบริการน้ำมัน และสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสัดส่วนการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

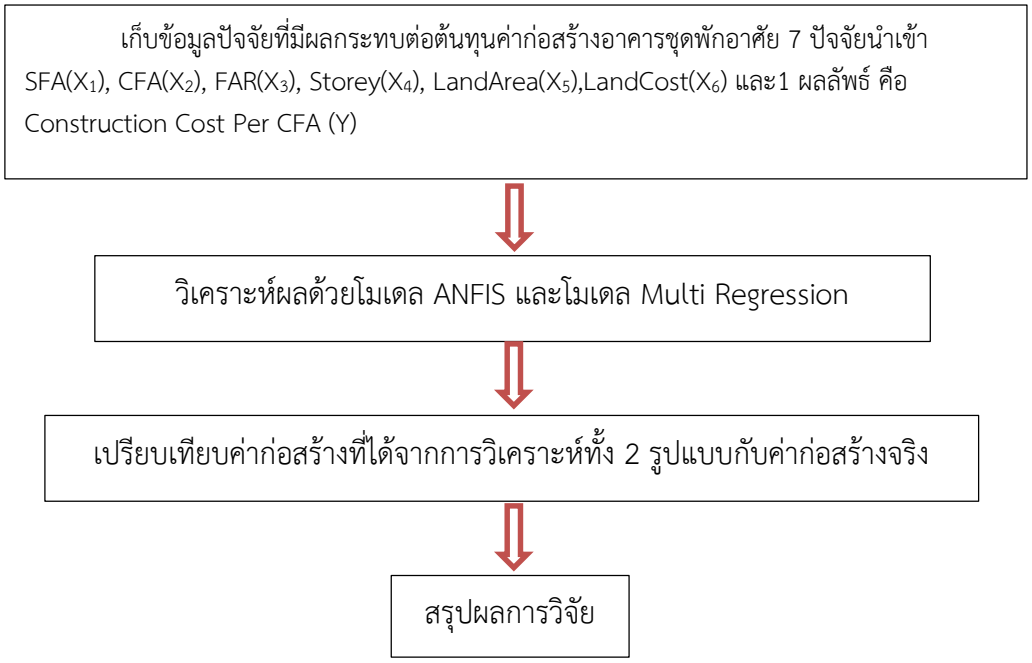
2.7 สรุปท้ายบท

ทฤษฎีตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมดเป็นส่วนสำคัญในการนำมาใช้เป็นหลักการในการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างอาคารชุด ด้วยการใช้ผสมผสานระหว่างทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม และระบบฟัซซี่ในฟังก์ชัน ANFIS ในโปรแกรม Matlab Version R2018a เทียบกับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multi Regression) เพื่อให้ได้ค่าทำนายราคาค่าก่อสร้างที่ซึ่งเป็นไปตามปัจจัยนำเข้าทั้ง 6 หัวข้อ เพื่อใช้ในการในการทำข้อมูลต้นทุนก่อสร้างอาคารชุดในโครงที่จะดำเนินการในอนาคต

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

วิธีการดำเนินการโครงงานเพื่อศึกษาราคาต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยมีขั้นตอนดังนี้

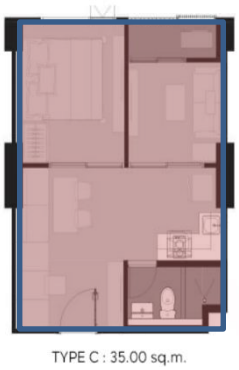


รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัย

ปัจจัยนำเข้าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์โดยหลักการโครงข่ายประสาทเทียม(Neural Network) และตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการตัวอย่างตามขอบเขตงานวิจัยโดยกำหนดปัจจัยนำเข้า X คือและผลลัพธ์ Y คือ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำเลือกใช้ปัจจัยนำเข้าที่มาวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 Sale Floor Area (X_1) เป็นพื้นที่สำหรับขายคือพื้นที่ที่ใช้อ้างอิงในการประเมินรายรับของโครงการเพื่อการพัฒนาการโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมซึ่งจะอ้างอิงจากพื้นใช้สอยภายในห้องพักดังรูปที่ 3.2



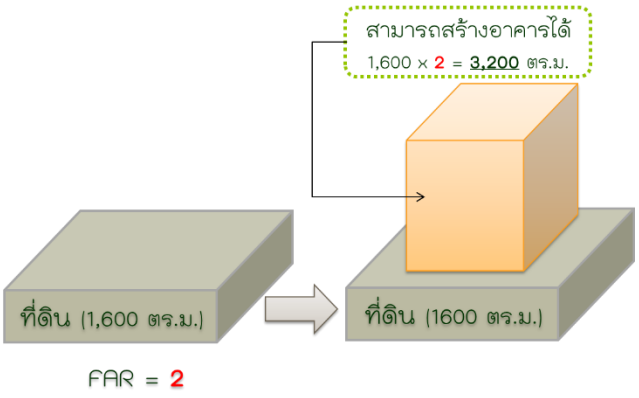
รูปที่ 3.2 รูปตัวอย่างพื้นที่ขายภายในห้องชุดขนาด 35 ตร.ม.

3.1.2 Construction Floor Area (X_2) พื้นที่ก่อสร้างทั้งหมดของโครงการโดยรวมไปถึงพื้นที่ปิดด้วยตามอย่างในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 รูปผังแปลนแสดงพื้นที่ก่อสร้าง

3.1.3 Storeys (X_3) จำนวนชั้นของตัวอาคารคอนโนมิเนียม

3.1.4 Floor Area Ratio(X_4) อัตราส่วนพื้นที่ก่อสร้างโดยเทียบกับขนาดแปลงที่ดิน ซึ่งได้จากการคำนวณตามข้อกำหนดของสำนักงานผังเมืองตามตัวอย่างรูป 3.4



รูปที่ 3.4 รูปแสดงการคำนวณ Floor Area Ratio

3.1.5 Land Area(X_5) พื้นที่แปลงที่ดินของโครงการ

3.1.6 Land Cost(X_6) ราคาค่าที่ดินของโครงการต่อตารางวา

3.1.7 Construction Cost Per CFA (Y) ผลลัพธ์ค่าก่อสร้างต่อตารางเมตรซึ่งได้มาจาก

$$\text{Construction Cost Per CFA (Y)} = \frac{\text{ต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ก่อสร้างทั้งหมดของโครงการรวมทั้งของโครงการ}}$$

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ เป็นการเก็บข้อมูลโดยอ้างอิงจากโครงการที่ได้สร้างแล้วเสร็จเรียบร้อย จะทำเก็บข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยการทำแบบประเมินต้นทุนของโครงการไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ ทำการประเมินแบบประเมิน จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบฟอร์มดังรูปที่ 3.1 เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญไปวิเคราะห์ความถูกต้อง จากทั้ง ANFIS และ Multi Regression

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

Scenerio	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1
	SFA	CFA	FAR	Storeys	LandArea	LandCost	Construction Cost (Baht/GFA)
Project 1	-	-	-	-	-	-	-
Project 2	-	-	-	-	-	-	-

3.3.2 รูปแบบการจัดสรรข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลอง

การนำเข้าข้อมูลฝึกสอน(Training Data) การนำเข้าข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการฝึกสอนโมเดลวิเคราะห์ค่าก่อสร้างจากชุดข้อมูลทั้งหมด 30 โครงการ โดยใช้ชุดข้อมูลนำเข้าเพื่อฝึกสอนโดยใช้สถานการณ์ลำดับที่ 1-9, 11-21, 23-27, 29-30 และใช้ข้อมูล 10% ของได้แก่ โครงการลำดับที่ 10,22 และ 28 เพื่อทดสอบ(Testing Data) วิเคราะห์เป็นค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ Y ค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ก่อสร้าง

3.3 การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองได้ทำการศึกษา 2 แบบจำลองได้แก่ แบบจำลองการวิเคราะห์จาก ANFIS และ แบบจำลองการวิเคราะห์ จาก Multi Regression โดยพิจารณาทั้ง 2 แบบจำลองเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน

วิเคราะห์ข้อมูลและการจัดสรรข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน ได้ใช้ข้อมูลกรณีศึกษา โดยศึกษาการทำนายต้นทุนค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาหาต้นทุนค่าก่อสร้างของโครงการคอนโดมิเนียมในโครงการต่อไป

3.3.2 การแบ่งกลุ่มตัวแปรนำเข้า

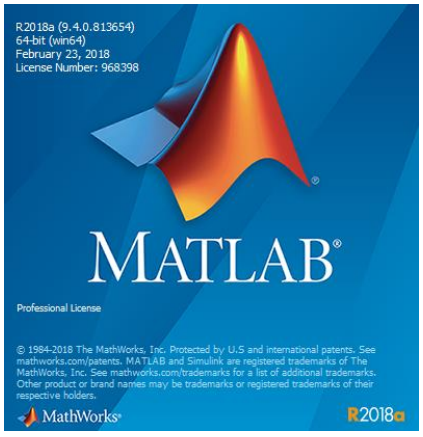
การวิเคราะห์เพื่อหาต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมต่อพื้นที่ โดยพิจารณาจากตัวแปรอิสระ (X) หรือปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมเปลี่ยนแปลง ในที่นี้ตัวแปรเชิงคุณภาพมี 6 ตัวแปร คือ X_1พื้นที่ขาย, X_2พื้นที่ก่อสร้าง, X_3พื้นที่ที่สามารถก่อสร้างได้, X_4จำนวนชั้นของอาคาร, X_5 พื้นที่ของที่ดินโครงการม, X_6 ราคาค่าที่ดินโครงการต่อตารางวา โดยสามารถแบ่งกลุ่มของตัวแปรอิสระแต่ละตัวให้เป็นตัวแปรเทียมได้ 3 ตัวแปร เช่น พื้นที่ขายขนาด 3,000 แต่ไม่เกิน 30,000, พื้นที่ขายขนาด 30,001 แต่ไม่เกิน 65,000 และ พื้นที่ขายขนาด 65,001 แต่ไม่เกิน 85,000 ดังที่แสดงใน ตารางที่ 3.1 ก ตารางที่ 3.2 ก ตารางที่ 3.3 ก ตารางที่ 3.4 ก ตารางที่ 3.5 ก และตารางที่ 3.6 ก

3.4 การพัฒนาแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง ด้วย anfis

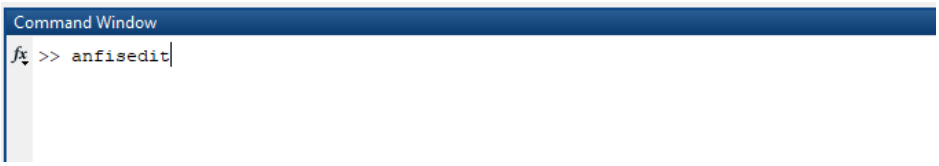
แบบจำลองการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้การนำปัจจัยนำเข้าไปวิเคราะห์ใน ANFIS เพื่อที่จะหาราคาค่าก่อสร้างต่อตารางเมตร โดยข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม MATlab

3.4.1 การฝึกฝนแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง (train)

ขั้นตอนที่ 1 ใช้ฟังก์ชัน ANFIS จากโปรแกรม MATLAB R2018a พิมพ์ “anfisedit” บน command window แล้วกดปุ่ม Enter ที่คีย์บอร์ด ดังรูปที่ 3.6

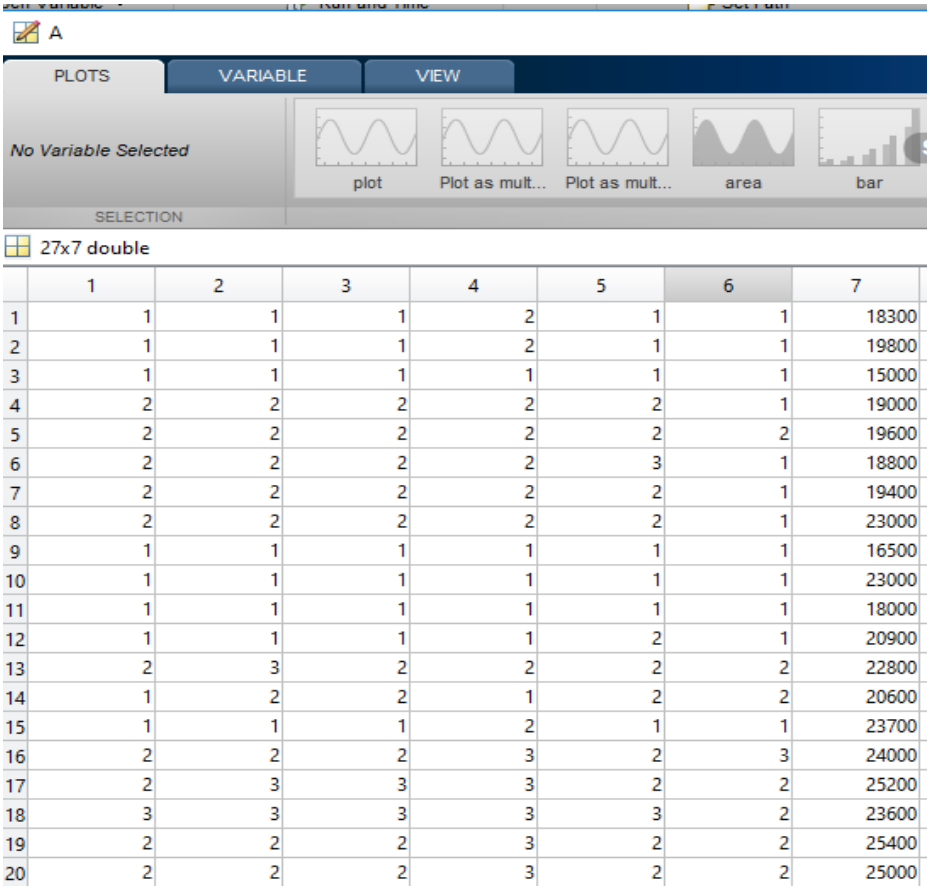


รูปที่ 3.5 ฟังก์ชัน ANFIS โดยโปรแกรม MATLAB R2018a



รูปที่ 3.6 ฟังก์ชัน ANFIS โดยโปรแกรม MATLAB R2018a

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตัวแปรจากข้อมูล เพื่อการเรียนรู้ โดยเลือก “New variable” เมื่อตัวแปร (variable) คือหน่วยความจำ ที่ถูกกำหนดขึ้นจากข้อมูลในตารางที่ 3.7 เป็นชื่อ “A”สำหรับการฝึกสอน ดังรูปที่ 3.6

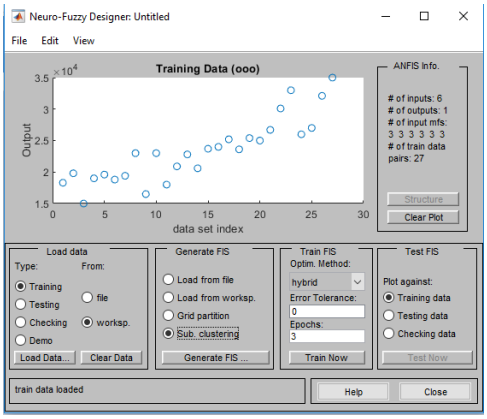


	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	2	1	1	18300
2	1	1	1	2	1	1	19800
3	1	1	1	1	1	1	15000
4	2	2	2	2	2	1	19000
5	2	2	2	2	2	2	19600
6	2	2	2	2	3	1	18800
7	2	2	2	2	2	1	19400
8	2	2	2	2	2	1	23000
9	1	1	1	1	1	1	16500
10	1	1	1	1	1	1	23000
11	1	1	1	1	1	1	18000
12	1	1	1	1	2	1	20900
13	2	3	2	2	2	2	22800
14	1	2	2	1	2	2	20600
15	1	1	1	2	1	1	23700
16	2	2	2	3	2	3	24000
17	2	3	3	3	2	2	25200
18	3	3	3	3	3	2	23600
19	2	2	2	3	2	2	25400
20	2	2	2	3	2	2	25000

รูปที่ 3.7 สร้าง Workspace สำหรับใส่ข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบโมเดล ANFIS

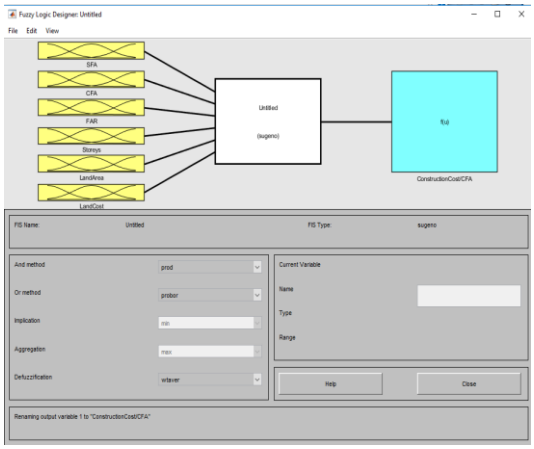
ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการป้อนข้อมูลปัจจัยนำเข้าปัจจัยนำเข้าเพื่อวิเคราะห์ค่าก่อสร้างพิมพ์ “anfisedit” บน command window แล้วกดปุ่ม Enter ที่คีย์บอร์ด ดังรูปที่ 3.6

ขั้นตอนที่ 4 นำเข้าข้อมูล (Load data) สำหรับการเรียนรู้ในระบบ ANFIS โดยเลือก “workspace” ดังรูปที่ 3.8 โดยตั้งชื่อตัวแปร (A) และเลือก Generate FIS เป็นแบบ Sub. clustering



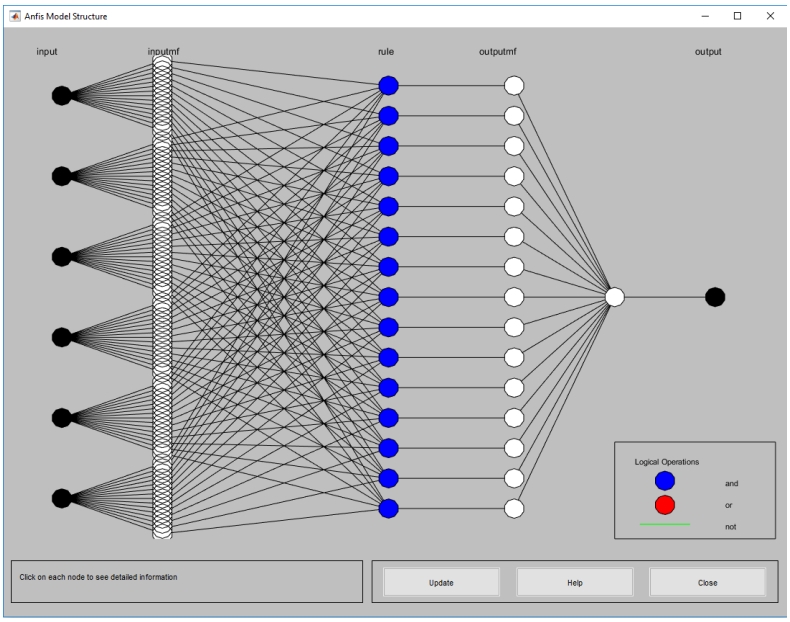
รูปที่ 3.8 การนำเข้าข้อมูล ANFIS

ขั้นตอนที่ 5 การนำเข้าข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ Y_1ต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมต่อพื้นที่เปลี่ยนแปลง ในที่นี้ตัวแปรเชิงคุณภาพมี 6 ตัวแปร คือ X_1พื้นที่ขาย, X_2พื้นที่ก่อสร้าง, X_3พื้นที่ที่สามารถก่อสร้างได้, X_4จำนวนชั้นของอาคาร, X_5 พื้นที่ของที่ดินโครงการม, X_6ราคาค่าที่ดินโครงการต่อตารางวา ดังรูปที่ 3.9



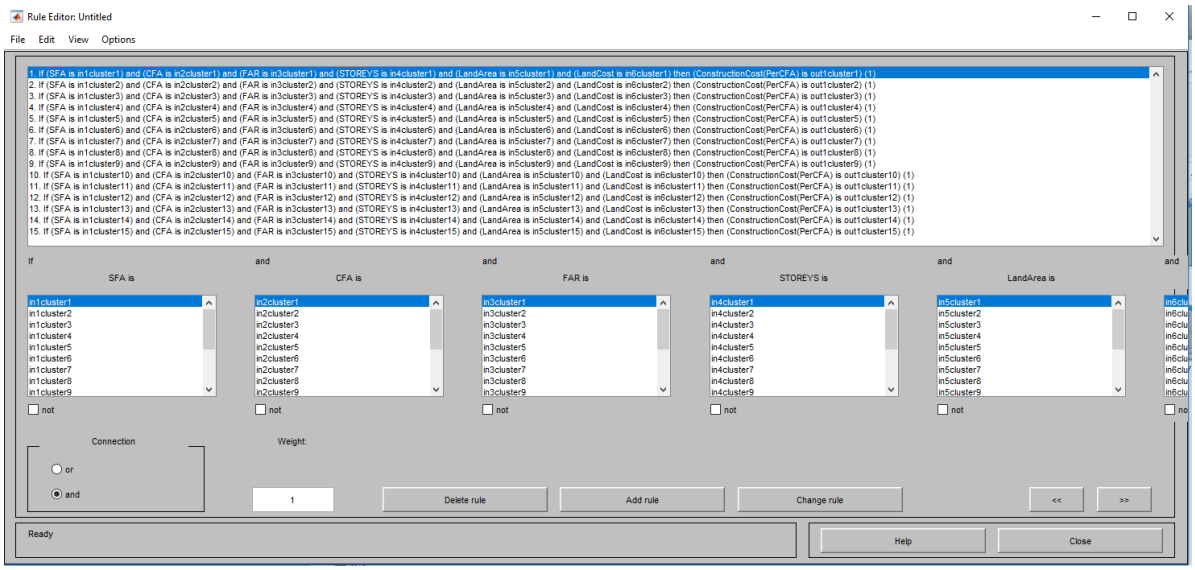
รูปที่ 3.9 แสดงตัวแปรนำเข้าและแสดงผลในระบบ ANFIS

ขั้นตอนที่ 6 การนำเข้าข้อมูลจากการฝึกสอน (Training) ในระบบ ANFIS กำหนดค่า epochs เท่ากับ 300 รอบ เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนด จะได้โครงสร้างโมเดล ดังรูปที่ 3.10



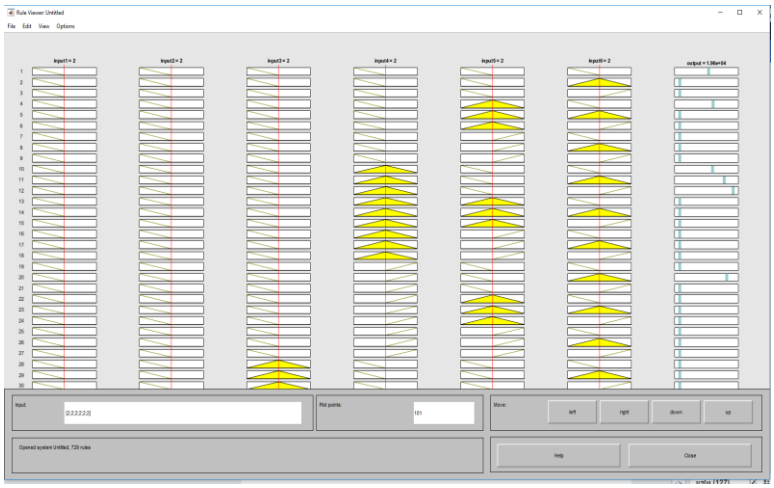
รูปที่ 3.10 โครงสร้างโมเดลแสดงผลในระบบ ANFIS

<u>ขั้นตอนที่ 7</u> นอกจากผลลัพธ์ที่แสดงออกมาเป็นโครงสร้างโมเดลแล้ว ANFIS ยังสามารถแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นกฎ (Rule) ที่เหมาะสม 15 กฎ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกฎที่ได้จากโมเดล

จากนั้นทำการทดสอบแบบจำลอง โดยจากชุดข้อมูล 27 โครงการ นำมาใช้ทดสอบ Rule Viewer จากรูปที่ 3.12 Rule Viewer ที่ได้จากโมเดล เพื่อจะนำไปใช้ในการทดสอบแต่ละโมเดล



รูปที่ 3.12 แสดงค่าก่อสร้างต่อพื้นที่โดยใช้ Rule Viewer ที่ได้จากแบบจำลอง 27 โครงการ

3.4.2 การทดสอบแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง (test)

โดยทำการใช้ข้อมูล 10% ของได้แก่ โครงการลำดับที่ 10,22 และ 28 เพื่อทดสอบ(Testing Data) วิเคราะห์เป็นค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ Y ค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ก่อสร้างโดยจากข้อมูล 6 ปัจจัยทั้งหมด 27 โครงการ คณะผมจัดทำได้ดำเนินการคัดเลือกรูปแบบของแบบจำลอง ANFIS ที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่โดยแบ่งเป็น 8 กรณีดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงกรณีที่ใช้ในการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลอง ANFIS

ลำดับ	รายละเอียดปัจจัยนำเข้า
กรณีที่ 1	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 6 ปัจจัยตามข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 2	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า SFA มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 3	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า CFA มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 4	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า FAR มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 5	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า Storey มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 6	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า Land Area มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 7	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า Land Cost มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 8	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 3 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้าในกรณีที่ที่ 2-7 ที่ส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองได้แก่ Storey, Land Area และ Land Cost

จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัจจัยนำเข้าในการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม โดย ANFIS ซึ่งผลที่ได้คิดกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ กรณีที่ 1 ดังตารางที่ 3.3 ซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ ร้อยละ 13.46 คณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้กรณีนี้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อทำนาย ราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมต่อไป

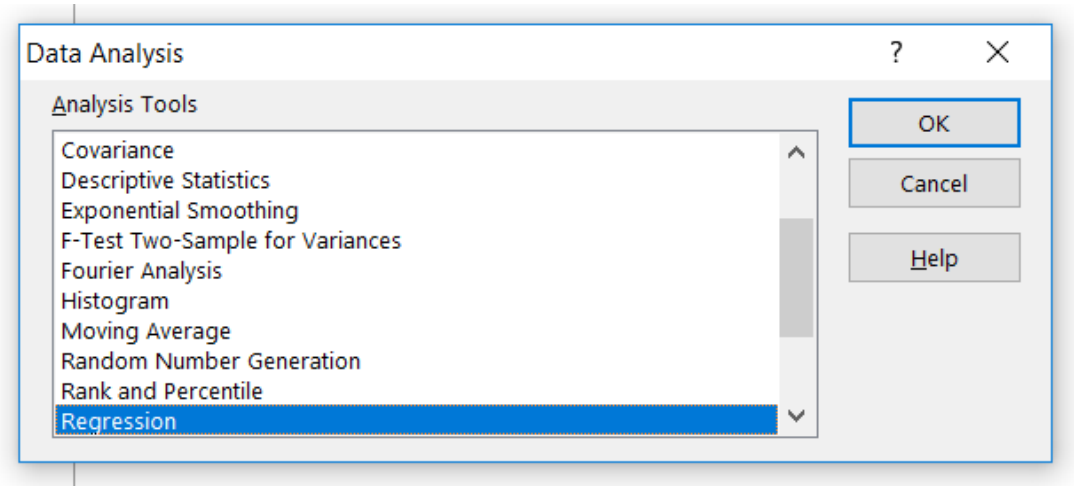
ตารางที่ 3.3 ผลการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดย ANFIS

Data Scenerio	Project10	Project22	Project28	RMSE
Expert Result	15,500.00	16,500.00	25,000.00	
ANFIS(กรณีที่ 1)	12,300.00	14,900.00	26,200.00	13.46
APE(%)	20.65	9.70	4.80	
ANFIS(กรณีที่ 2)	28,100.00	21,800.00	31,000.00	52.33
APE(%)	81.29	32.12	24.00	
ANFIS(กรณีที่ 3)	15,100.00	-5,820.00	22,400.00	78.34
APE(%)	2.58	135.27	10.40	
ANFIS(กรณีที่ 4)	22,300.00	-88,200.00	34,900.00	367.94
APE(%)	43.87	634.55	39.60	
ANFIS(กรณีที่ 5)	11,900.00	1,420.00	28,400.00	55.01
APE(%)	23.23	91.39	13.60	
ANFIS(กรณีที่ 6)	-6,480.00	19,100.00	27,900.00	82.65
APE(%)	141.81	15.76	11.60	
ANFIS(กรณีที่ 7)	17,900.00	11,100.00	28,900.00	22.76
APE(%)	15.48	32.73	15.60	
ANFIS(กรณีที่ 8)	40,500.00	510,000.00	23,200.00	1,729.32
APE(%)	161.29	2,990.91	7.20	

3.5 การพัฒนาแบบจำลองประมาณการค่าก่อสร้าง ด้วย Multi Regression

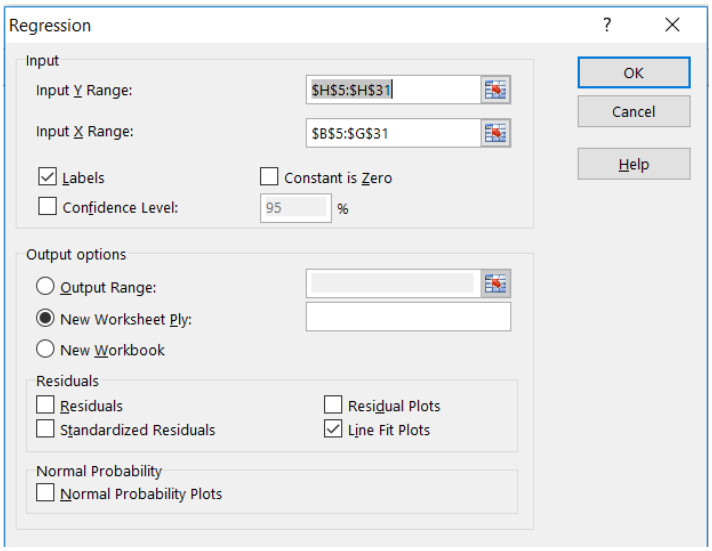
3.5.1 สร้างแบบจำลอง Multi Regression
จากการวิเคราะห์ผล Multi Regression โดยโปรแกรม Excel 2016 ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.1.1 สร้างรูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองค่าก่อสร้าง Multi Regression โดยฟังก์ชัน Data Analysis ในโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นเลือกเครื่องมือ “Regression” ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ฟังก์ชัน Data Analysis ใน Microsoft Excel

3.5.1.2 จะปรากฏหน้าต่าง ในการนำเข้าข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ จากนั้นเลือกตำแหน่งชุดข้อมูลค่า Y ลงในช่อง “Input Y Range” และ เลือกตำแหน่งชุดข้อมูลค่า X ลงในช่อง “Input X Range” พร้อมปรับให้แสดงค่า ข้อมูลที่วิเคราะห์ลงใน New Sheet แล้วกด “OK” ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลในการวิเคราะห์

3.5.1.3 จากนั้นค่าการวิเคราะห์จะปรากฏใน Sheet เป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 2 ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วย R^2 ได้ค่าเท่ากับ 0.806 และ SD ได้เท่ากับ 2,528.928 เพื่อเป็นข้อมูลของผลการวิเคราะห์ชุดข้อมูล ดังรูปที่ 3.18

Regression Statistics	
Multiple R	0.89792214
R Square	0.80626416
Adjusted R Square	0.74814341
Standard Error	2528.9283
Observations	27

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*gnificance F*
Regression	6	5.32E+08	88719517	13.87223	3.34E-06
Residual	20	1.28E+08	6395478		
Total	26	6.6E+08			

รูปที่ 3.18 แสดงค่าผลการทดสอบ Multi regression

ค่า Coeffcients สำหรับการสร้างสมการแบบจำลอง Multi Regression ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่าผลการวิเคราะห์ค่าปัจจัย

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0	-	-	-	-	-	-	-
SFA	-2023.296627	5625.235776	-0.359682102	0.722676661	-13721.61483	9675.021573	-13721.61483	9675.021573
CFA	-1164.209324	5854.931027	-0.198842534	0.844298458	-13340.20495	11011.7863	-13340.20495	11011.7863
FAR	-2987.50595	7092.208042	-0.421237777	0.677861626	-17736.55998	11761.54808	-17736.55998	11761.54808
Storeys	5377.176224	2219.838122	2.422328084	0.024551396	760.7701334	9993.582315	760.7701334	9993.582315
Land Area	5507.765542	3660.233584	1.504757939	0.147279233	-2104.106894	13119.63798	-2104.106894	13119.63798
Land Cost	7272.174796	1797.113307	4.046586694	0.000581265	3534.873082	11009.47651	3534.873082	11009.47651

จะได้สมการในการสร้างแบบจำลอง Multi Regression โดยใช้สมการที่ 3.2 ในการวิเคราะห์ค่าในแต่ละปัจจัย ซึ่งมีค่าดังสมการที่ 3.3 สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k + b_{k-1}x_{k-1} \tag{3.2}$$

$$Y = 16{,}761.130 + (-1{,}287.280)x_1 + (205.475)x_2 + (-2{,}307.41)x_3 + 2{,}812.285x_4 + (-231.519)x_5 + 3{,}725.139x_6 \tag{3.3}$$

จากนั้นทำการใช้ข้อมูล 10% ของโครงการทั้งหมดได้แก่ โครงการลำดับที่ 10,22 และ 28 เพื่อทดสอบ (Testing Data) วิเคราะห์เป็นค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ Y ค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ก่อสร้างโดยจากข้อมูล 6 ปัจจัย ทั้งหมด 27 โครงการ คณะผมจัดทำได้ดำเนินการคัดเลือกรูปแบบของแบบจำลอง Multi Regression ที่ โดยคัดเลือกชุดข้อมูลปัจจัยนำเข้าจากสมการที่ 3.3 Coeffcients ที่เป็นลบออกโดยแบ่งเป็น 4 กรณีดังนี้

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงกรณีที่ใช้ในการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลอง Multi Regression

ลำดับ	รายละเอียดปัจจัยนำเข้า
กรณีที่ 1	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 6 ปัจจัยตามข้อมูลผู้เชี่ยวชาญ ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 2	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า CFA มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 3	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า FAR มาใช้ในการวิเคราะห์
กรณีที่ 4	ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 4 ปัจจัย โดยไม่ใช้ปัจจัยนำเข้า CFA และ FAR มาใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงผลการคัดเลือกปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดย Multi Regression

Data Scenerio	Project10	Project22	Project28	RMSE
Expert Result	15,500.00	16,500.00	25,000.00	
Multi Regression(กรณีที่ 1)	18533.92	20297.39	30735.42	21.90
APE(%)	19.57	23.01	22.94	
Multi Regression(กรณีที่ 2)	19028.60	23717.24	31558.14	32.25
APE(%)	22.77	43.74	26.23	
Multi Regression(กรณีที่ 3)	22467.50	48362.12	36979.56	117.77
APE(%)	44.95	193.10	47.92	
Multi Regression(กรณีที่ 4)	22962.17	51781.97	37802.28	129.95
APE(%)	48.14	213.83	51.21	

จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัจจัยนำเข้าในการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม โดย Multi Regression ซึ่งผลที่ได้คิดกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ กรณีที่ 1 ดังตารางที่ 3.6 ซึ่ง

มีค่า RMSE เท่ากับ ร้อยละ 21.90 คณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้กรณีนี้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อทำนายราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมต่อไป

3.6 สรุปท้ายบท

สรุปผลการวิจัยโดยการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงในขอบเขตการศึกษา และตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างของโครงการคอนโดมิเนียมเพื่อให้ได้ค่าการวิเคราะห์ที่แม่นยำที่สุดตามวัตถุประสงค์งานวิจัยได้กำหนดไว้ ซึ่งจากทั้งหมด 30 โครงการ ค่าการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญแบ่งเป็นข้อมูลสำหรับฝึกสอน 27 โครงการ และทดสอบ 3 โครงการ

ตารางที่ 3.7 ตารางสรุปผลเปรียบเทียบแบบจำลอง

Data Scenerio	Project10	Project22	Project28	RMSE
Expert Result	15,500.00	16,500.00	25,000.00	
ANFIS(กรณีที่ 1)	12,300.00	14,900.00	26,200.00	13.46
APE(%)	20.65	9.70	4.80	
Multi Regression(กรณีที่ 1)	18,533.92	20,297.39	30,735.42	21.90
APE(%)	19.57	23.01	22.94	

จากตารางที่ 3.7 สรุปผลเปรียบเทียบระหว่างความแม่นยำจากค่าการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ Project 10, Project22 และ Project28 ซึ่งจากสมการที่ 2.13 แบบจำลอง ANFIS ได้ค่า RMSE เท่ากับร้อยละ 13.46 และ แบบจำลอง Multi Regression ได้ RMSE เท่ากับ ร้อยละ 21.90 ซึ่งสรุปได้ว่าจากการทดสอบเบื้องต้น แบบจำลอง ANFIS มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง Multi Regression โดยคณะผู้จัดทำจะดำเนินการศึกษาแนวโน้มของราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยใช้แบบจำลองทั้งสองแบบในเนื้อหาของการวิเคราะห์ผลต่อไป

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

แบบจำลองที่ได้จากเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต้นทุนค่าก่อสร้างต่อพื้นที่เพื่อนำไปใช้ในการประเมินต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียม ซึ่งในบทนี้ผู้จัดทำได้นำข้อมูลโครงการ Project 28 ในการจำลองสถานการณ์ในการปรับเปลี่ยนปัจจัยนำเข้า 2 ปัจจัย และในแต่ละปัจจัยได้จำลองสถานการณ์ทั้งหมดจำนวน 3 สถานการณ์สำหรับศึกษาแนวโน้มของราคาค่าก่อสร้างคอนโดมเนียมโดยปรับปัจจัยนำเข้าในส่วนของพื้นที่ขาย(X_1) และราคาค่าที่ดินต่อตารางวา(X_6) เพื่อศึกษาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมเมื่อปรับแก้ตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับแบบจำลอง

ข้อมูลเชิงกายภาพของ Project 28 คอนโดมิเนียมสูง 27 ชั้น ขนาดพื้นที่ขาย 14,815.50 ตารางเมตร, พื้นที่ก่อสร้างขนาด 29,185.06 ตารงเมตร, อัตราส่วนพื้นที่ก่อสร้าง 24,657.00 ตารางเมตร ขนาดแปลงที่ดิน 793 ตารางวา และราคาค่าที่ดิน 977,331.65 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดราคาค่าก่อสร้างไว้ที่ 25,000 บาทต่อตารางเมตรดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลกายภาพของโครงการที่ทำการจำลองสถานการณ์

Scenerio No.	SFA	CFA	FAR	Storeys	LandArea	LandCost	Construction Cost (Baht/GFA)
Project 28	14,815.50	29,185.06	24,657.00	27.00	793.00	977,331.65	25,000.00

4.1 กรณีที่ 1 จำลองสถานการณ์ปรับปัจจัยข้อมูลพื้นที่ขาย

พื้นที่ขายเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาโครงการคอนโดมิเนียมที่แสดงพื้นที่ที่ส่งผลต่อรายรับและผลกำไรของโครงการ โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 30,000, 65,000 และ 85,000 ตารางเมตรซึ่งคณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลนี้มาเป็นปัจจัยนำเข้าสำหรับจำลองสถานการณ์โดยแบบจำลองทั้งสองแบบที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อสังเกตแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการวิเคราะห์กับผลลัพธ์ของราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมในโครงการต่อไปโดยใช้แบบจำลอง ANFIS และ Multiregression

รูปที่4.1 ช่วงขนาดข้อมูลพื้นที่ขายที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์

4.1.1 แบบจำลอง ANFIS เพื่อประมาณค่าก่อสร้างเมื่อปรับพื้นที่ขาย

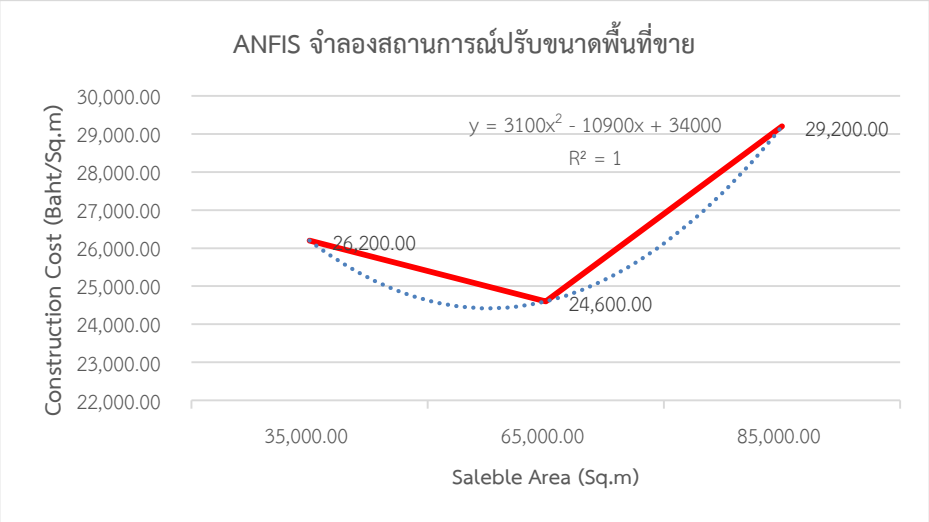
ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างของ Project 28 โดยการปรับค่าพื้นที่ขายซึ่งค่าก่อสร้างจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง ANFIS ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายโดย ANFIS

จำลองสถานการณ์โดยการปรับขนาดพื้นที่ขาย(sq.m)

ขนาดพื้นที่ขาย	35,000.00	65,000.00	85,000.00
ANFIS Model	26,200.00	24,600.00	29,200.00

จากข้อในตารางที่ 4.2 จะแสดงเส้นแนวโน้มดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะแสดงให้เป็นว่าเมื่อปรับขนาดพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 35,000, 65,0000, และ 85,000 ตารางเมตร จะได้ค่าก่อสร้างเท่ากับ 26,200, 24,600 และ 29,200 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ



รูปที่4.2 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับพื้นที่ขาย

4.1.2 แบบจำลอง Multi Regression เพื่อประมาณค่าก่อสร้างเมื่อปรับพื้นที่ขาย

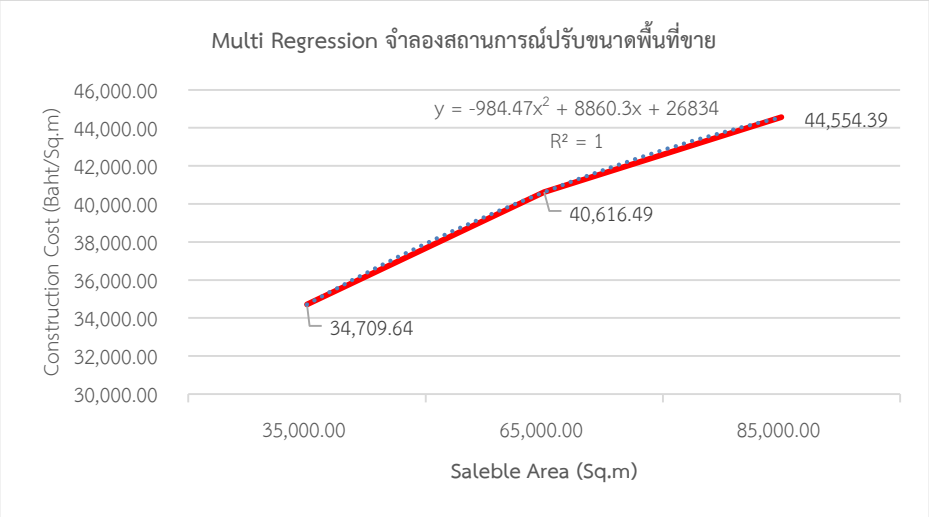
ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างของ Project 28 โดยการปรับค่าพื้นที่ขายซึ่งค่าก่อสร้างจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง Multi Regression ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายโดย Multi Regression

จำลองสถานการณ์โดยการปรับขนาดพื้นที่ขาย(sq.m)

ขนาดพื้นที่ขาย	35,000.00	65,000.00	85,000.00
Multi Regression Model	34,709.64	40,616.49	44,554.39

จากข้อในตารางที่ 4.3 จะแสดงเส้นแนวโน้มดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะแสดงให้เป็นว่าเมื่อปรับขนาดพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 35,000, 65,0000, และ 85,000 ตารางเมตร จะได้ค่าก่อสร้างเท่ากับ 34,709,64, 40,616.49 และ 44,554.39 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ



รูปที่4.3 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง Multi Regression เมื่อปรับพื้นที่ขาย

4.2 กรณีที่ 2 จำลองสถานการณ์ปรับปัจจัยข้อมูลต้นทุนราคาที่ดินต่อตารางวา

ในปัจจุบันทำเลที่ดินส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนการพัฒนาโครงการก่อสร้าง ซึ่งจะแสดงถึงทำเลที่ตั้งของโครงการคอนโดมิเนียมของการก่อสร้าง จะส่งผลต่อการเลือกซื้อของลูกค้าเช่นกัน ผู้จัดทำจึงเลือกปัจจัยนี้มาสร้างสถานการณ์จำลอง โดยแสดงให้เห็นถึงทำเลที่ดิน โดยแบ่งเป็น 3 โซน เช่น ที่ดินบริเวณซอยอ่อนนุชราคา 120,000 บาทต่อตารางวา ที่ดินบริเวณถนนสาทร-ตากสินราคา 350,000 บาทต่อตารางวา และที่ดินบริเวณถนนรัชดา-พระราม 9 ราคา 500,000 บาทต่อตารางวา เพื่อศึกษาแนวโน้มราคาค่าสร้างที่ประมาณการโดยใช้แบบจำลอง ANFIS และ Multi Regression

รูปที่4.4 ช่วงขนาดข้อมูลพื้นที่ก่อสร้างที่นำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์

4.3.1 แบบจำลอง ANFIS เพื่อประมาณค่าก่อสร้างเมื่อปรับพื้นที่ก่อสร้าง

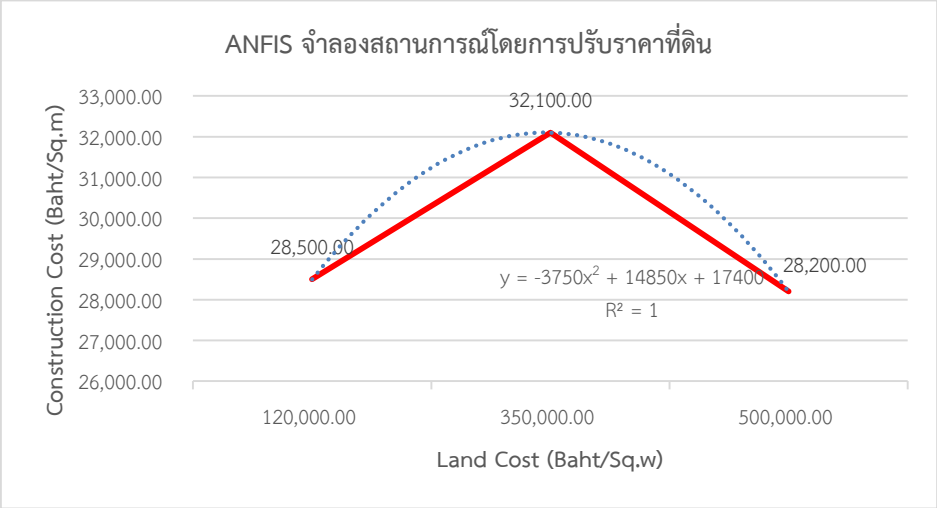
ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างของ Project 28 โดยการปรับค่าราคาที่ดินซึ่งค่าก่อสร้างจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง ANFIS ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับราคาที่ดินโดย ANFIS

จำลองสถานการณ์โดยการปรับราคาที่ดิน(Baht/Sq.W)

ราคาที่ดิน	120,000.00	350,000.00	500,000.00
ANFIS Model	28,500.00	32,100.00	28,200.00

จากข้อในตารางที่ 4.2 จะแสดงเส้นแนวโน้มดังรูปที่ 4.5 ซึ่งจะแสดงให้เป็นว่าเมื่อปรับราคาที่ดินของ Project 28 เป็น 120,000, 350,0000, และ 500,000 บาทต่อตารางวา จะได้ค่าก่อสร้างเท่ากับ 28,500, 32,100 และ 28,554 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ



รูปที่4.5 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับราคาที่ดิน

4.3.2 แบบจำลอง Multi Regression เพื่อประมาณค่าก่อสร้างเมื่อปรับพื้นที่ก่อสร้าง

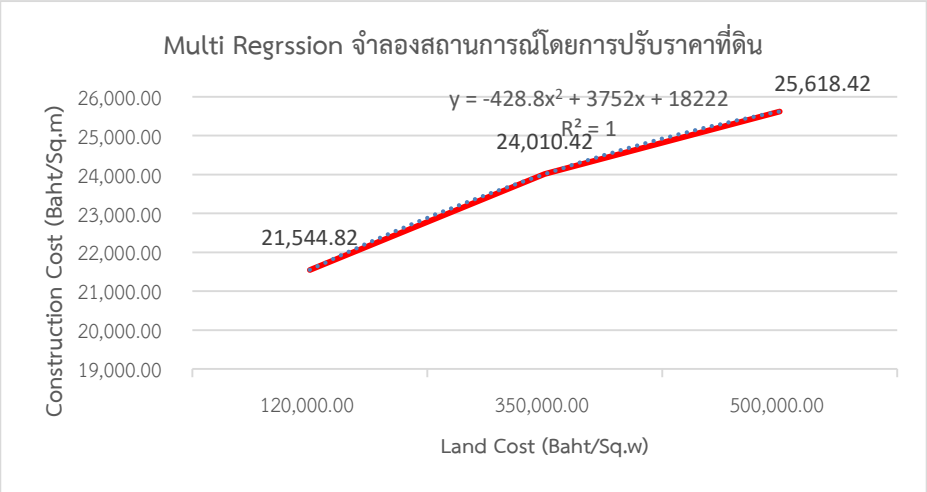
ข้อมูลการวิเคราะห์ค่าก่อสร้างของ Project 28 โดยการปรับค่าพื้นที่ขายซึ่งค่าก่อสร้างจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง Multi Regression ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำลองสถานการณ์ประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยปรับราคาที่ดินโดย Multi Regression

จำลองสถานการณ์โดยการปรับราคาที่ดิน(Baht/Sq.W)

ขนาดแปลงที่ดิน	120,000.00	350,000.00	500,000.00
Multi Regression Model	21,544.82	24,010.42	25,618.42

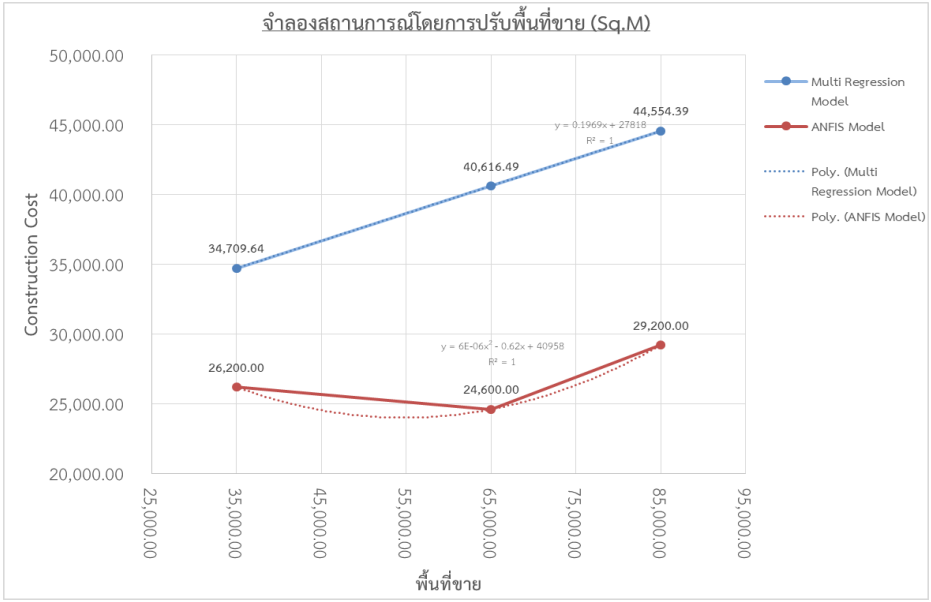
จากข้อในตารางที่ 4.5 จะแสดงเส้นแนวโน้มดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจะแสดงให้เป็นว่าเมื่อปรับราคาที่ดิน Project 28 เป็น 120,000, 350,0000, และ 500,000 บาทตารางวา จะได้ค่าก่อสร้างเท่ากับ 21,544,82, 24,010.42 และ 25,618.42 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ



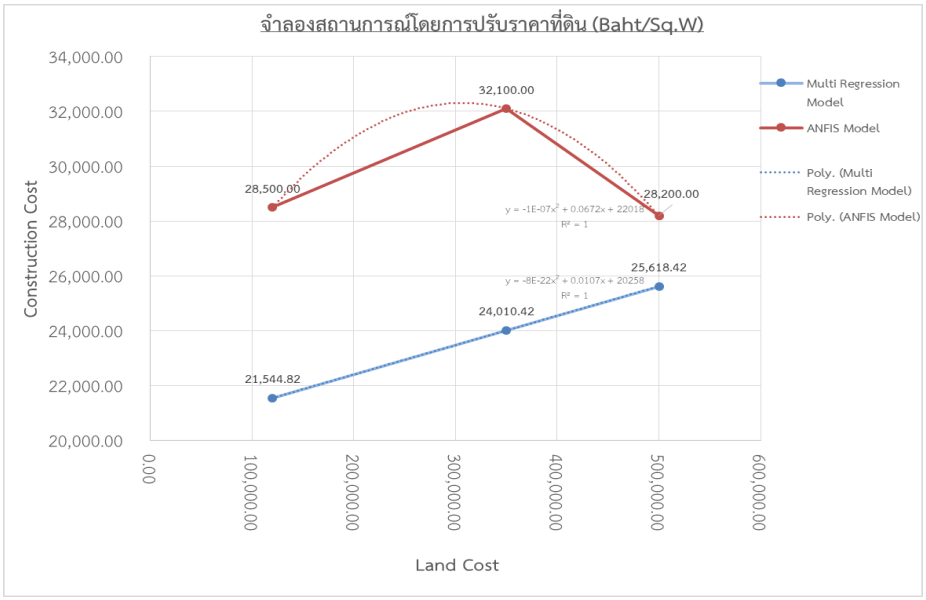
รูปที่4.6 ราคาค่าก่อสร้างโดยจำลอง ANFIS เมื่อปรับราคาที่ดิน

4.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัย

ผลการจำลองสถานการณ์ปรับปัจจัยนำเข้าข้อมูลโครงการ Project 28 โดยใช้ 2 ปัจจัย และในแต่ละปัจจัยได้จำลองสถานการณ์ทั้งหมด จำนวน 3 สถานการณ์สำหรับศึกษาแนวโน้มของราคาค่าก่อสร้างคอนโดมเนียมโดยปรับปัจจัยนำเข้าในส่วนของพื้นที่ขาย (X_1) และราคาค่าที่ดินต่อตารางวา(X_6) เพื่อศึกษาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมเมื่อปรับแก้ตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับแบบจำลอง ซึ่งมีผลแสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงให้เส้นแนวโน้มเมื่อมีการปรับพื้นที่ขายและราคาที่ดินจะส่งผลให้ค่าก่อสร้างสูงขึ้น



รูปที่4.7 แนวโน้มค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยจำลอง ANFIS และ Multi Regression เมื่อปรับขนาดพื้นที่ขาย



รูปที่4.8 แนวโน้มค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยจำลอง ANFIS และ Multi Regression เมื่อปรับราคาที่ดิน

4.5 สรุปท้ายบท

จากการจำลองสถานการณ์จะแสดงให้เห็นว่า ค่าก่อสร้างที่ได้จากแบบจำลองโดย ANFIS มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าค่าก่อสร้างที่ได้จากแบบจำลอง Multi Regression และเมื่อปรับปัจจัยพื้นที่ขายและราคาค่าที่ดินทำให้ราคาค่าก่อสร้างเปลี่ยนแปลงโดยมีเส้นแนวโน้มที่จะส่งผลทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมโดยใช้พัฒนาแบบจำลอง ANFIS และแบบจำลอง Multi Regression โดยใช้ข้อมูลเชิงกายภาพของตัวอย่างโครงการที่ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ ในการวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อศึกษาแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและแม่นยำต่อการนำไปใช้ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่โดยอาศัยการวิเคราะห์จากผล โดยค่ารากที่สองความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการคัดเลือกปัจจัยนำเข้าเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

5.1 สรุปผลการวิจัย

พบว่าแบบจำลองการประเมิณต้นทุนค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมจากข้อมูลโครงการเก่าที่สร้างแล้วเสร็จ จำนวน 30 โครงการ โดยใช้ปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 6 ปัจจัย ซึ่งได้ผลสรุปดังนี้

5.1.1 การพัฒนาแบบจำลองการประมาณราคาค่าก่อสร้างค่ารากที่สองความคลาดเคลื่อน (RMSE) จากกรณีการคัดเลือกปัจจัยนำเข้าที่ดีที่สุดของแบบจำลองทั้ง 2 แบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์ของแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 1 ได้ค่า RMSE เท่ากับ 13.46% และผลการวิเคราะห์ของแบบจำลอง Multi Regression กรณีที่ 1 ได้ค่า RMSE เท่ากับ 21.90% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ANFIS มีความใกล้ค่าก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงจากค่าของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าแบบจำลอง Multi Regression

5.1.2 ค่าก่อสร้างที่วิเคราะห์โดยแบบจำลอง ANFIS มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าแต่ยังไม่เหมาะสมนำไปใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมจริง เนื่องจากมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์เนื่องจากฟังก์ชันจะวิเคราะห์เฉพาะตามขอบเขตชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนแบบจำลอง

5.1.3 แบบจำลอง Multi Regression มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ เนื่องจากฟังก์ชันเส้นตรงไม่สามารถประมวลผลรายละเอียดข้อมูลที่กระจายตัวได้อย่างแม่นยำเท่าที่ควร

5.1.4 ขนาดพื้นที่ขายและ ราคาที่ดินที่ปรับเปลี่ยนไปตามทำเลก่อสร้างคอนมิเนียมมีผลโดยตรงต่อต้นทุนค่าสร้าง เมื่อปัจจัยนำเข้าทั้งสองปรับสูงขึ้นส่งผลให้ค่าก่อสร้างสูงขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองต้นทุนค่าก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียมเพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองเนื่องจากข้อมูลค่อนข้างมากทำให้การประมวลผลเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

5.2.2 สามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้ศึกษาการประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากการประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียม เช่น การประมาณราคาขายอาคารคอนโดมิเนียม ทำนายปริมาณเหล็กโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1]ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง (2553) “การประมาณราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัยรวมโดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย”, บทความวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 15 ฉบับที่ 2, หน้า 3 – 4

[2]ประจักษ์ หล้าจางวาง (2554) การประมาณราคาต่อหน่วยพื้นที่แบบรวดเร็วโดยใช้ ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างประกอบ วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 16

[3]ไพจิตร ผาวัน (2557) การประเมินเวลาสารองของกิจกรรมก่อสร้างที่เกิดจากความเสี่ยงโดยใช้วิธีนิวโร-ฟัซซี่ และฟัซซี่เซท วิทยานิพนธ์ ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 22 - 28

[4]สุวรรณี ธูปจีน และมณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ, 2560, “การตัดเกรดแบบวิธีการฟัซซีเซต สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจพ ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม – มิถุนายน 2560, หน้า 2 - 3

[5]ดวงดาว วัฒนากลาง, 2553, ปัจจัยที่มีผลต่อการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการเดินทางและขนส่ง กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 23 – 29, สมการที่ 3.1, สมการที่ 3.6

[6]ชาญชัย วราธนสิน, 2544, การประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารสูงโดยใช้ทฤษฎีเครือข่ายประสาทเทียม วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 19 – 21

[7]ปรารภ ผดุงไทย, 2544, แบบจำลองการประมาณราคาอาคารสำหรับการตั้งงบประมาณ วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 41 - 42

[8]ณัฐชาต คำศิริตระกูล, 2546, การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 66

[9]เจษฎา สารสินพิทักษ์, 2543, การศึกษาแนวทางการประมาณเนื้องานก่อสร้างอาคารด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาค ผนวก

ภาค ผนวก ก

ราคาประเมินค่าก่อสร้างต่อพื้นที่ และ ข้อมูลวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 2.1 ก ราคาประเมินค่าก่อสร้างต่อพื้นที่

ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2562

กำหนดโดยมูลนิธิประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (องค์กรสาธารณประโยชน์)

เลขที่	รายการประเภททรัพย์สินที่กำหนดราคามาตรฐาน (ตัวเลขเป็นราคา บาท/ตารางเมตร)	ราคาที่ใช้ในปี 2559 ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างเดือน ธค. ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ราคาที่ใช้ในปี 2560 ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างเดือน ธค. ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ราคาที่ใช้ในปี 2561 ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างเดือน ธค. ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ราคาที่ใช้ในปี 2562 ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างเดือน มีค. ต่ำ	ปานกลาง	สูง	อายุอาคาร (ปี)	ค่าเสื่อม /ปี	หมายเหตุ
1	บ้านเดี่ยวไม้ชั้นเดียว	9,900	11,400	12,800	10,200	11,800	13,300	10,100	11,700	13,200	10,100	11,700	13,200	20	5%	ก
2	บ้านเดี่ยวไม้ 2 ชั้น	8,500	10,800	12,400	8,800	11,200	12,900	8,700	11,100	12,800	8,700	11,100	12,800	20	5%	ก
3	บ้านเดี่ยวไม้ ใต้ถุนสูง (ประเมินเฉพาะชั้นบน)	12,400	13,000	14,500	12,900	13,500	15,100	12,800	13,300	14,900	12,800	13,300	15,000	20	5%	ก
4	บ้านครึ่งตึกครึ่งไม้	8,200	10,000	11,300	8,600	10,300	11,700	8,500	10,200	11,600	8,500	10,200	11,600	25	4%	ก
5	บ้านเดี่ยวตึกชั้นเดียว	11,000	12,500	14,400	11,400	13,000	15,000	11,300	12,900	14,800	11,300	12,900	14,900	50	2%	ข
6	บ้านเดี่ยวตึก 2-3 ชั้น	10,100	11,700	14,400	10,400	12,200	15,000	10,300	12,100	14,800	10,300	12,100	14,900	50	2%	ข
7	บ้านแฝดชั้นเดียว	9,300	11,000	12,500	9,600	11,400	13,000	9,500	11,300	12,900	9,500	11,300	12,900	50	2%	ข
8	บ้านแฝด 2-3 ชั้น	8,400	9,800	11,000	8,700	10,100	11,400	8,600	10,000	11,300	8,600	10,000	11,300	50	2%	ข
9	ทาวน์เฮาส์ชั้นเดียว	7,500	9,000	9,900	7,900	9,300	10,200	7,800	9,200	10,100	7,800	9,200	10,100	50	2%	ข
10	ทาวน์เฮาส์ 2-3 ชั้น กว้าง 4 เมตร	7,500	8,800	10,500	7,900	9,100	10,900	7,800	9,000	10,800	7,800	9,000	10,800	50	2%	ข
11	ทาวน์เฮาส์ 2-3 ชั้น กว้าง 5-6 ม. ไม่มีเสากลาง	8,900	10,500	12,000	9,200	10,900	12,500	9,100	10,800	12,400	9,100	10,800	12,400	50	2%	ข
12	ทาวน์เฮาส์ 2-3 ชั้น กว้าง 5-6 ม. มีเสากลาง	7,800	9,100	11,000	8,200	9,400	11,400	8,100	9,300	11,300	8,100	9,300	11,300	50	2%	ข
13	ห้องแถวไม้ 1-2 ชั้น	5,700	7,100	-	5,900	7,400	-	5,700	7,300	-	5,700	7,300	-	20	5%	ก
14	อาคารพาณิชย์ชั้นเดียว	5,800	6,400	7,500	6,000	6,700	7,900	5,800	6,600	7,800	5,800	6,600	7,800	50	2%	ข
15	อาคารพาณิชย์ 2-3 ชั้น	6,500	7,700	8,900	6,800	8,100	9,200	6,700	8,000	9,100	6,700	8,000	9,100	50	2%	ข
16	อาคารพาณิชย์ 4-5 ชั้น	6,300	7,500	8,400	6,600	7,900	8,700	6,500	7,800	8,600	6,500	7,800	8,600	50	2%	ข
17	อาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น	10,300	12,800	14,700	10,700	13,300	15,300	10,600	13,200	15,100	10,600	13,200	15,200	50	2%	ข
18	อาคารพักอาศัย 6-15 ชั้น*	12,400	16,900	20,300	12,900	17,500	21,100	12,800	17,200	20,900	12,800	17,300	21,000	50	2%	ข
19	อาคารพักอาศัย 16-25 ชั้น	16,800	21,000	26,800	17,400	21,800	27,800	17,100	21,600	27,400	17,200	21,700	27,500	50	2%	ข
20	อาคารพักอาศัย 26-35 ชั้น	18,500	23,600	30,100	19,200	24,600	31,200	19,000	24,300	30,800	19,100	24,400	30,900	50	2%	ข
21	อาคารธุรกิจสูง <23 เมตร	-	17,000	20,600	-	17,600	21,400	-	17,300	21,200	-	17,400	21,300	50	2%	ข
22	อาคารธุรกิจสูง >23 เมตรแต่ไม่เกิน 20 ชั้น	-	19,400	24,600	-	20,100	25,600	-	19,900	25,300	-	20,000	25,400	50	2%	ข
23	อาคารธุรกิจ 21-35 ชั้น	-	25,200	33,700	-	26,100	34,900	-	25,800	34,500	-	25,900	34,600	50	2%	ข
24	อาคารสรรพสินค้าที่สูงไม่เกิน 3 ชั้น	-	16,300	18,900	-	16,900	19,600	-	16,600	19,400	-	16,700	19,500	50	2%	ข
25	ศูนย์การค้าสูง 4 ชั้นขึ้นไป	-	22,400	27,400	-	23,300	28,500	-	23,000	28,100	-	23,100	28,200	50	2%	ข
26	อาคารจอดรถ ส่วนบนดิน	9,700	10,400	-	10,000	10,800	-	9,900	10,700	-	9,900	10,700	-	50	2%	ข
27	อาคารจอดรถ ส่วนใต้ดิน (1-2 ชั้น)	-	17,400	-	-	18,000	-	-	17,700	-	-	17,800	-	50	2%	ข
28	อาคารจอดรถ ส่วนใต้ดิน (3-4 ชั้น)	-	27,800	-	-	28,900	-	-	28,500	-	-	28,600	-	50	2%	ข
29	โกดัง-โรงงาน ทั่วไป	6,000	7,500	-	6,200	7,900	-	6,100	7,800	-	6,100	7,800	-	30	3%	ข
30	สนามเทนนิส: 1 สนาม		1,706,000			1,771,100			1,751,000			1,751,000		ไม่กำหนดไว้		
31	สนามเทนนิส: 3 สนามติดกัน		1,415,000			1,469,100			1,452,000			1,452,000		ไม่กำหนดไว้		
32	ถนนคอนกรีต (หมู่บ้าน โครงการจัดสรร)		800			800			800			800		ไม่กำหนดไว้		
33	ถนนลาดยาง		400			400			400			400		ไม่กำหนดไว้		
34	ลานคอนกรีต		500			500			500			500		ไม่กำหนดไว้		
35	รั้วอิฐบล็อค (แบบไม่มีกำแพงกันดิน)		1,200			1,200			1,200			1,200		30	3%	ข
36	โรงเลี้ยงสัตว์ (ไก่ สุกร ระบบปิด)		2,500			2,500			2,500			2,500		30	3%	ข
37	ส่วนโล่งหลังคาคลุม (ที่จอดรถ)		1,500			1,500			1,500			1,500		30	3%	ข

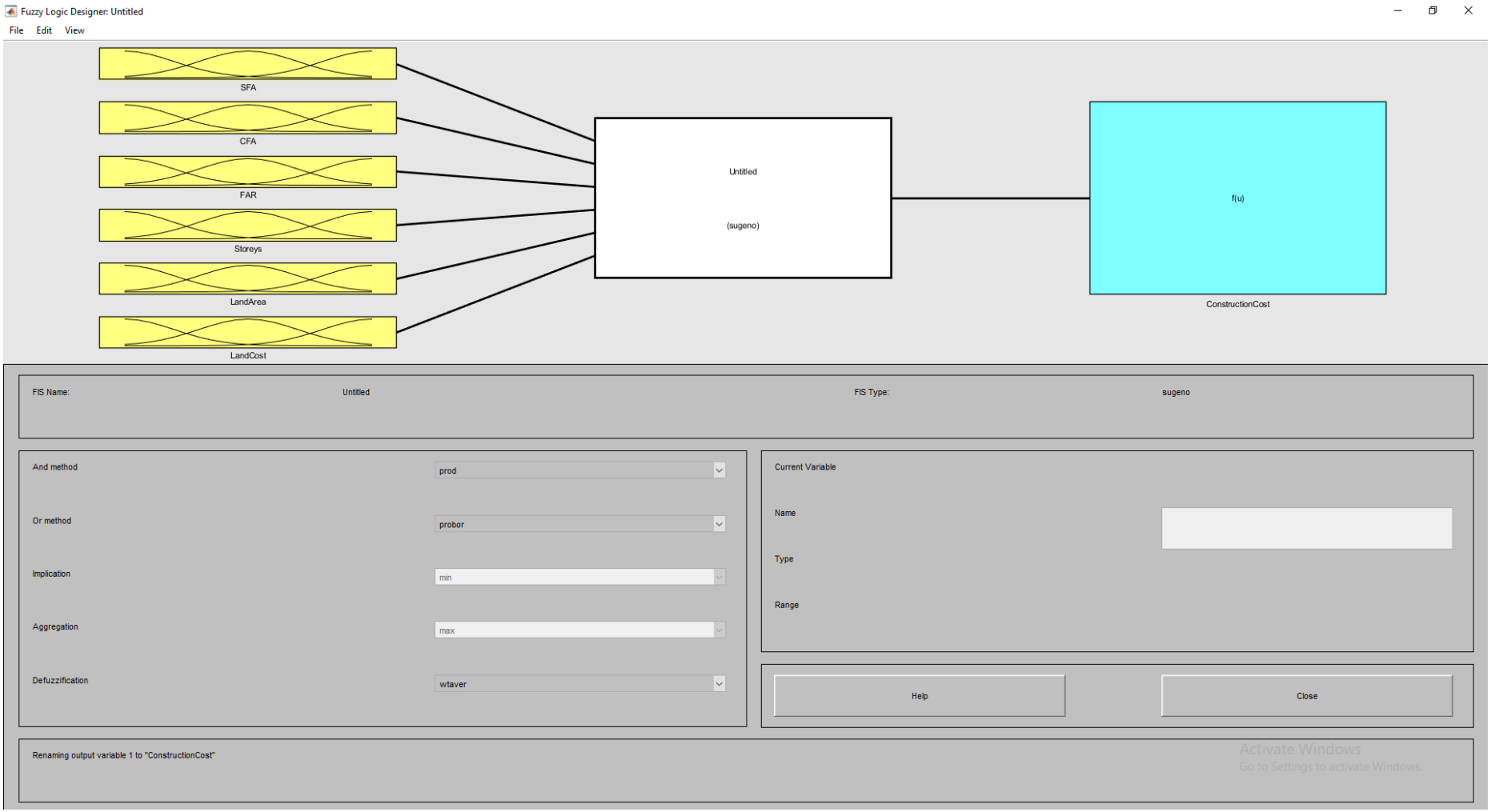
ตารางที่ 3.1 ก ข้อมูลวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียมจากผู้เชี่ยวชาญ

Scenerio No.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	Remark
	SFA	CFA	FAR	Storeys	LandArea	LandCost	Construction Cost (Baht/GFA)	
Project 1	16992.00	32800.00	28573.00	25.00	1316.00	19392.10	18,300.00	
Project 2	16191.00	33495.00	27747.00	25.00	1180.00	26016.95	19,800.00	
Project 3	11896.50	23256.37	18416.50	8.00	1422.09	87969.12	15,000.00	
Project 4	34168.00	71056.03	59385.00	26.00	2296.50	216376.16	19,000.00	
Project 5	37398.00	74845.41	63535.00	30.00	2120.40	311321.08	19,600.00	
Project 6	42289.00	83150.77	72054.50	25.00	3791.70	100000.00	18,800.00	
Project 7	51656.00	97308.04	82968.00	31.00	2589.50	122891.68	19,400.00	
Project 8	35968.00	65933.07	57072.00	33.00	1913.60	199671.69	23,000.00	
Project 9	7343.00	13007.86	10317.00	8.00	954.00	116947.56	16,500.00	
Project 10	10192.00	17547.94	15533.00	8.00	1694.70	56308.43	14,200.00	Test Data
Project 11	17179.50	34783.17	29647.00	21.00	1415.40	55182.45	23,000.00	
Project 12	4862.00	9444.03	7604.50	8.00	507.70	169776.16	18,000.00	
Project 13	18972.00	34030.52	27333.00	8.00	2464.00	132700.00	20,900.00	
Project 14	56930.00	110729.27	93039.00	35.00	2685.00	564687.56	22,800.00	
Project 15	23605.00	56160.38	46751.00	23.00	1986.90	384162.33	20,600.00	
Project 16	28639.50	45571.52	40345.00	31.00	1499.00	198107.05	23,700.00	Training Data
Project 17	47277.00	88844.04	82081.00	43.00	1847.10	1113156.03	24,000.00	
Project 18	59086.50	107715.77	107715.77	46.00	2871.40	588133.50	25,200.00	
Project 19	77363.00	150308.15	133188.00	45.00	3511.40	640116.03	23,600.00	
Project 20	42328.20	79478.47	70059.05	44.00	2245.48	610855.43	25,400.00	
Project 22	66508.50	121314.47	110822.67	40.00	3305.70	356354.18	15,500.00	Test Data
Project 21	44185.50	86698.21	76862.21	41.00	2010.00	647952.50	25,000.00	
Project 23	15061.40	28007.62	25480.00	24.00	1067.20	465000.00	26,700.00	
Project 24	17076.00	34496.16	29449.00	28.00	1079.10	642720.79	30,100.00	
Project 25	22068.00	45082.57	38614.00	38.00	1262.00	697420.49	33,000.00	Training Data
Project 26	11196.00	25190.08	21629.50	37.00	696.00	449754.31	26,000.00	
Project 27	10125.00	23604.20	19954.00	29.00	628.00	507376.97	27,000.00	
Project 28	14815.50	29185.06	24657.00	27.00	793.00	977331.65	25,000.00	
Project 29	14263.50	29033.27	25710.00	32.00	811.00	900000.00	32,100.00	Training Data
Project 30	16792.50	34388.00	29908.00	33.00	884.00	1067529.69	35,000.00	

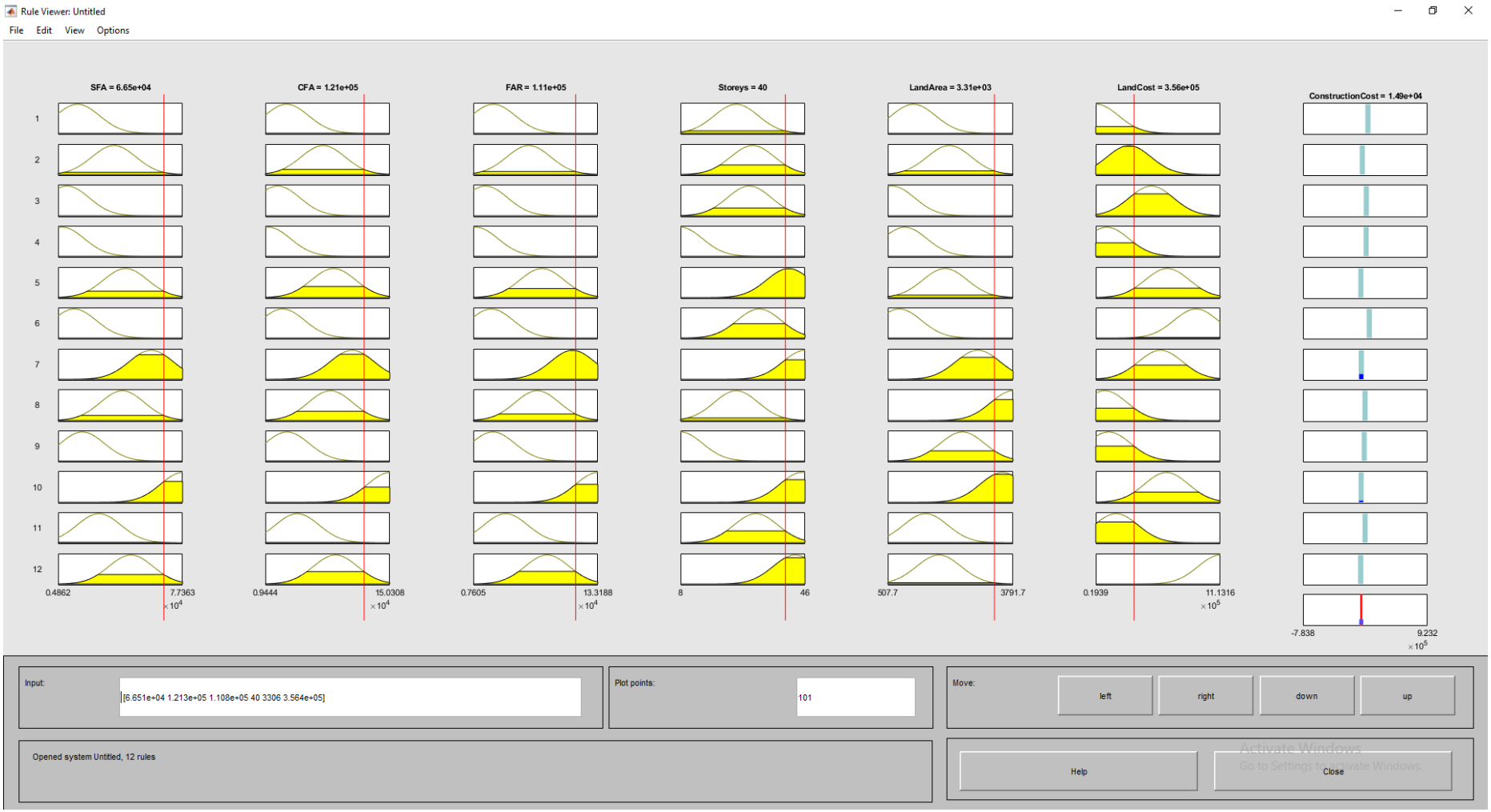
ภาค ผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ ANFIS ในกรณีต่างๆทั้งหมด

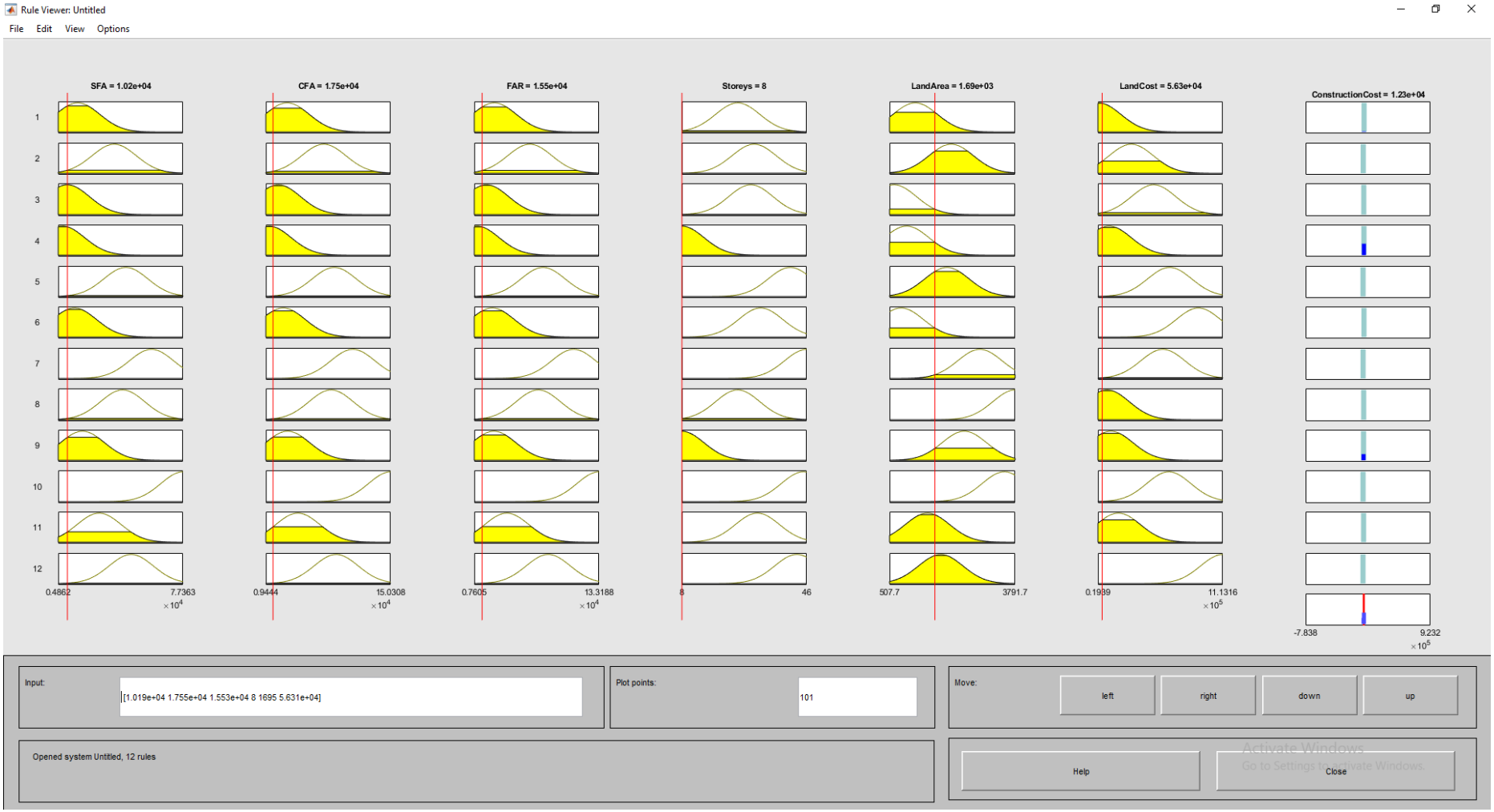
ข-1 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 1



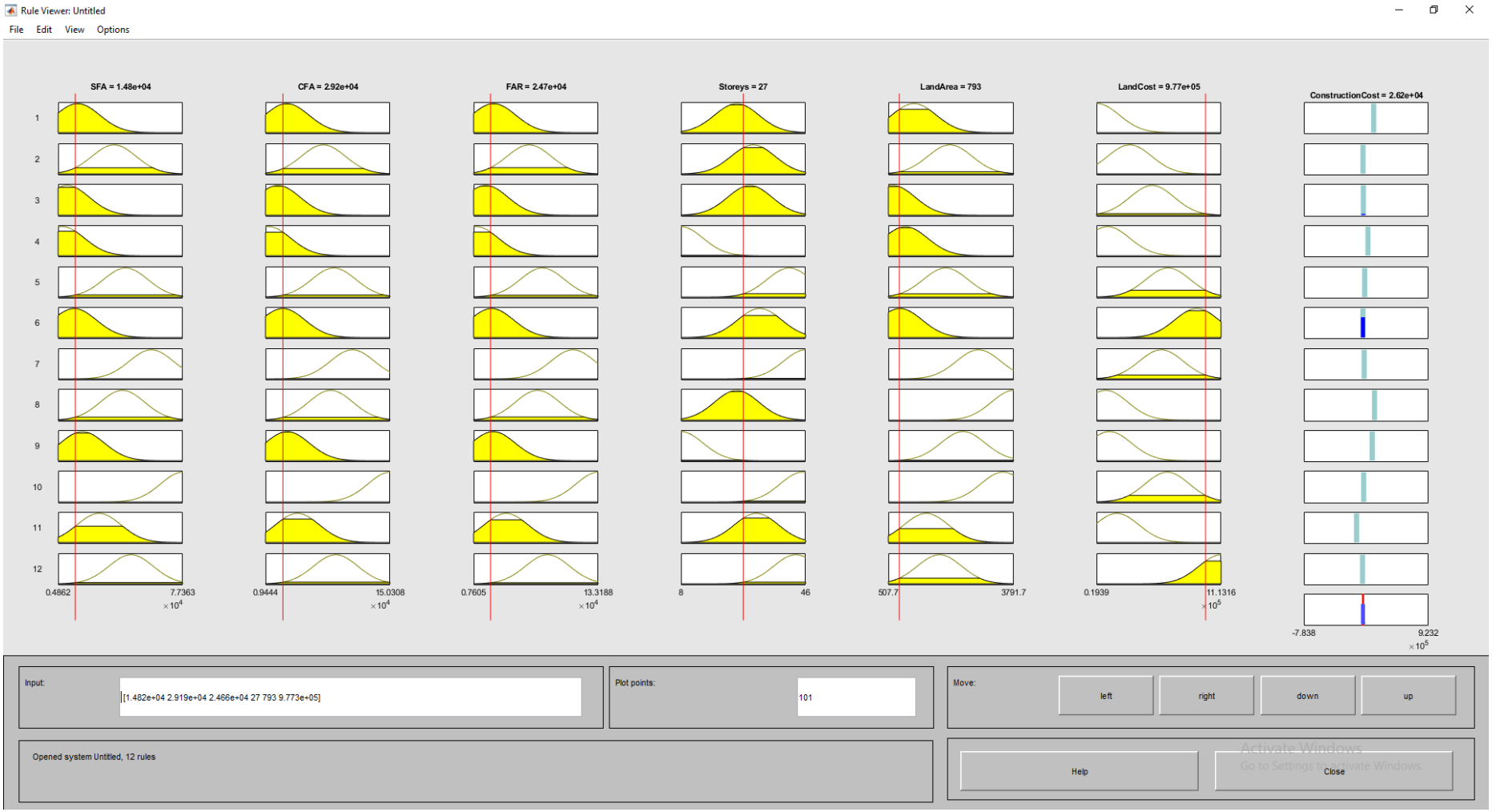
ข-2 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 1



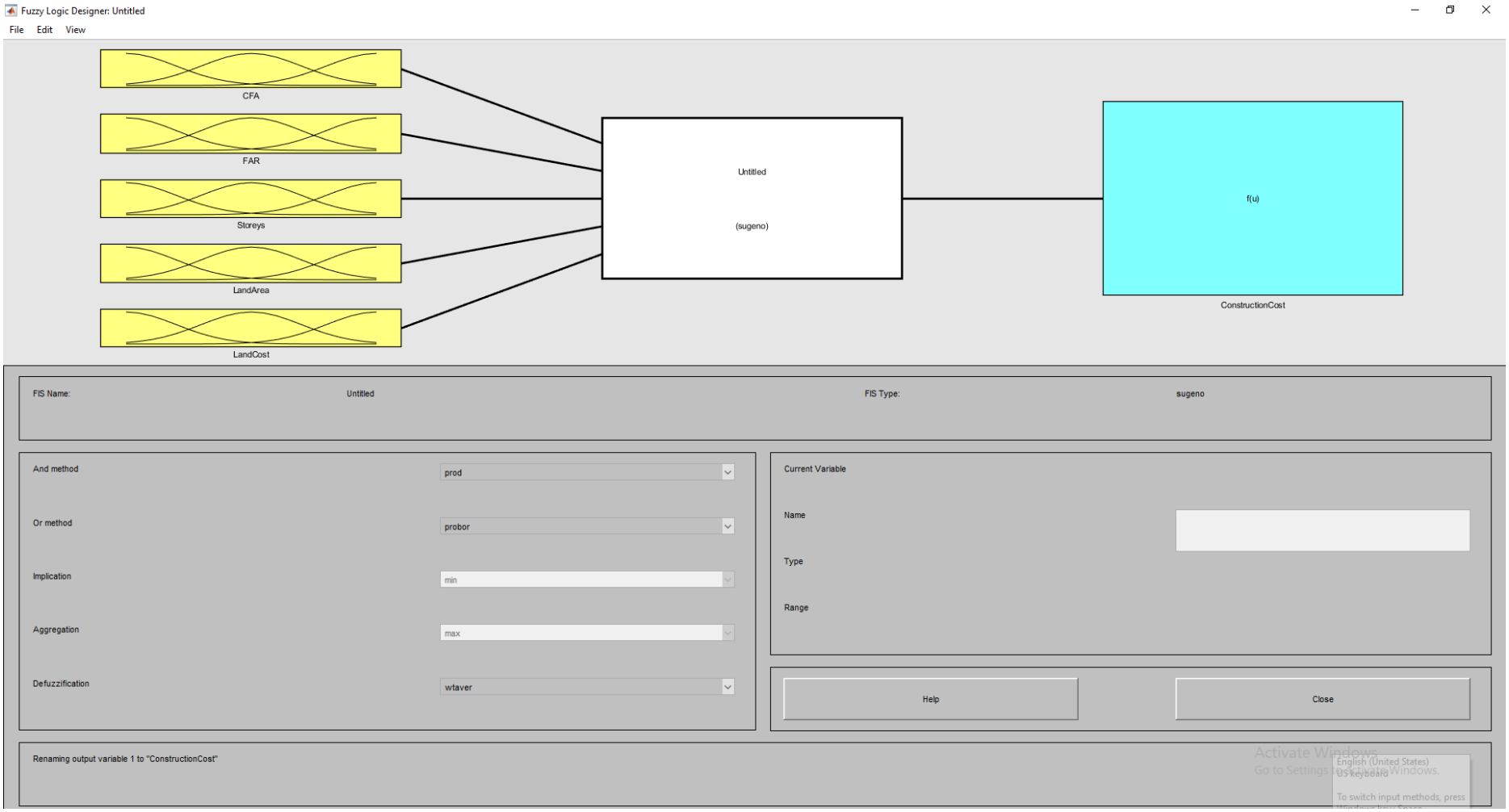
ข-3 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 1



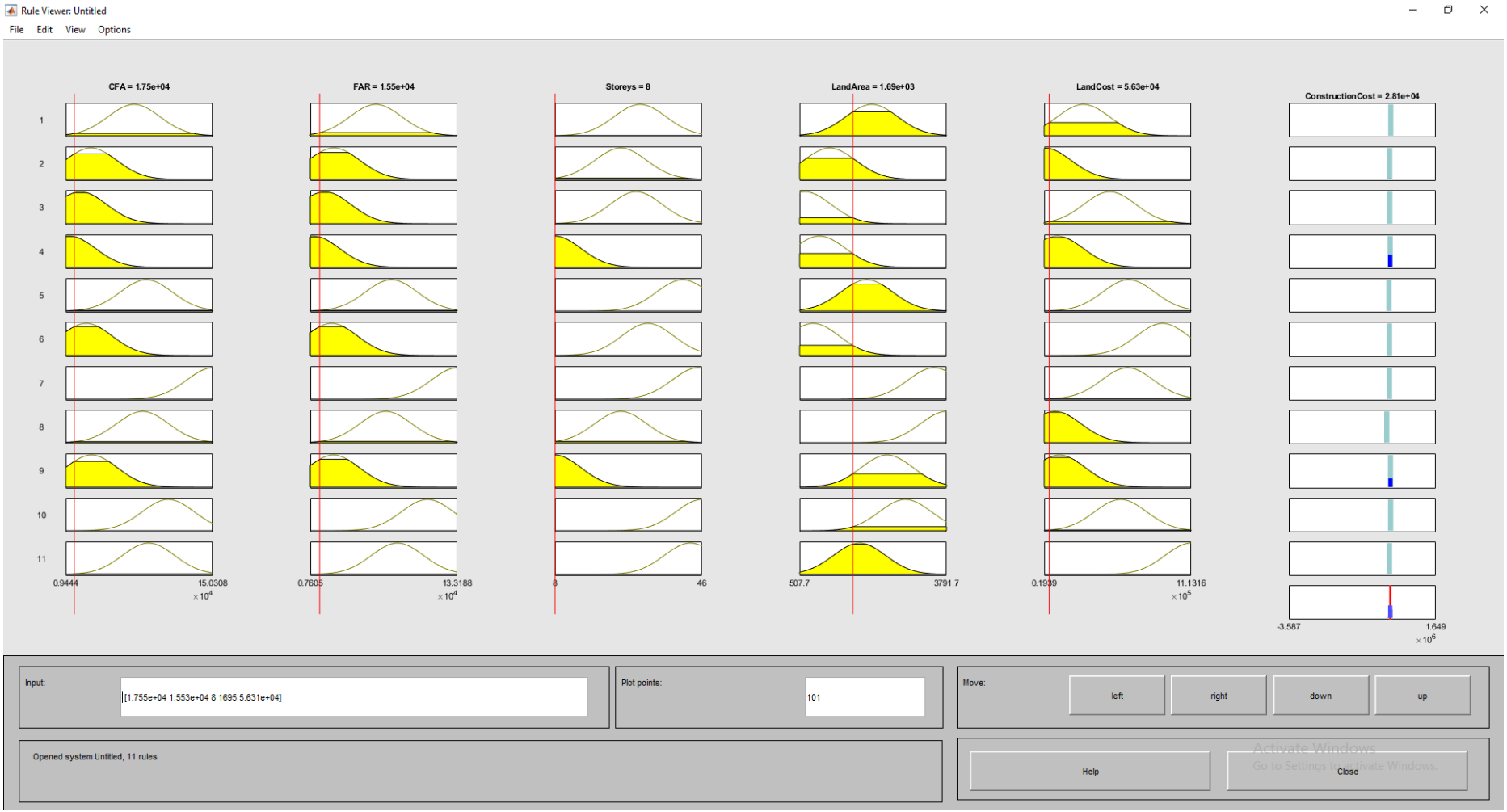
ข-4 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 1



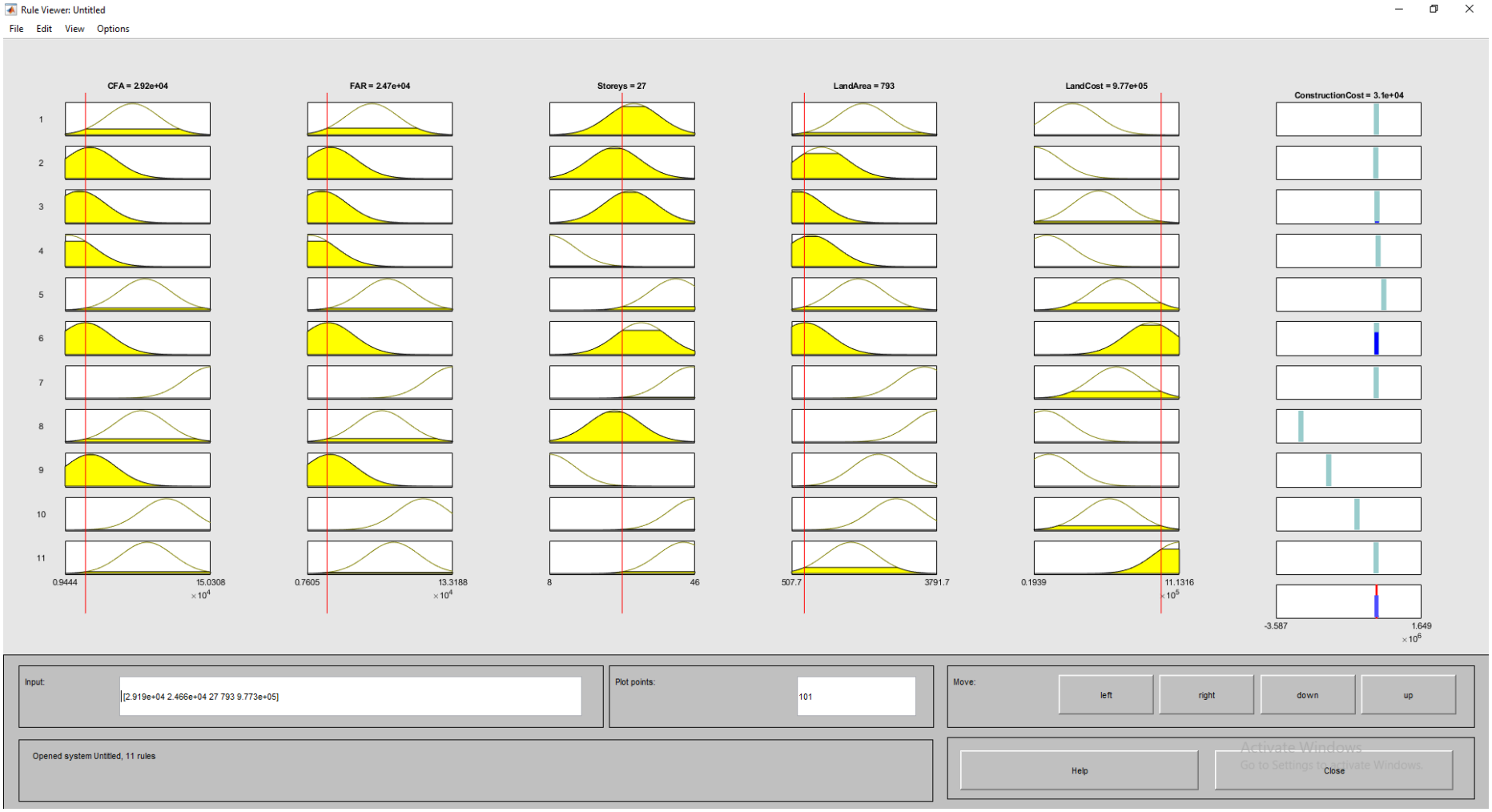
ข-5 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 2



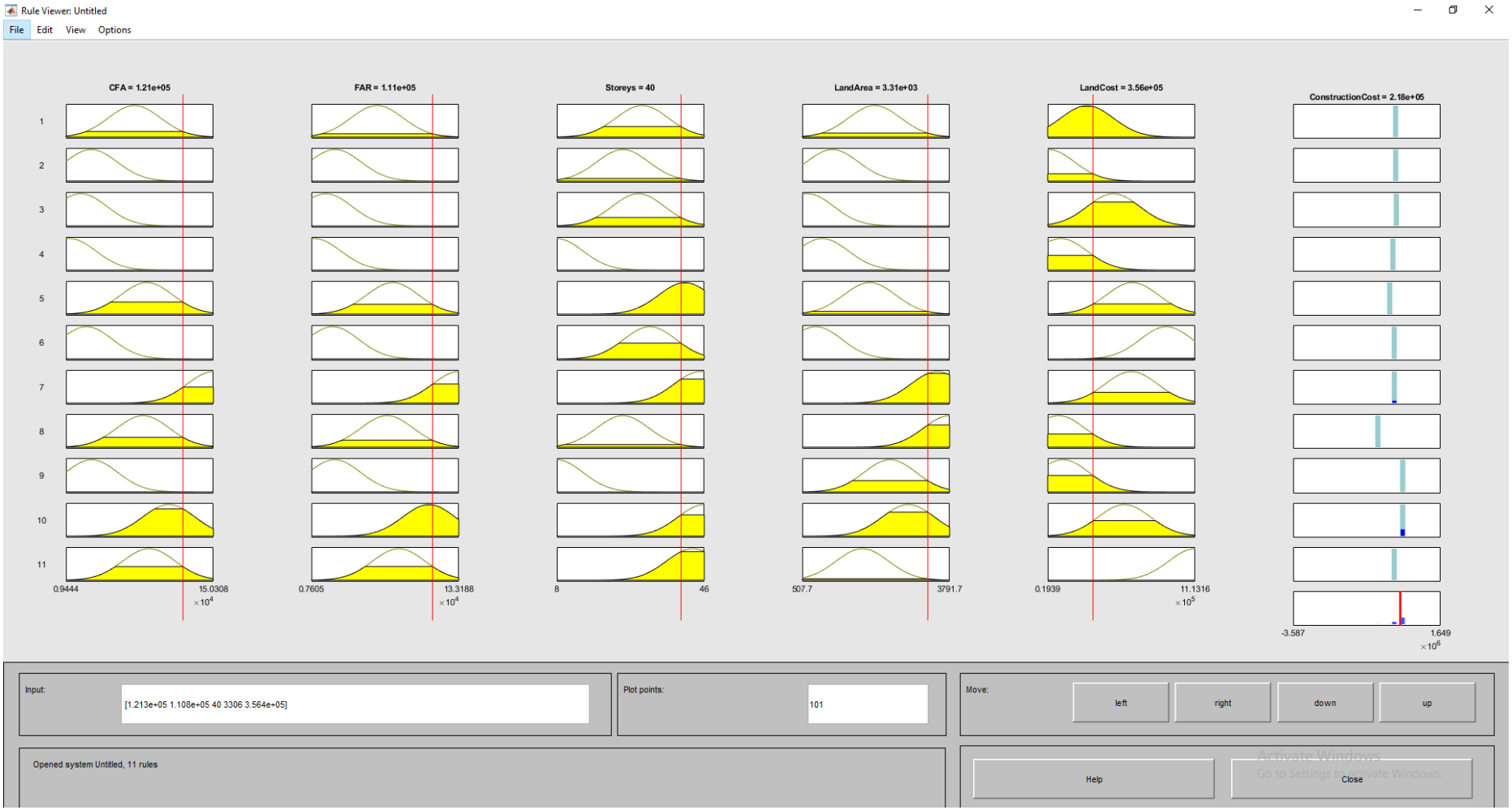
ข-6 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 2



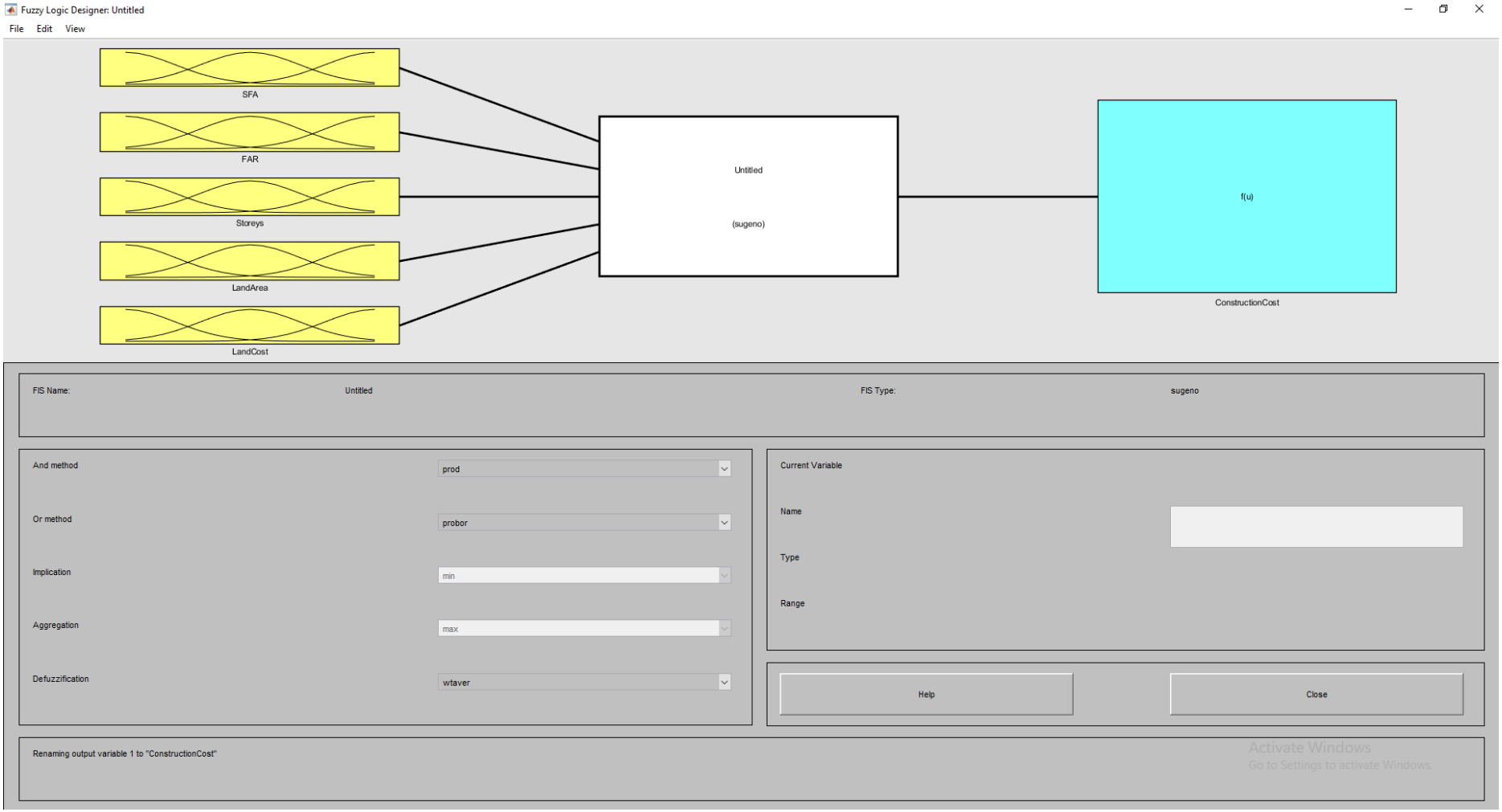
ข-7 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 2



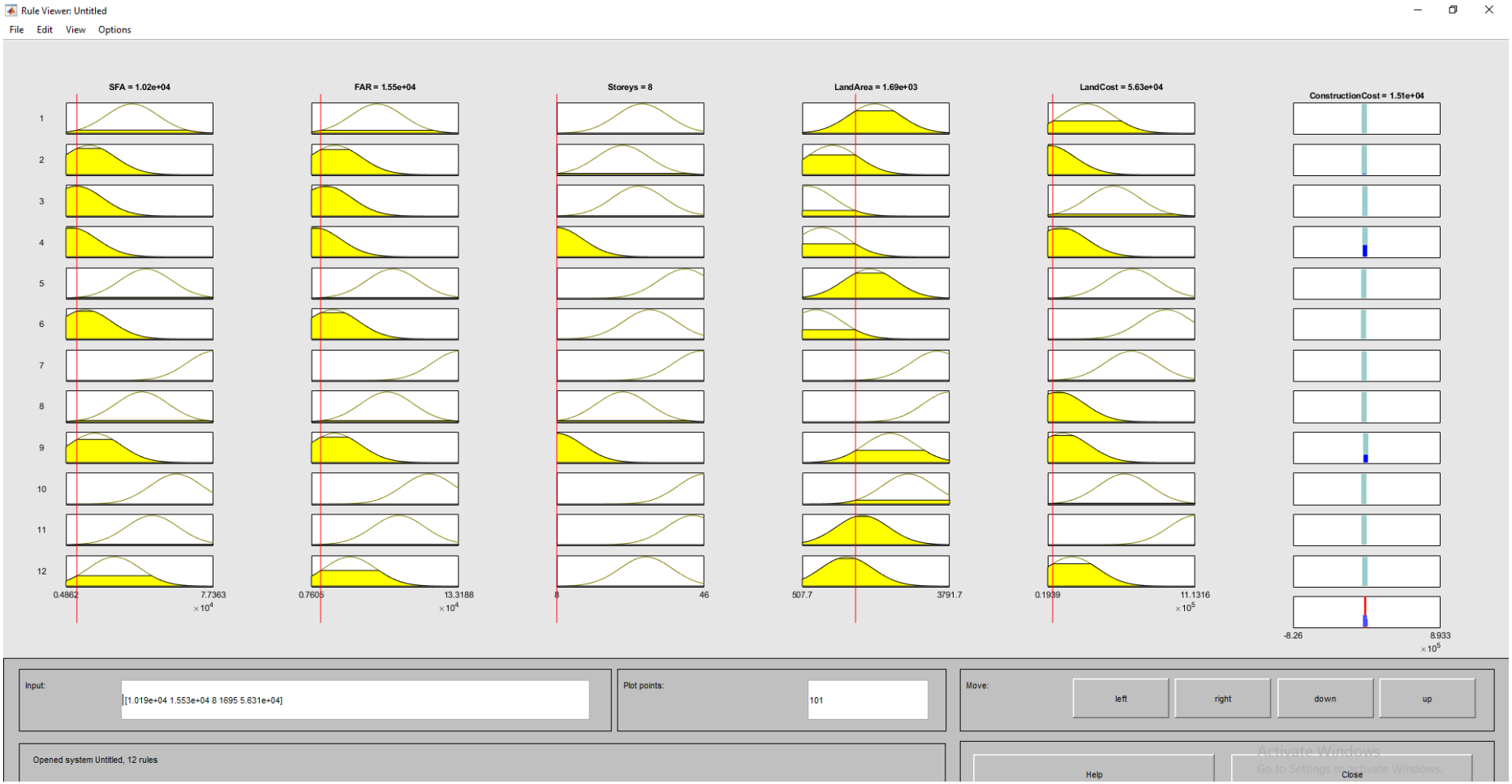
ข-8 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 2



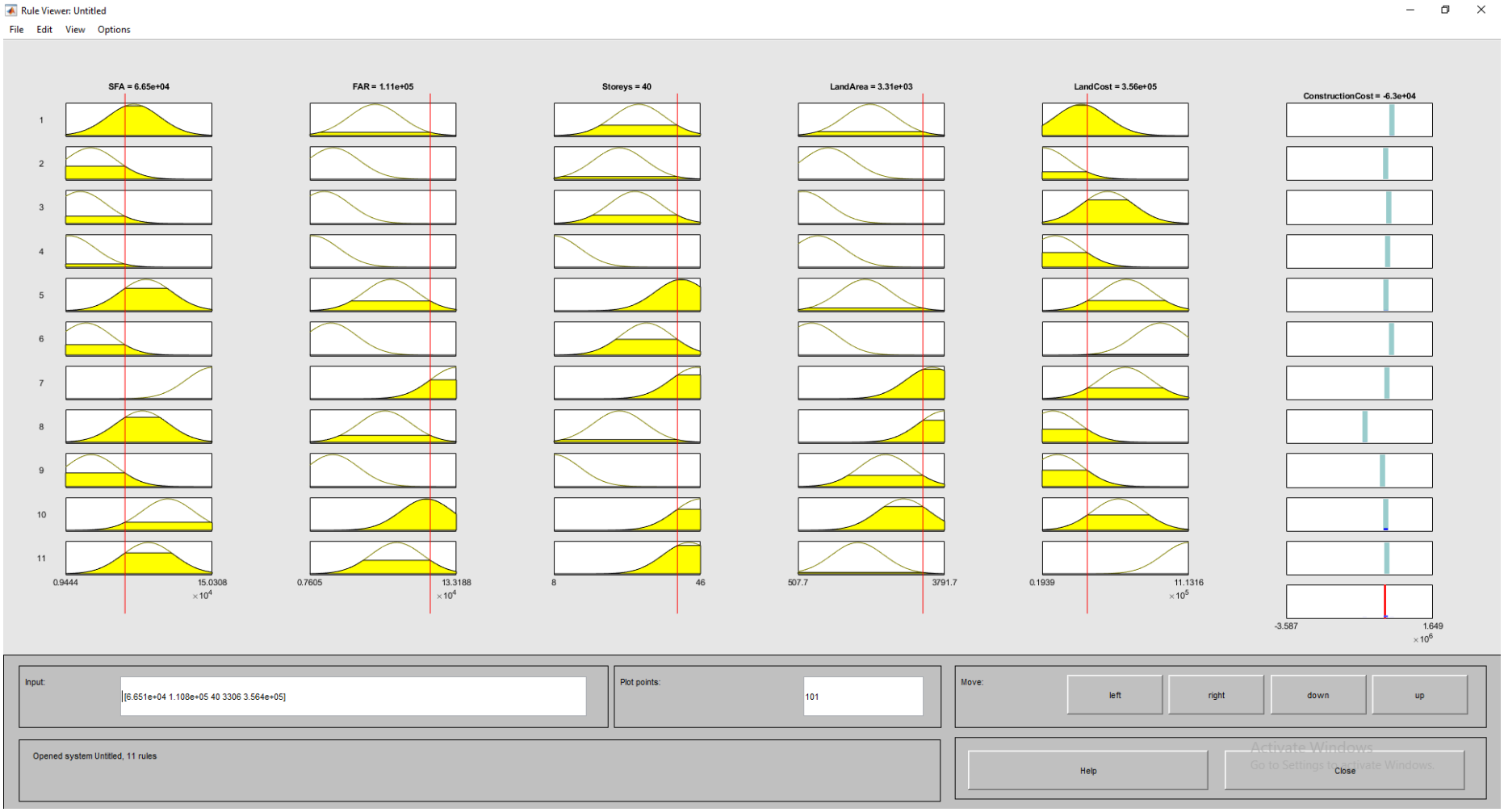
ข-9 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 3



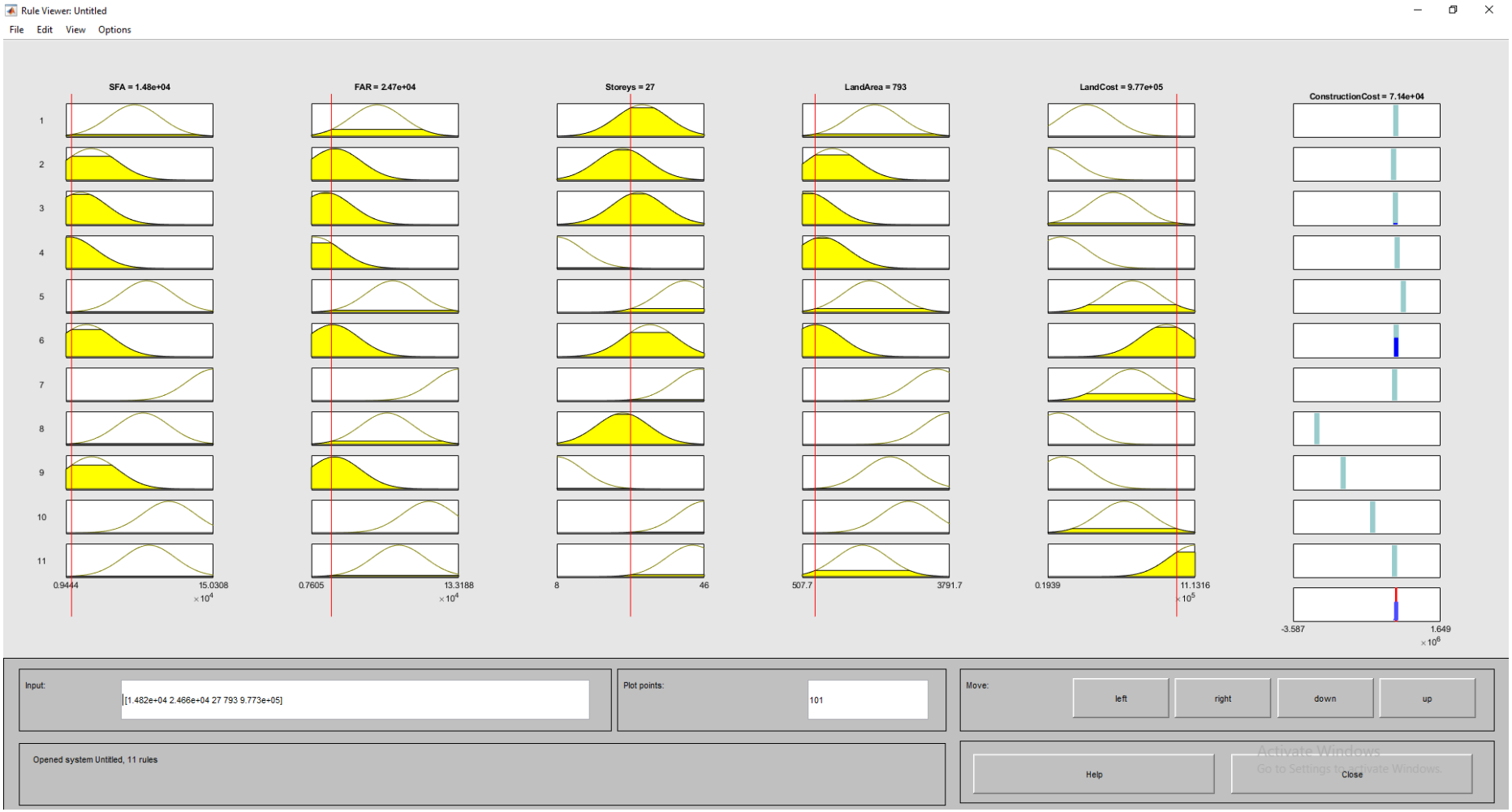
ข-10 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 3



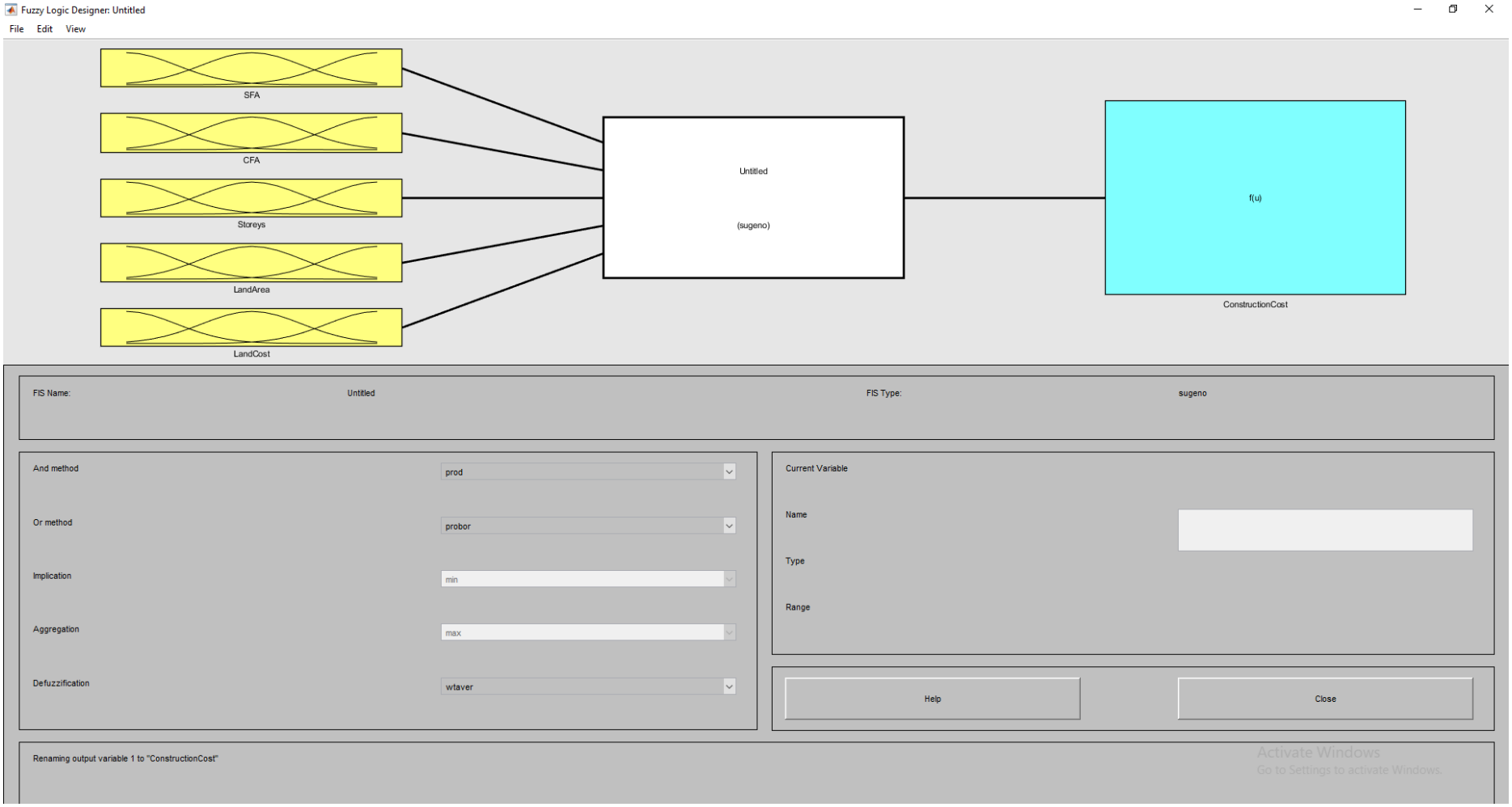
ข-11 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 3



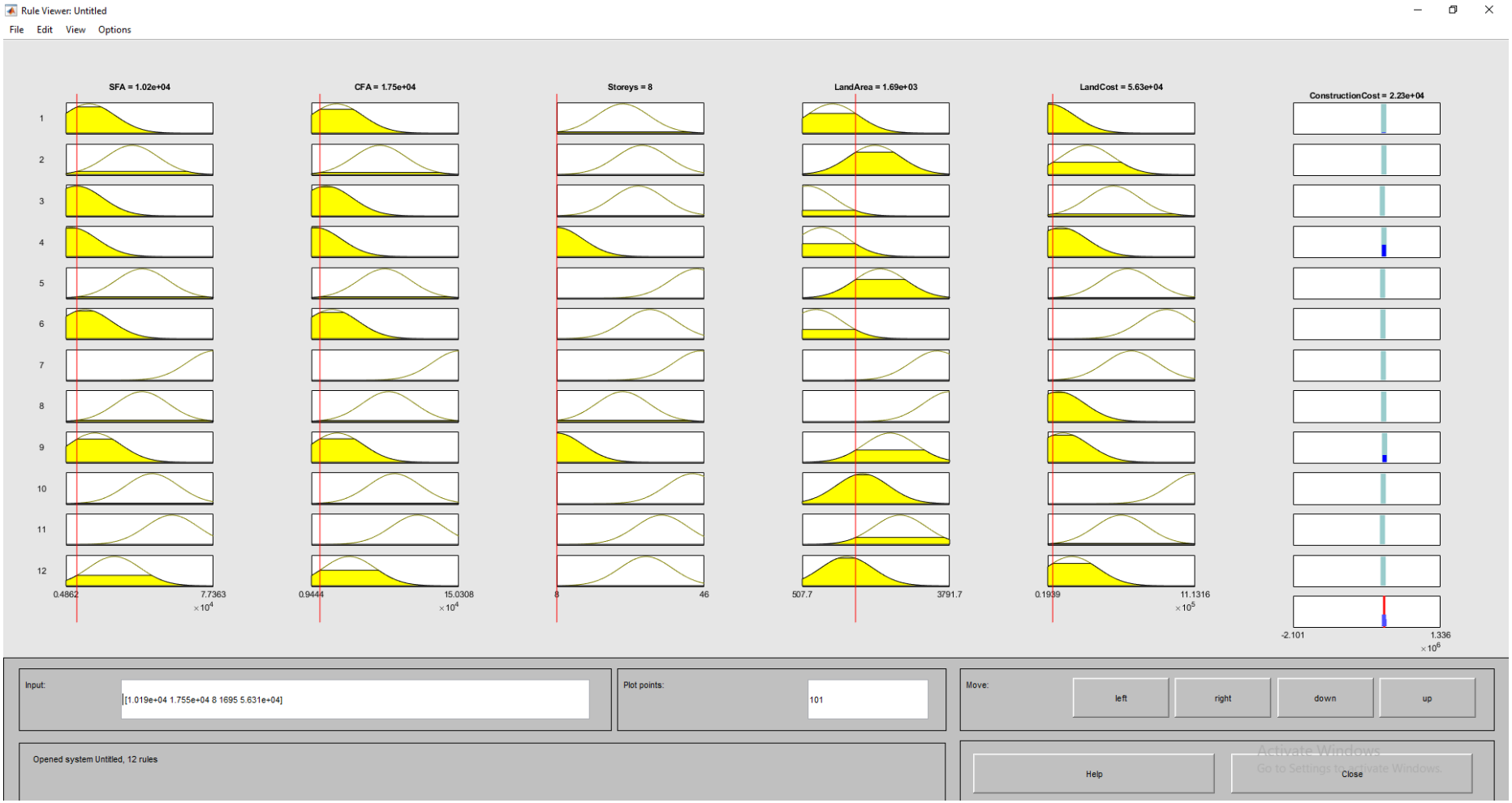
ข-12 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 3



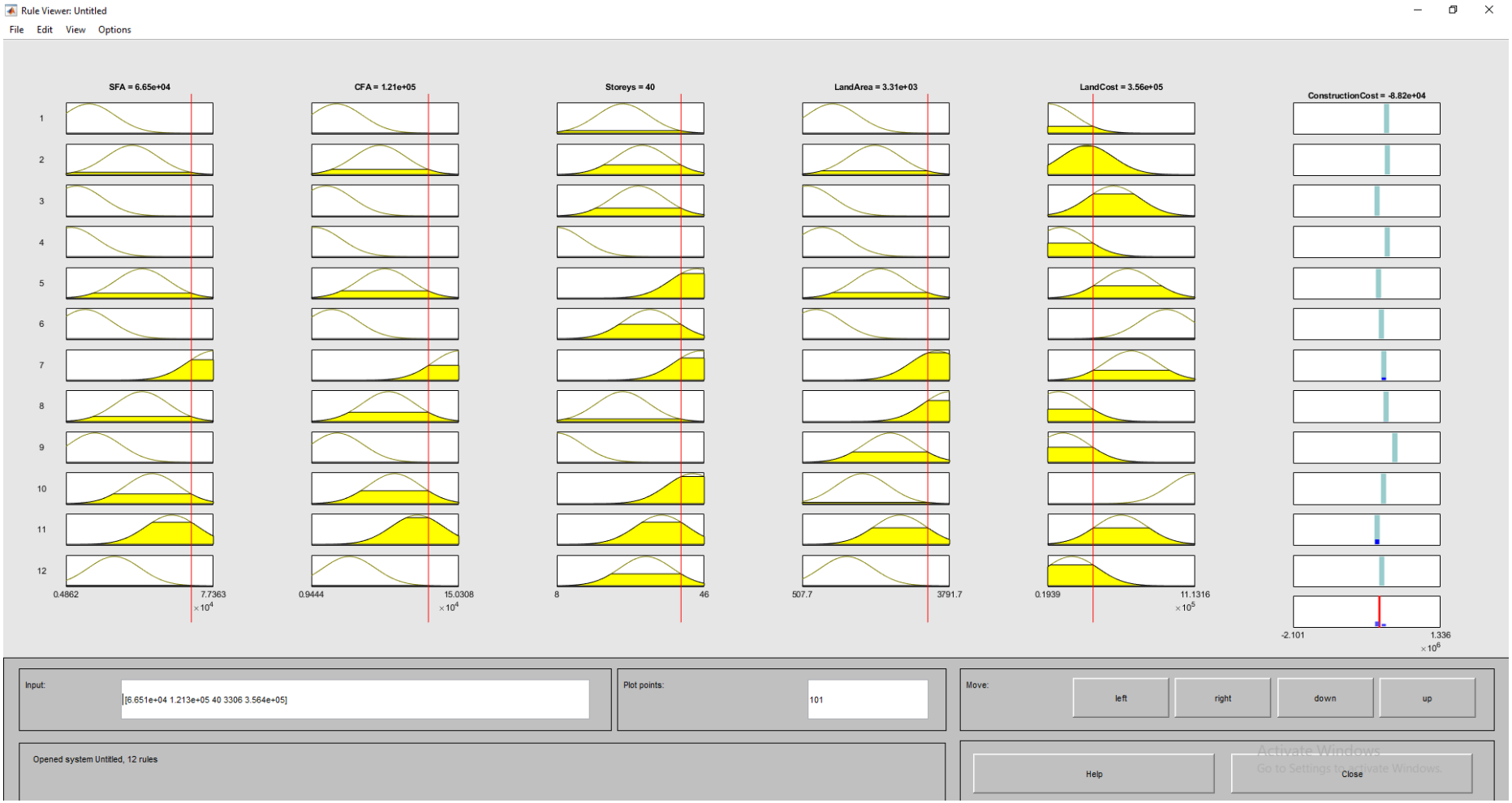
ข-13 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 4



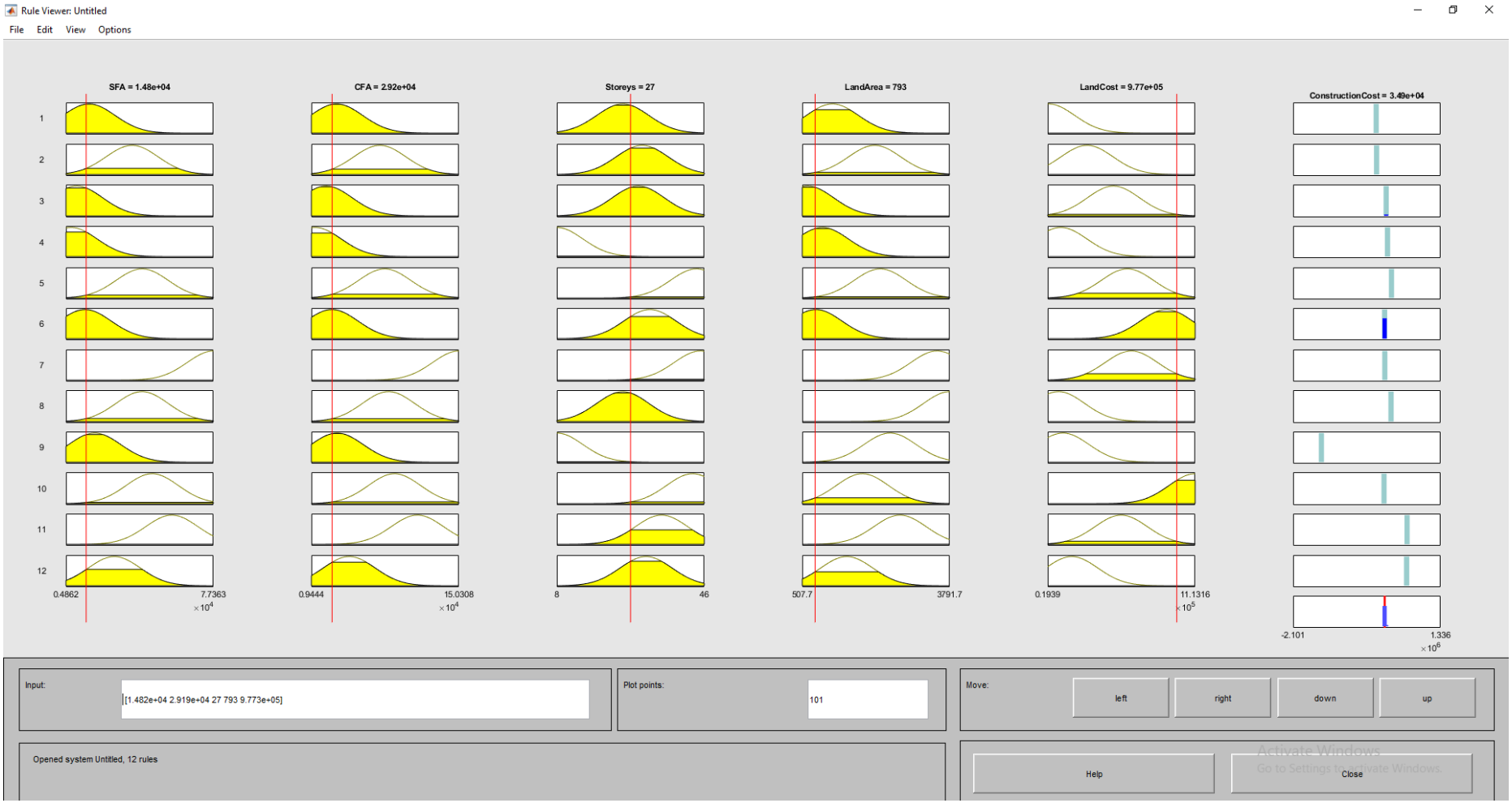
ข-14 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 4



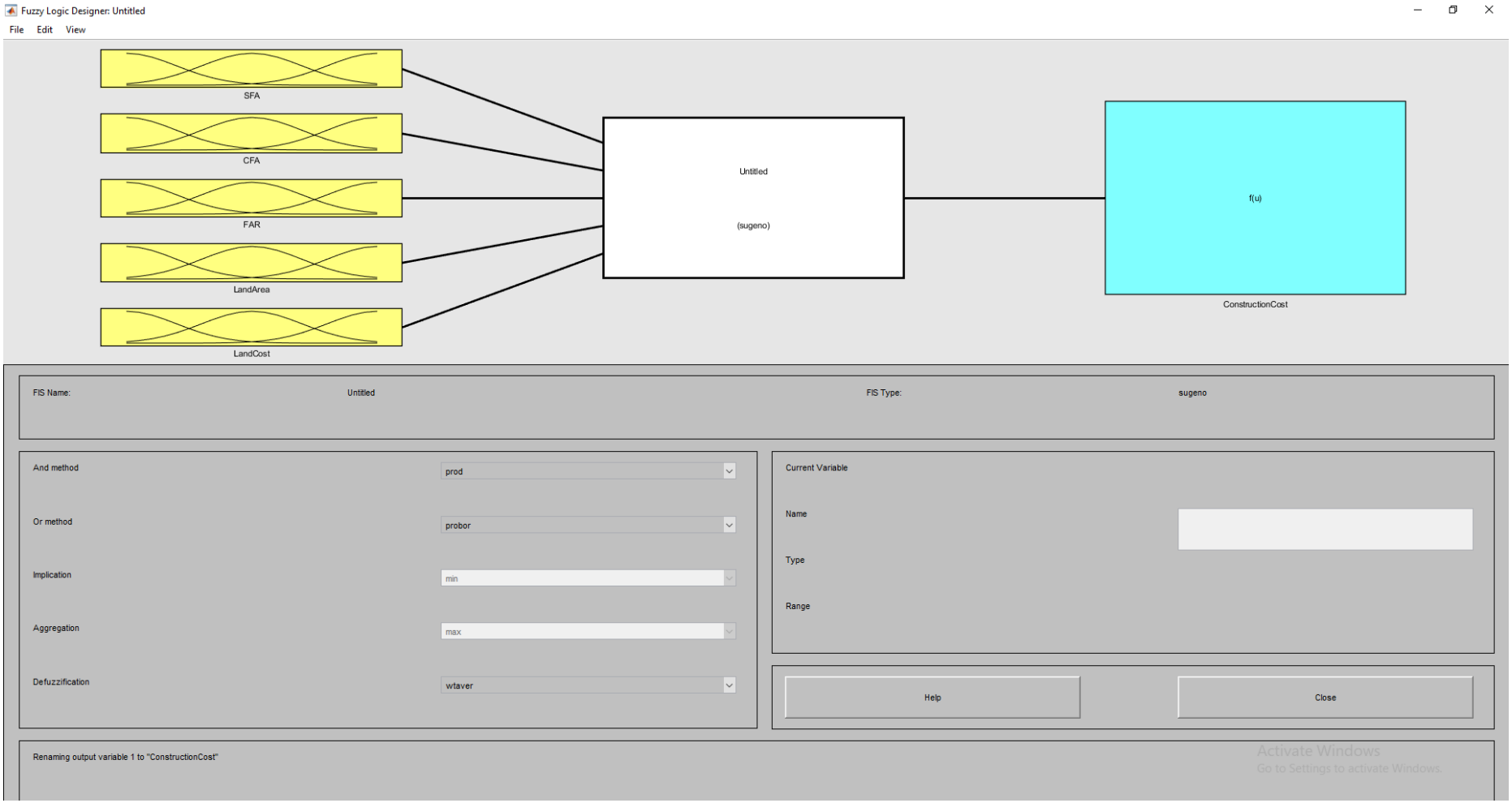
ข-15 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 4



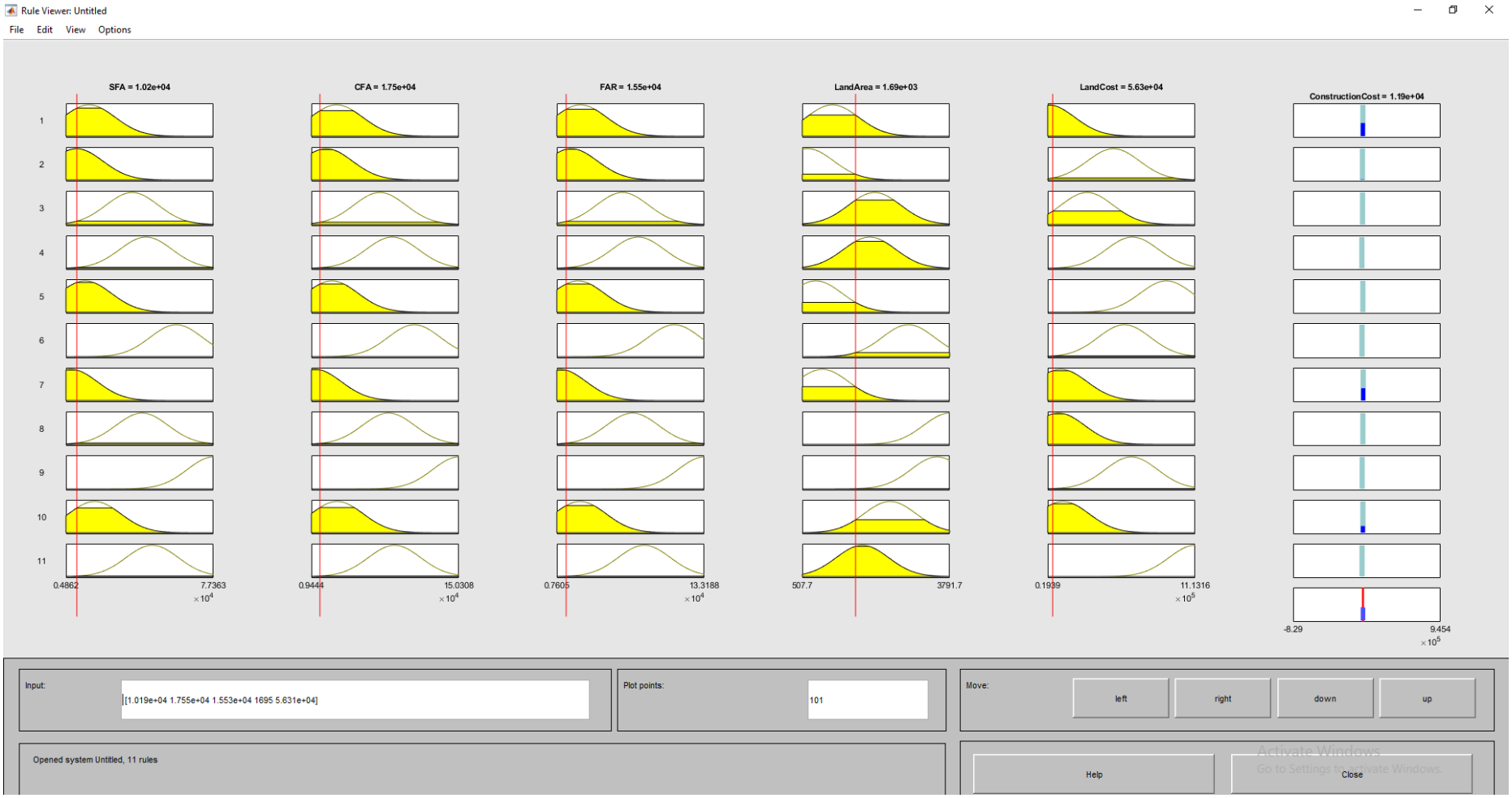
ข-16 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 4



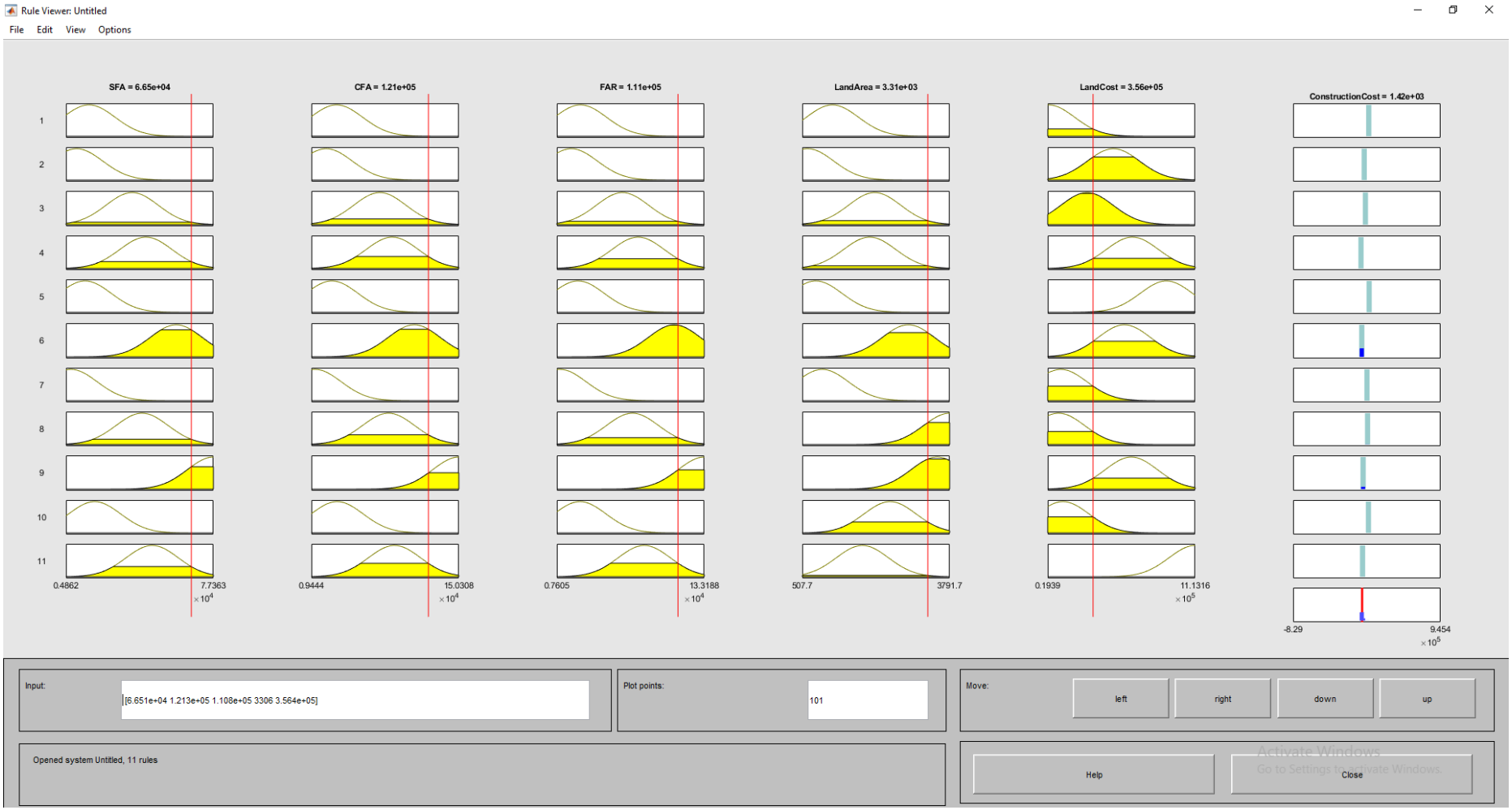
ข-17 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 5



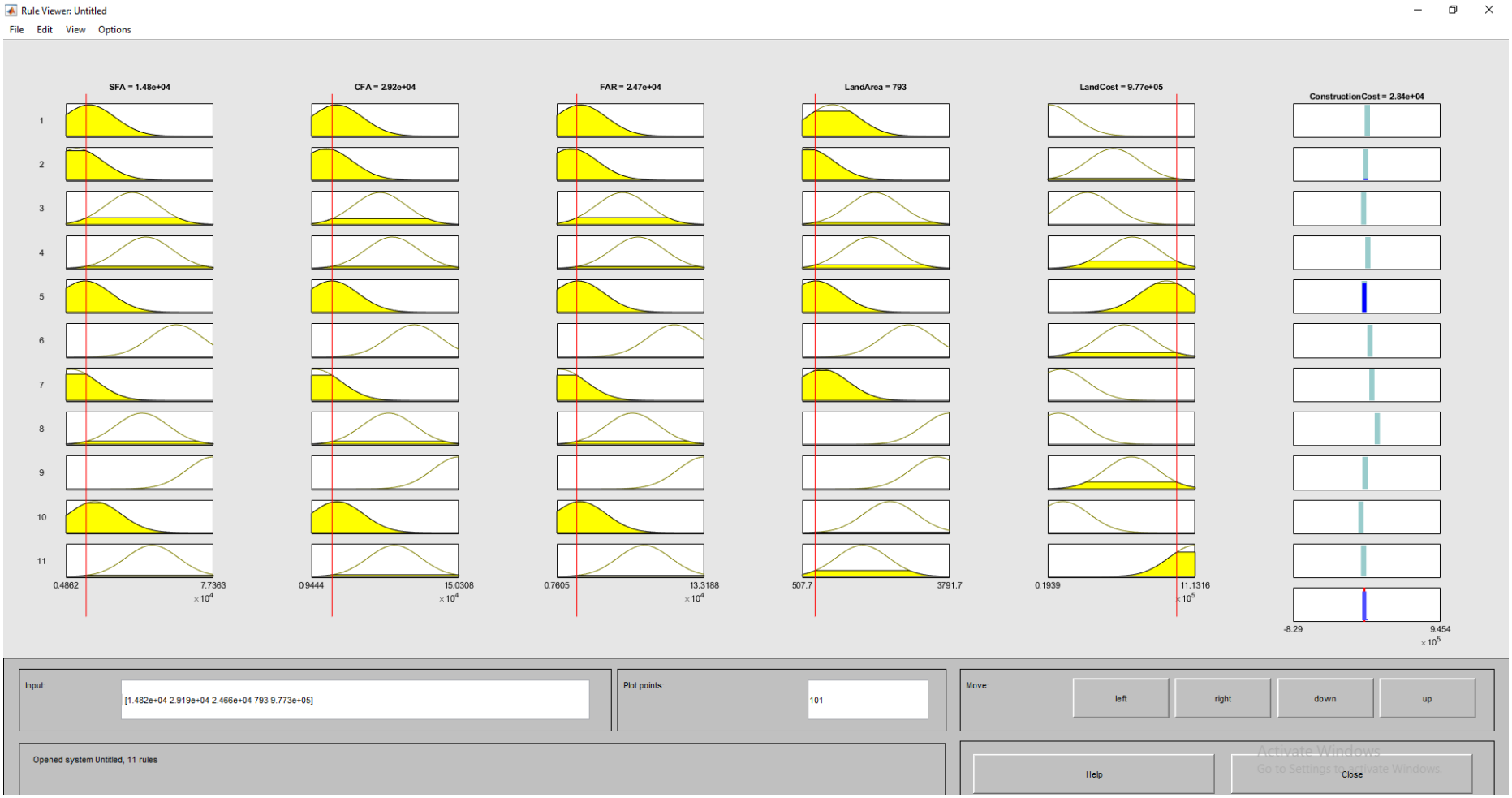
ข-18 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 5



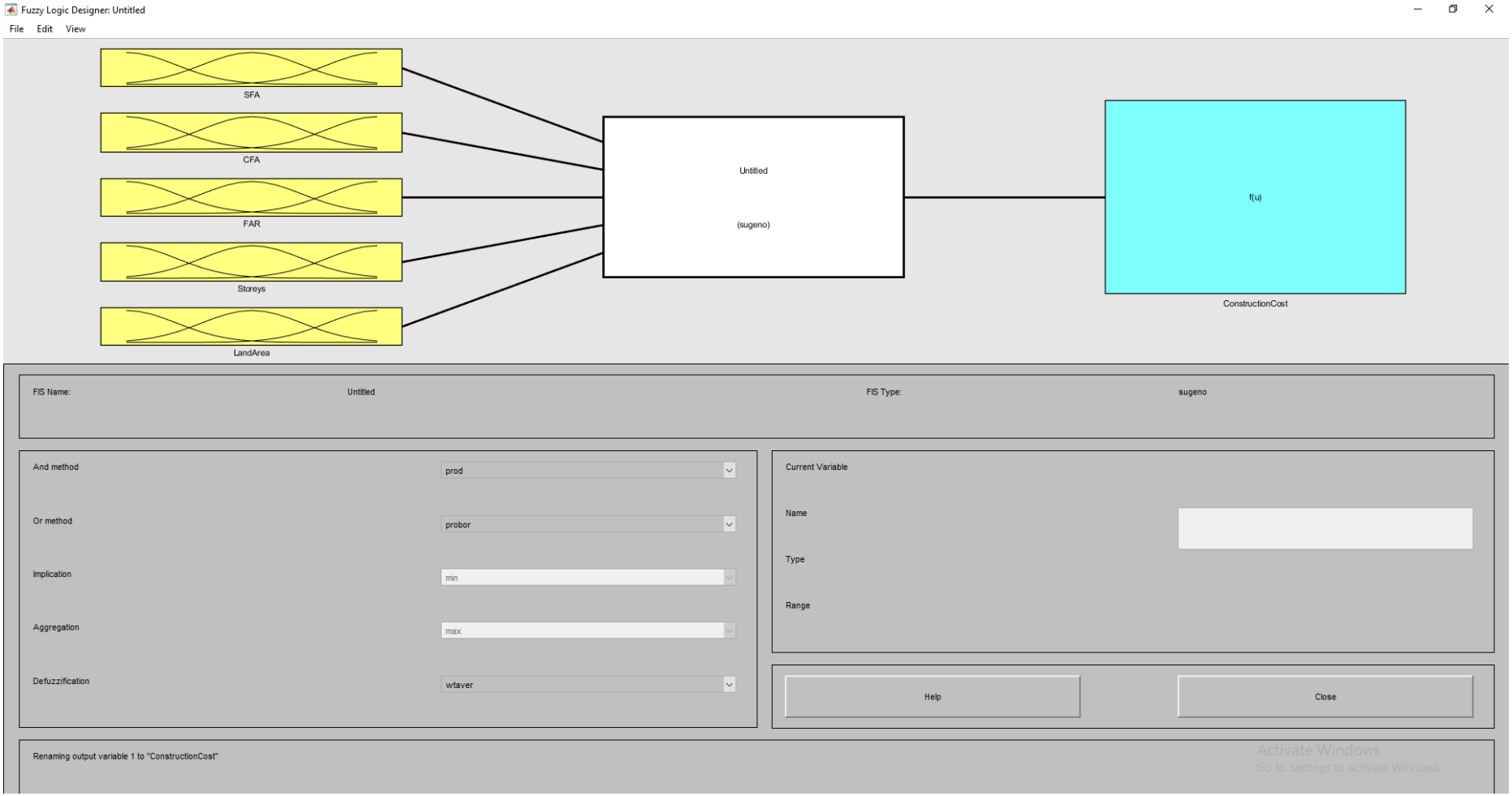
ข-19 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 5



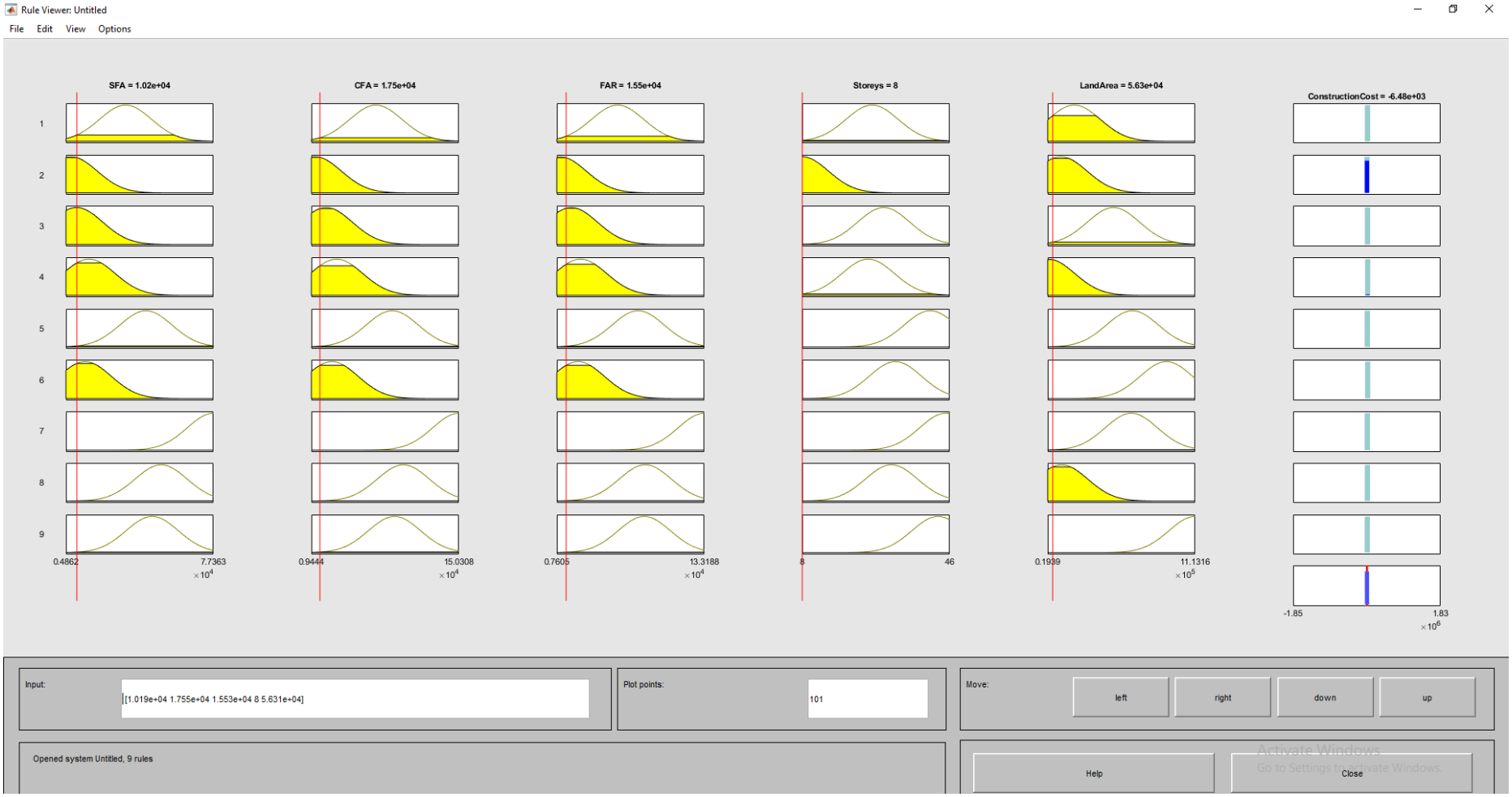
ข-20 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 5



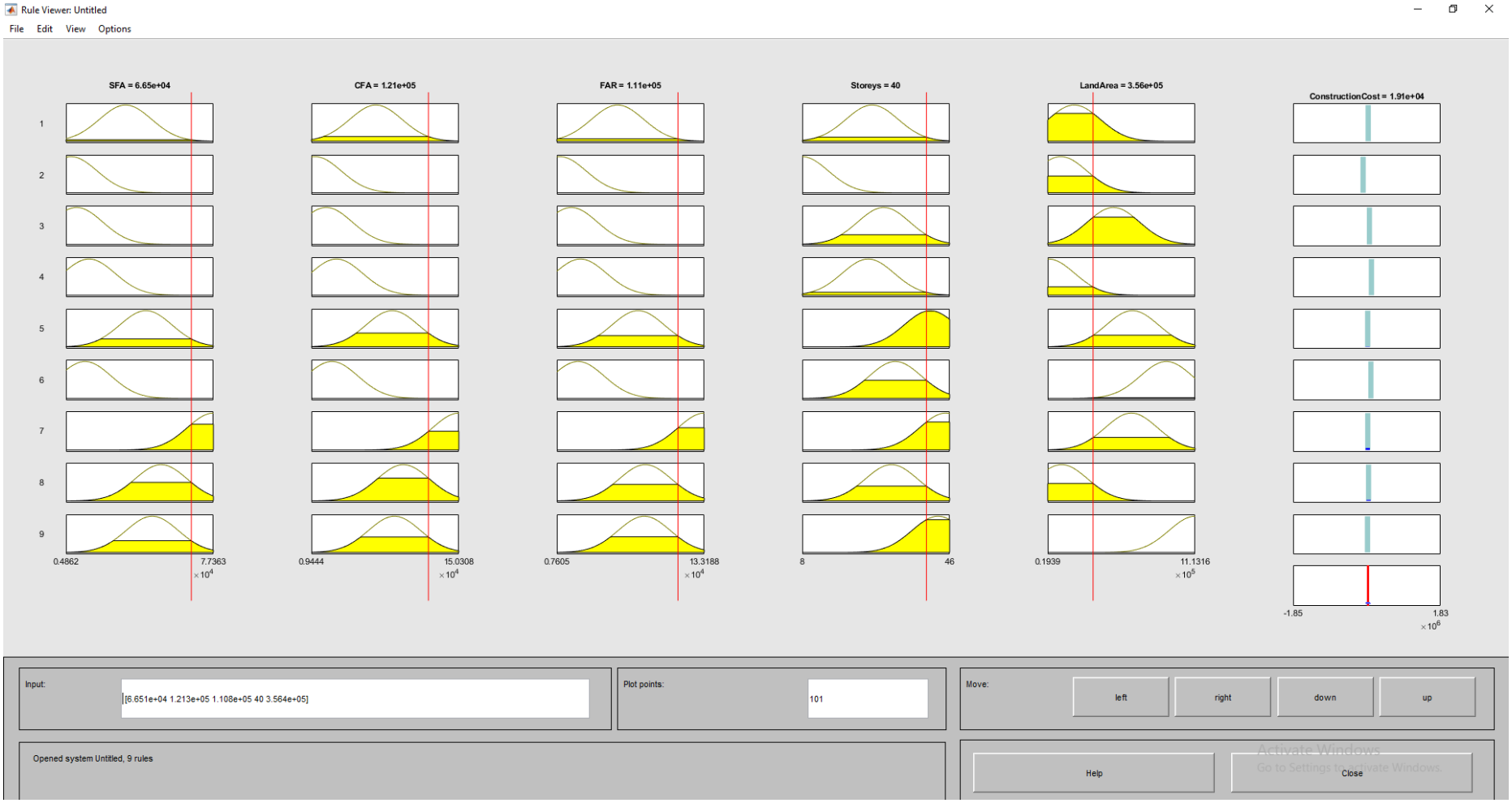
ข-21 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 6



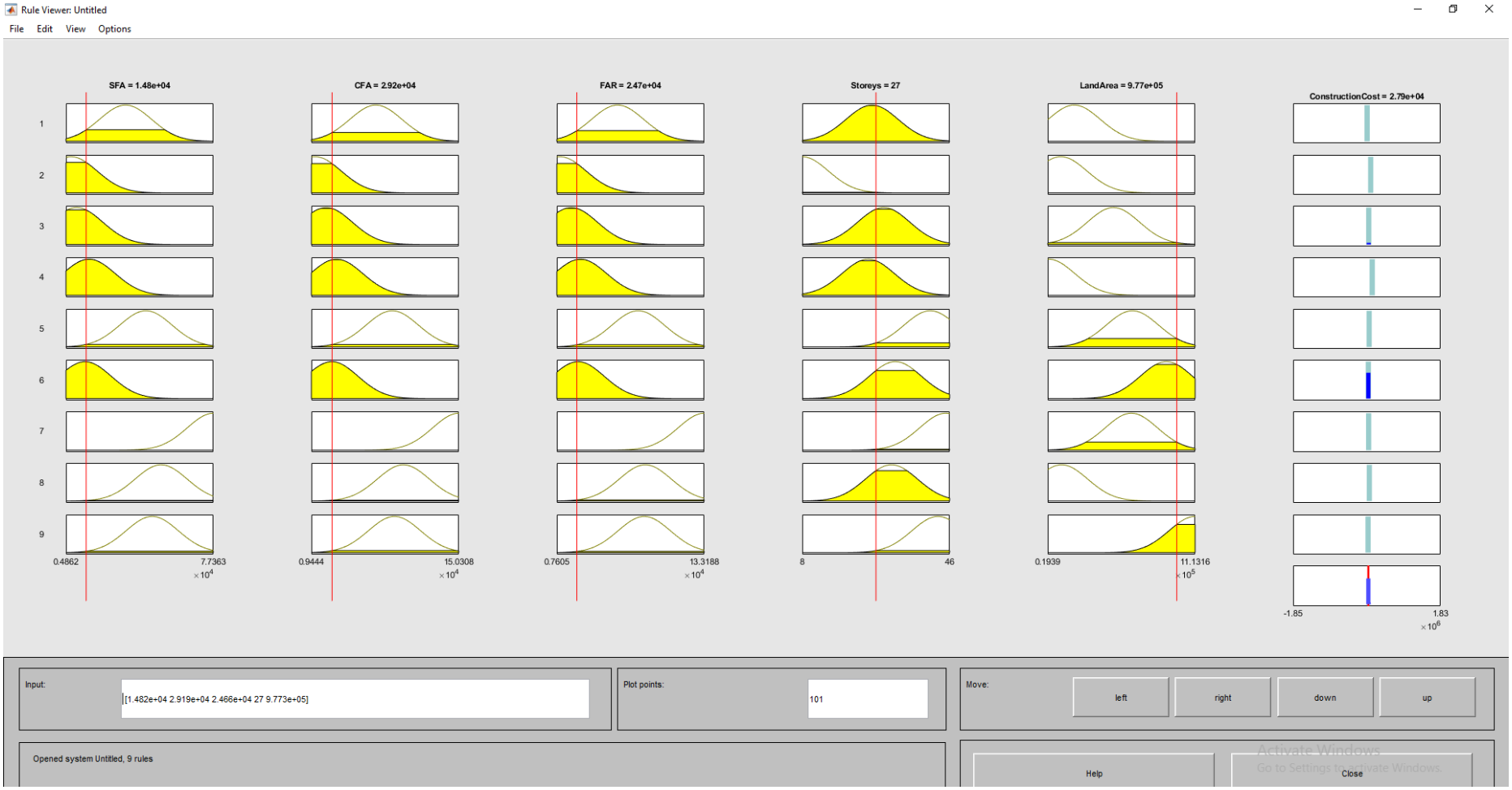
ข-22 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 6



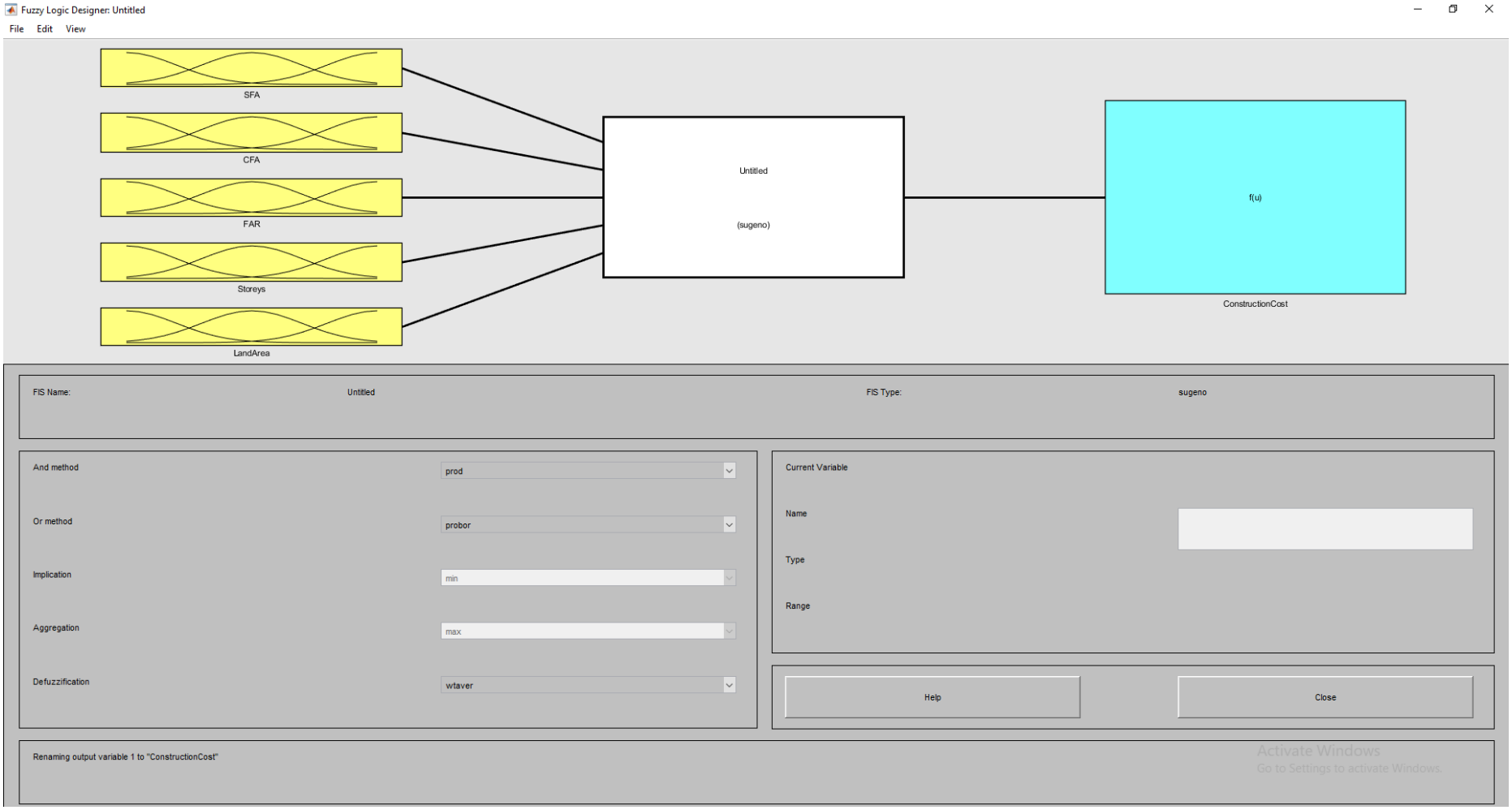
ข-23 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 6



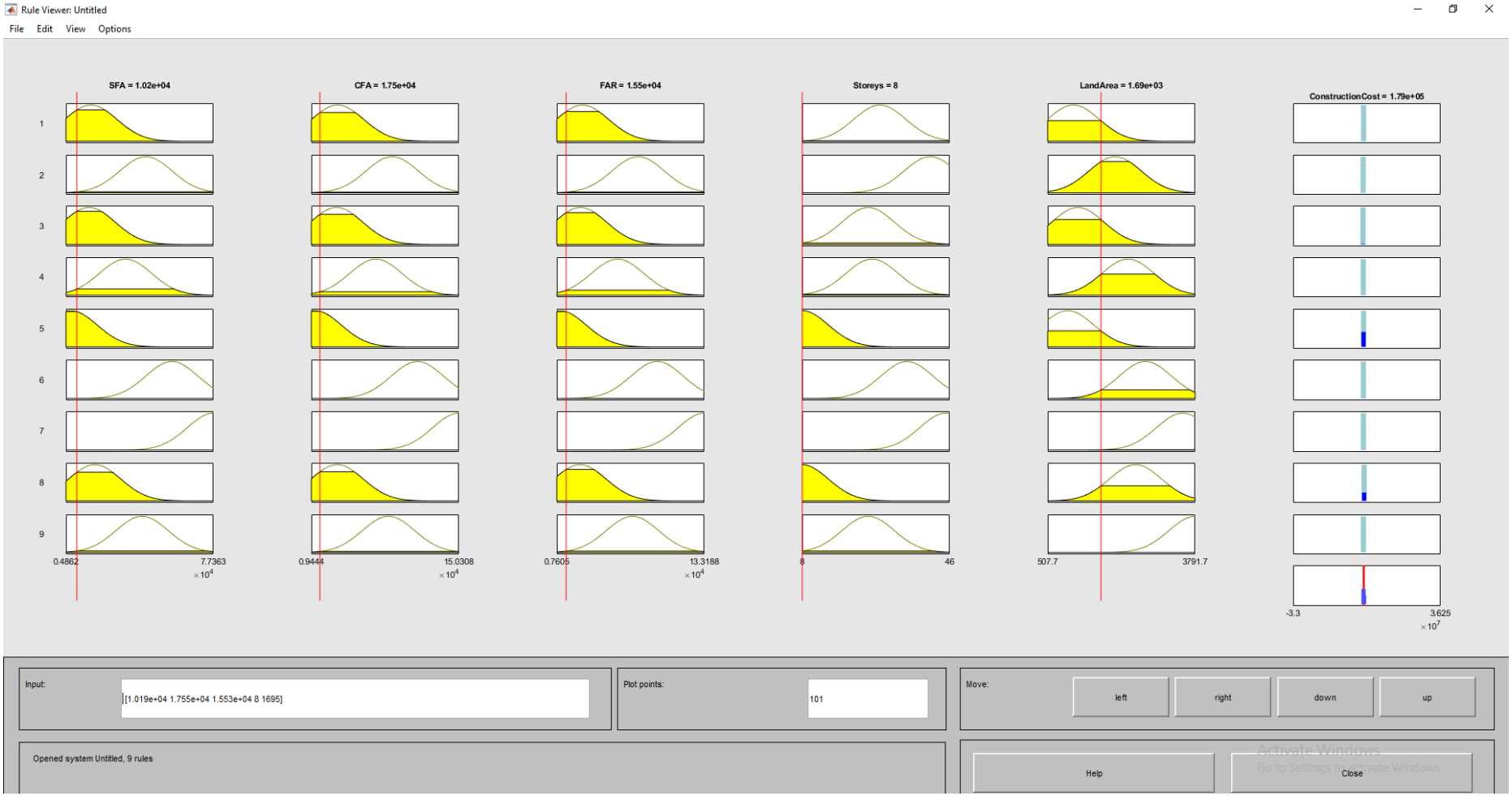
ข-24 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 6



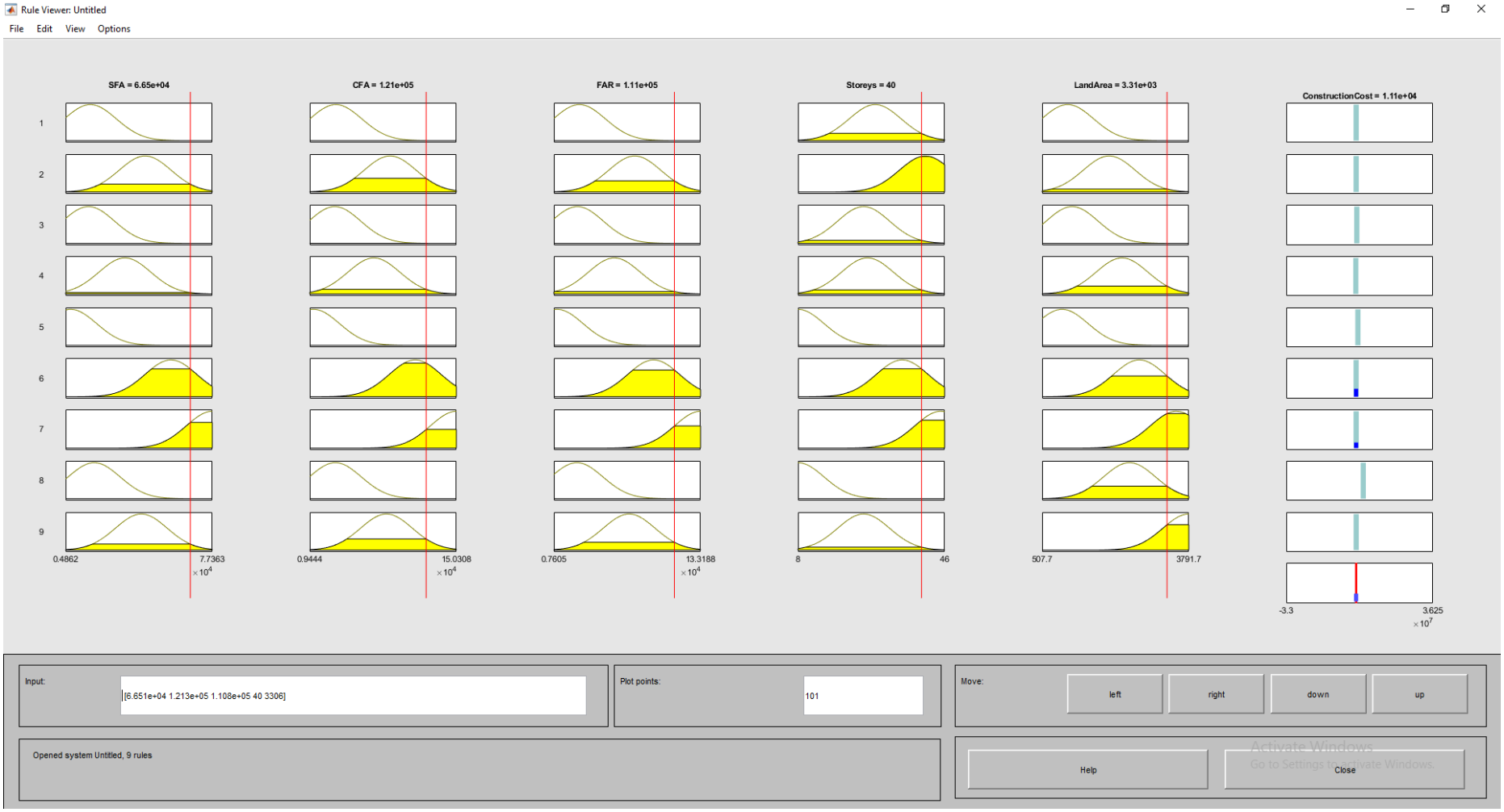
ข-25 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 7



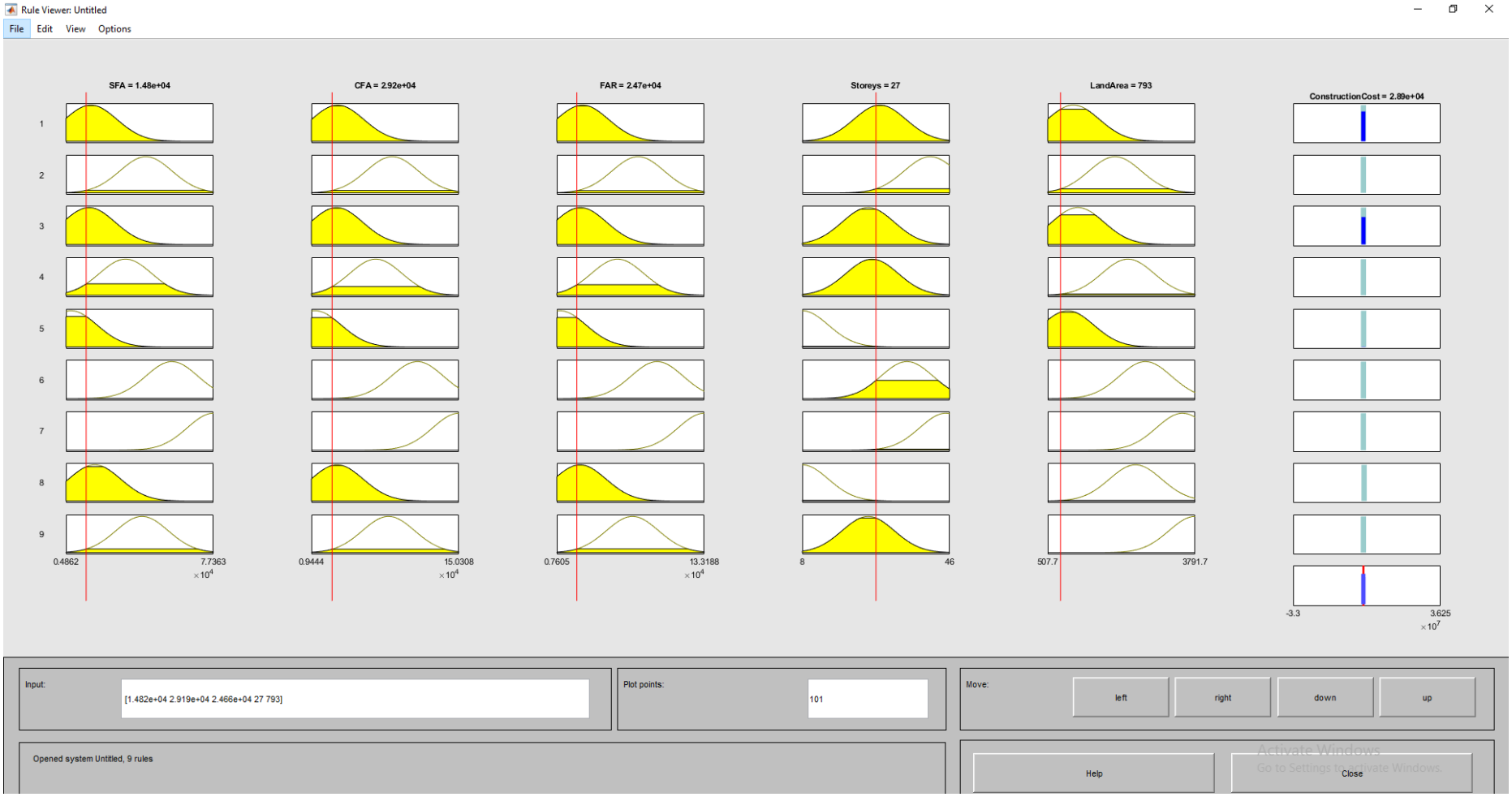
ข-26 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 7



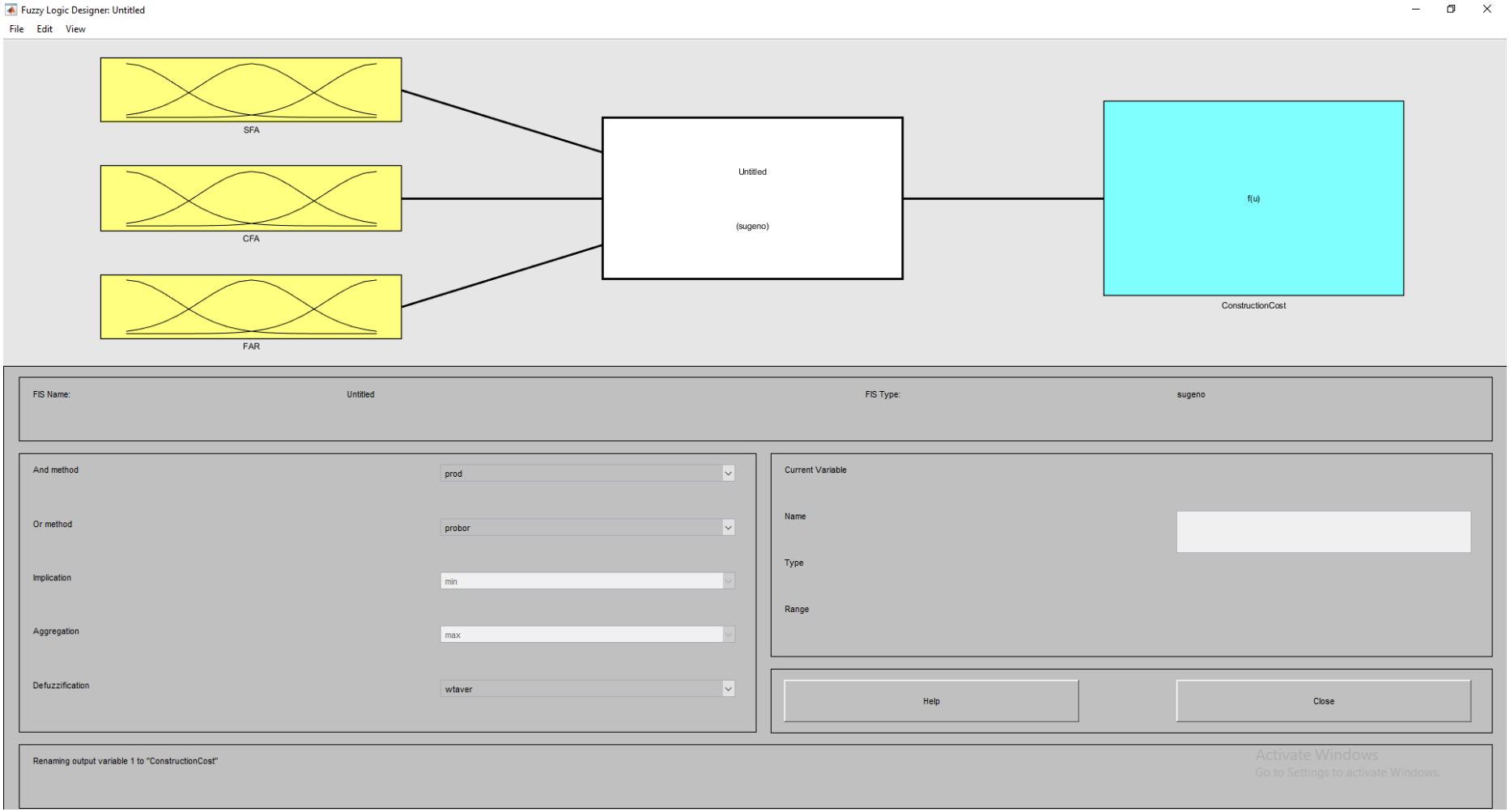
ข-27 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 7



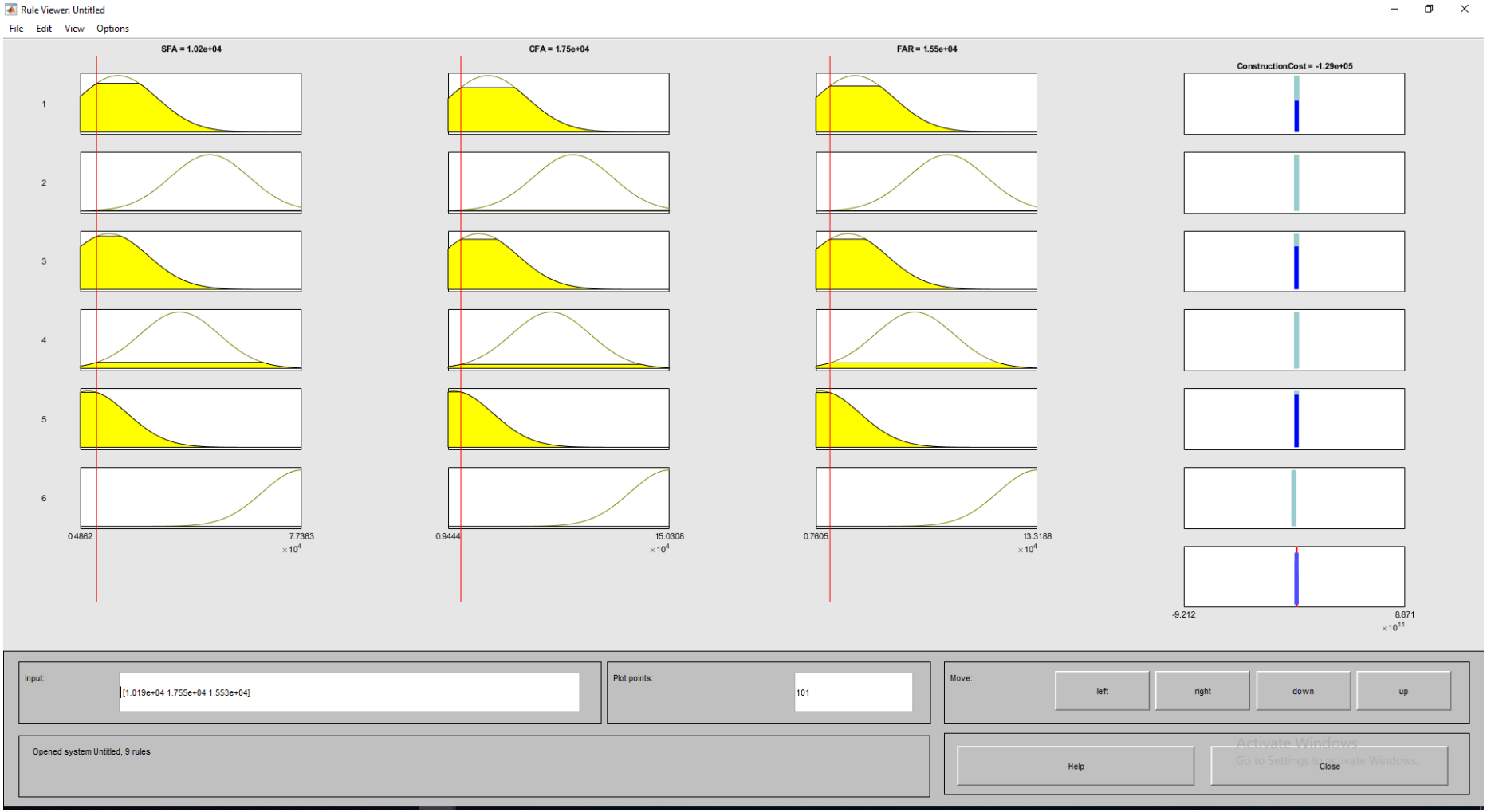
ข-28 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 7



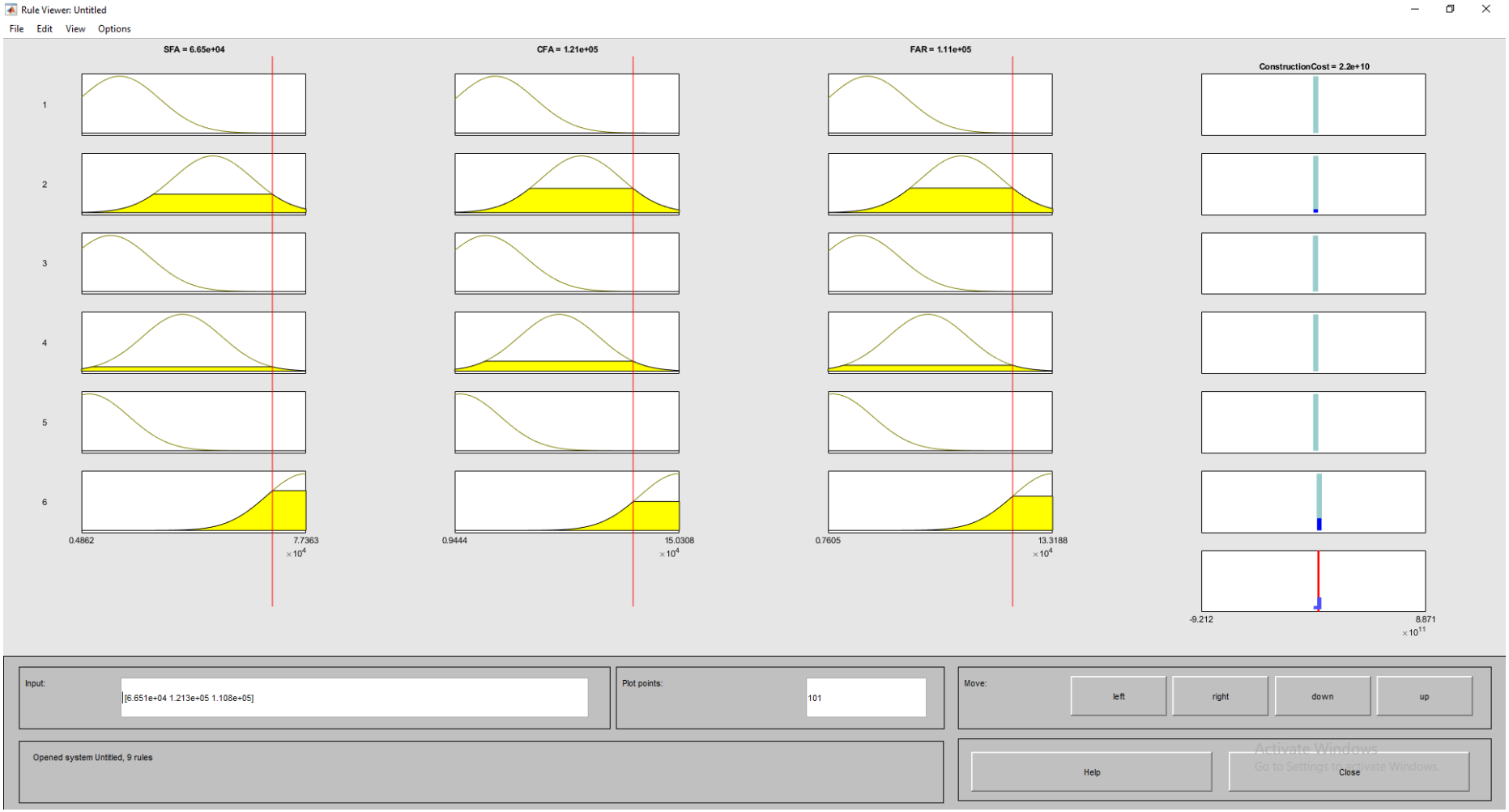
ข-29 โครงข่ายการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบจำลอง ANFIS กรณีที่ 8



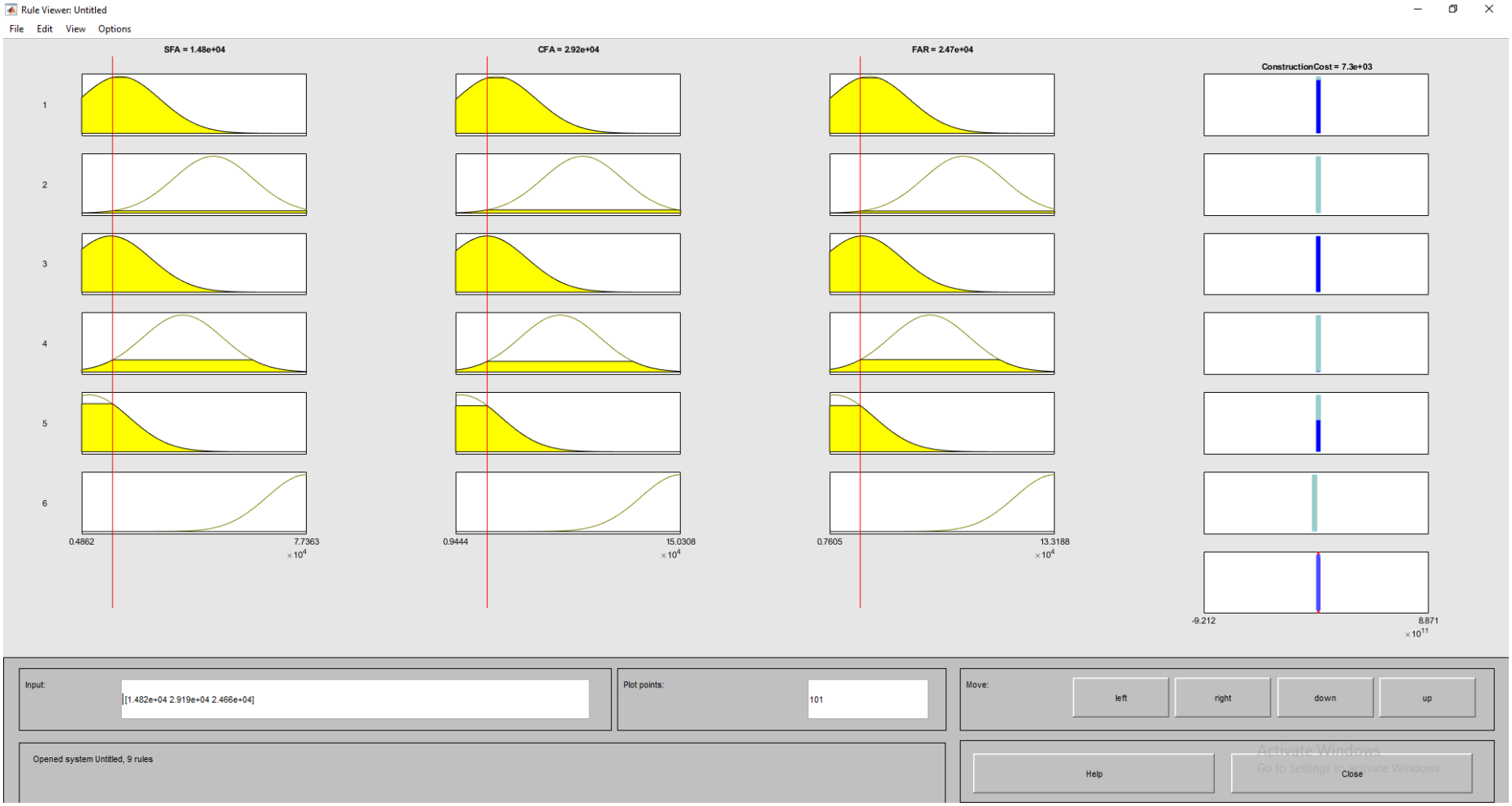
ข-30 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 10 กรณีที่ 8



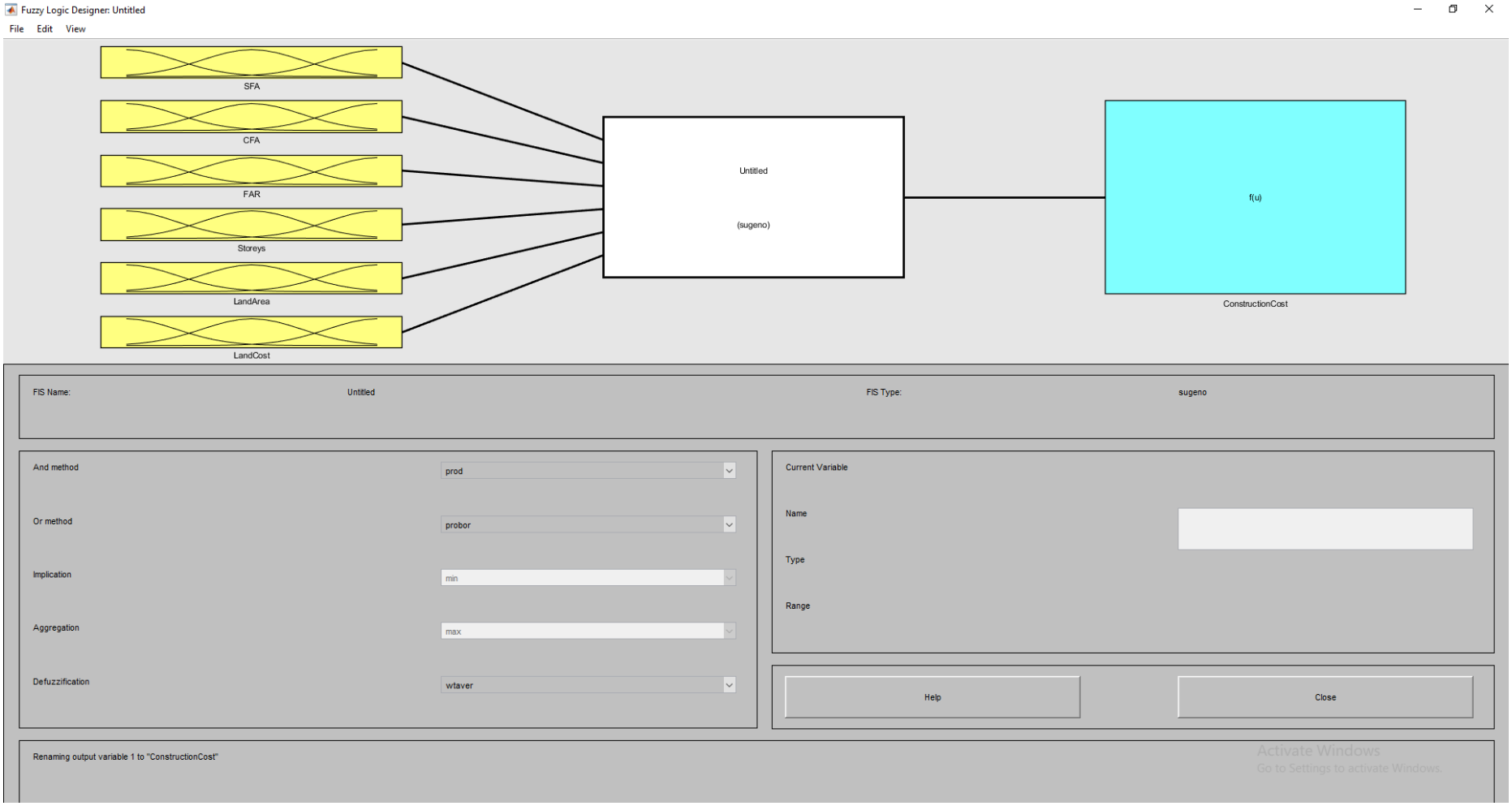
ข-31 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 22 กรณีที่ 8



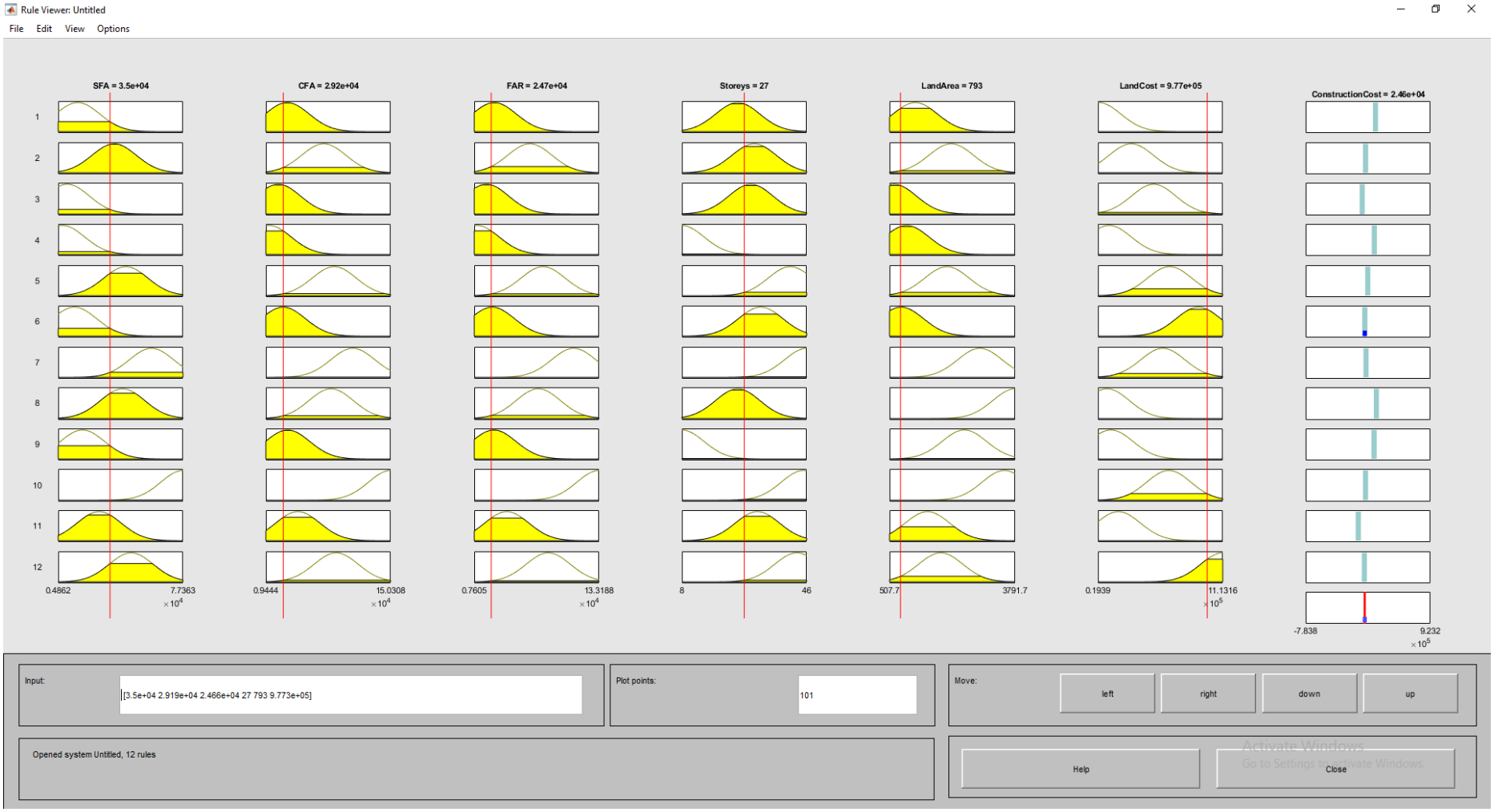
ข-32 ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกชุดปัจจัยนำเข้าโดย ANFIS ของ Project 28 กรณีที่ 8



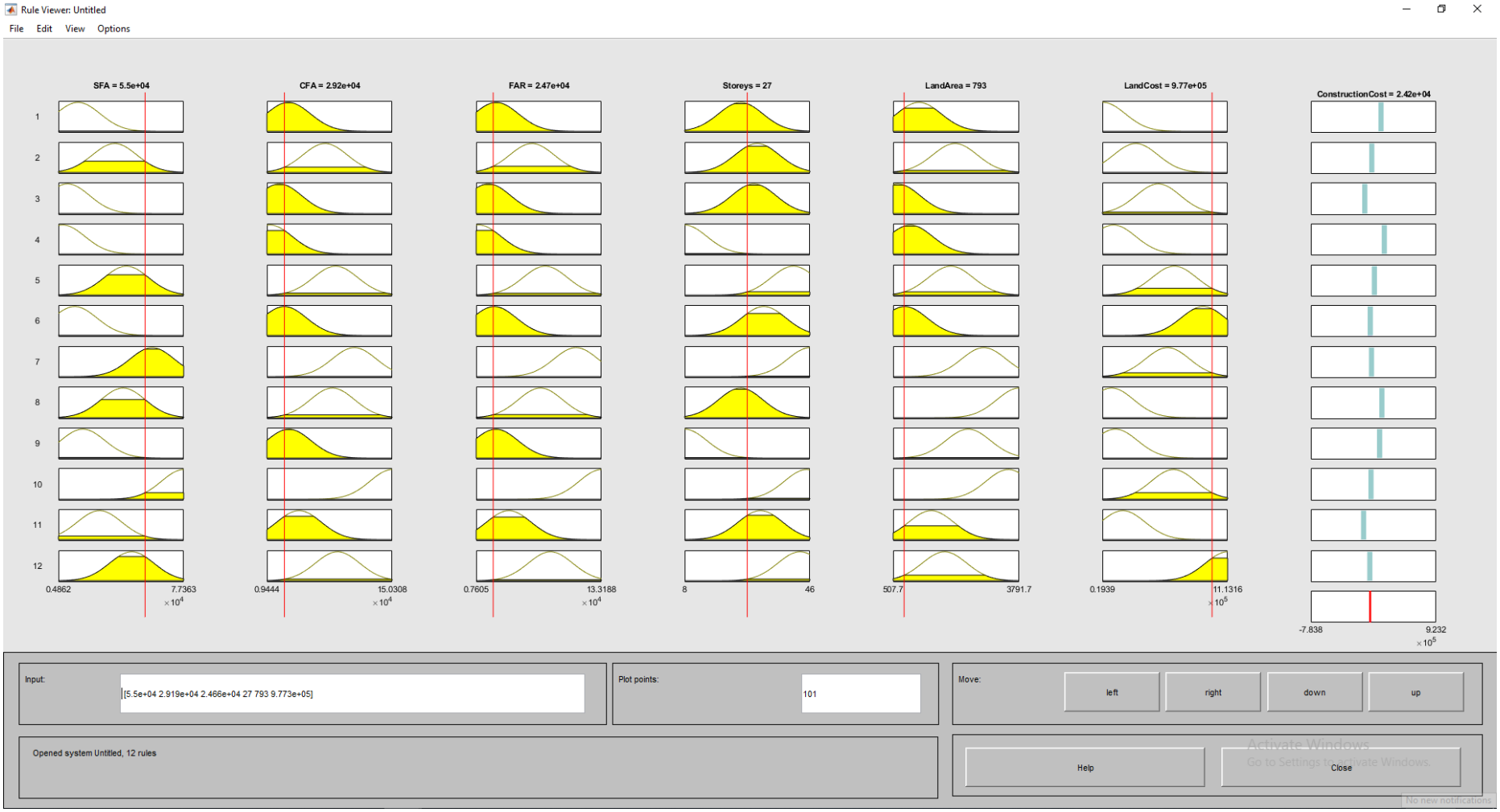
ข-33 โครงข่ายการจำลองสถานการณ์ปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เพื่อวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม



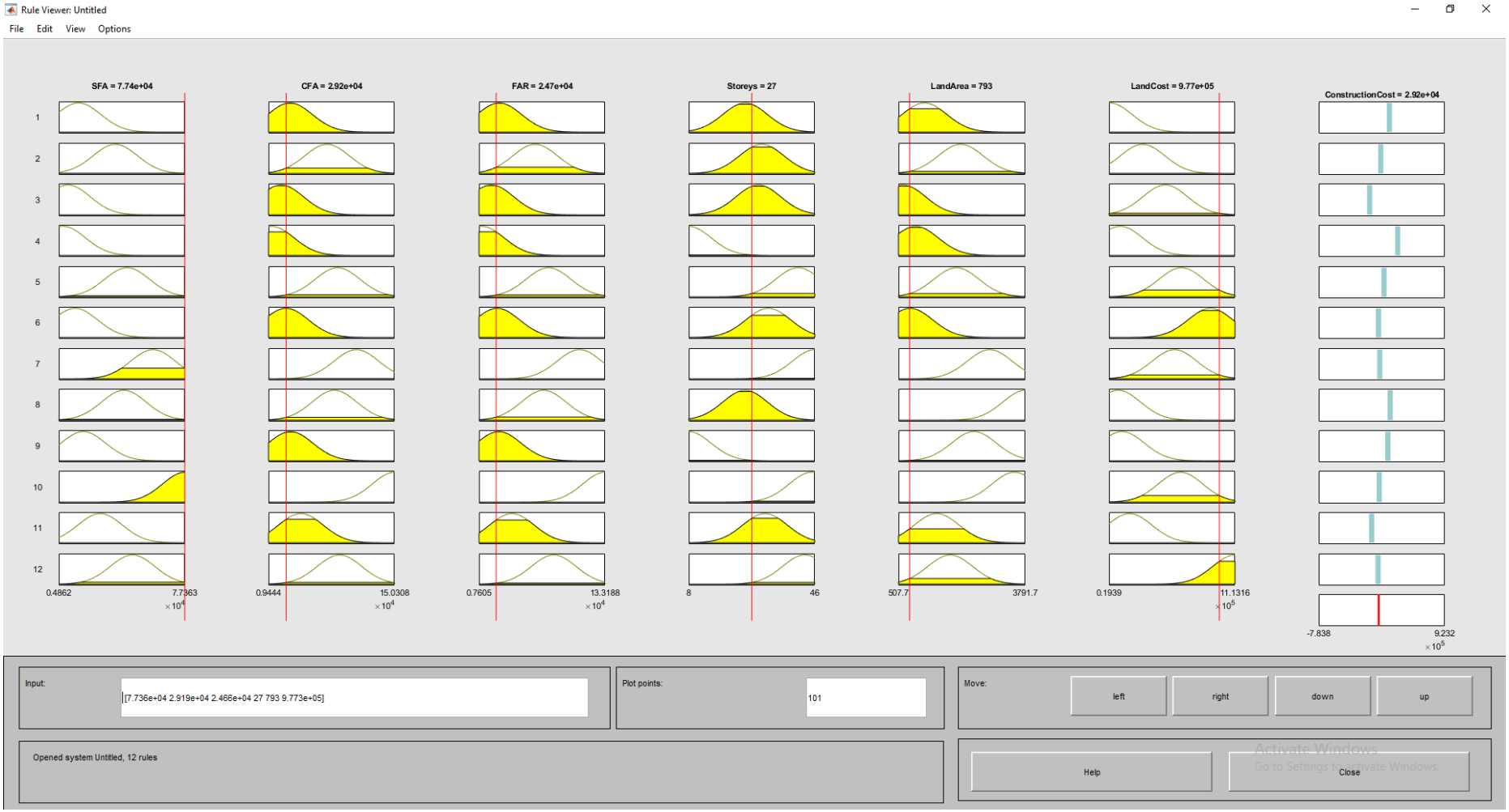
ข-34 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 35,000 ตารางเมตร



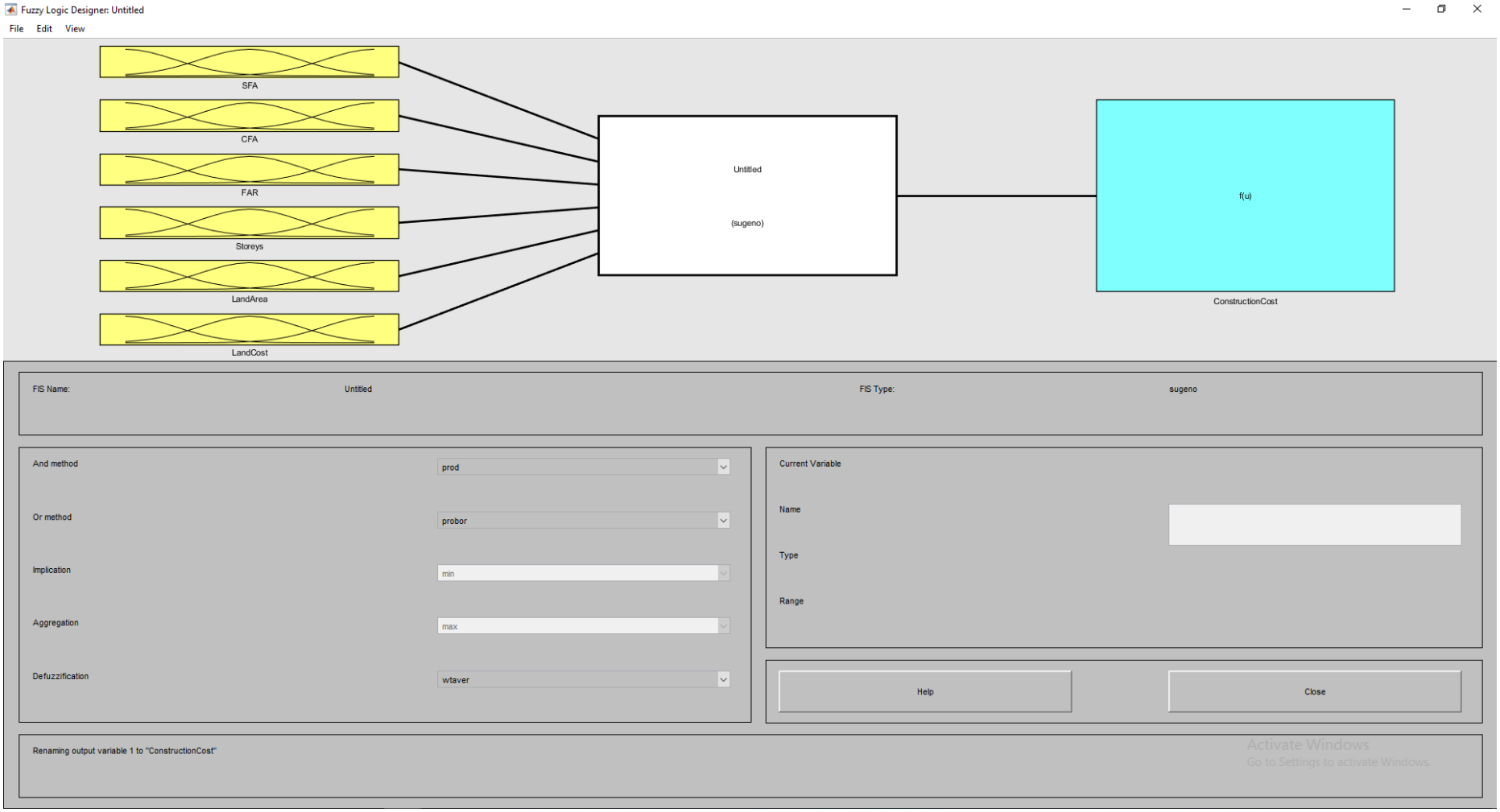
ข-35 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 55,000 ตารางเมตร



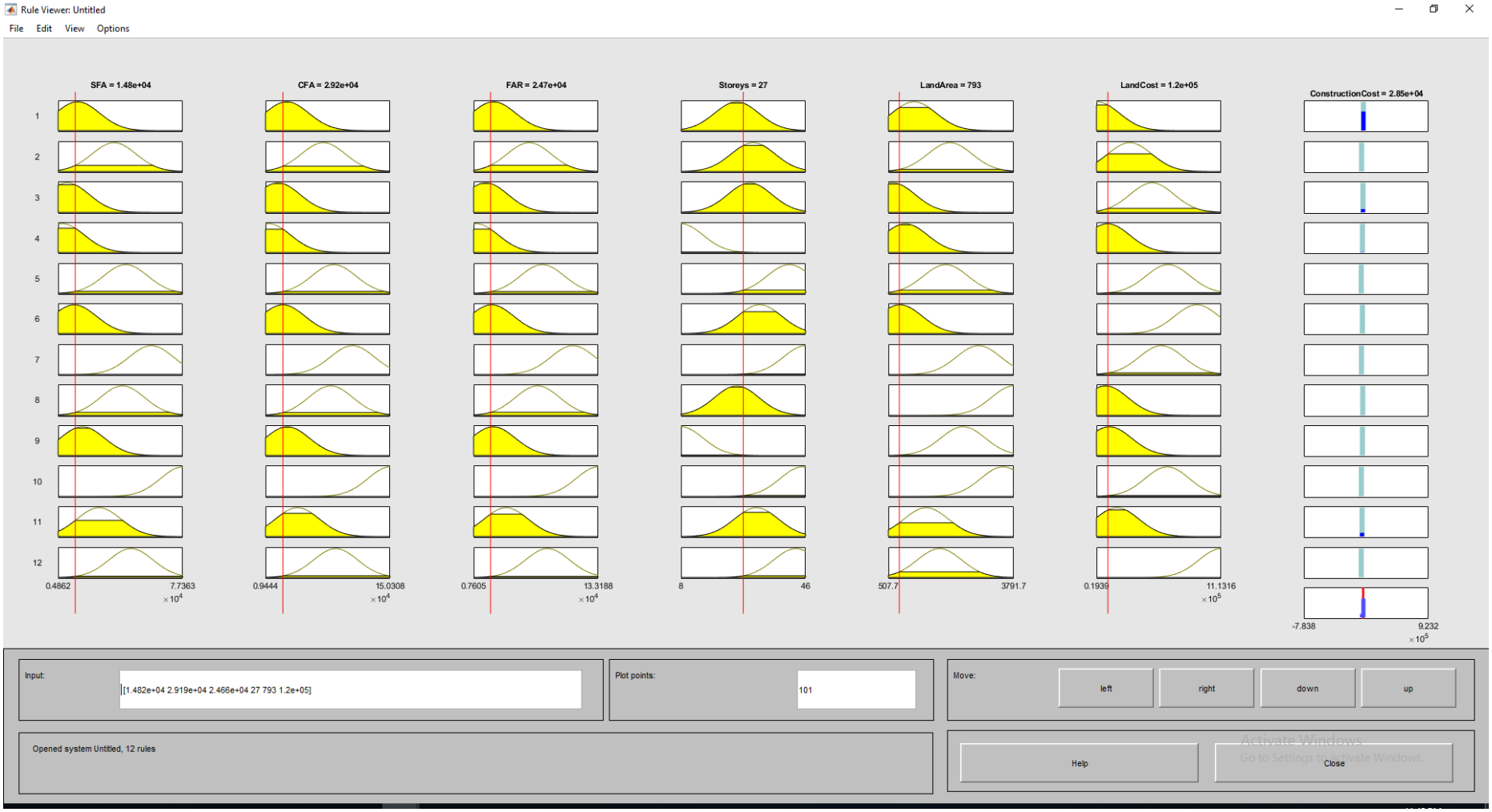
ข-36 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 85,000 ตารางเมตร



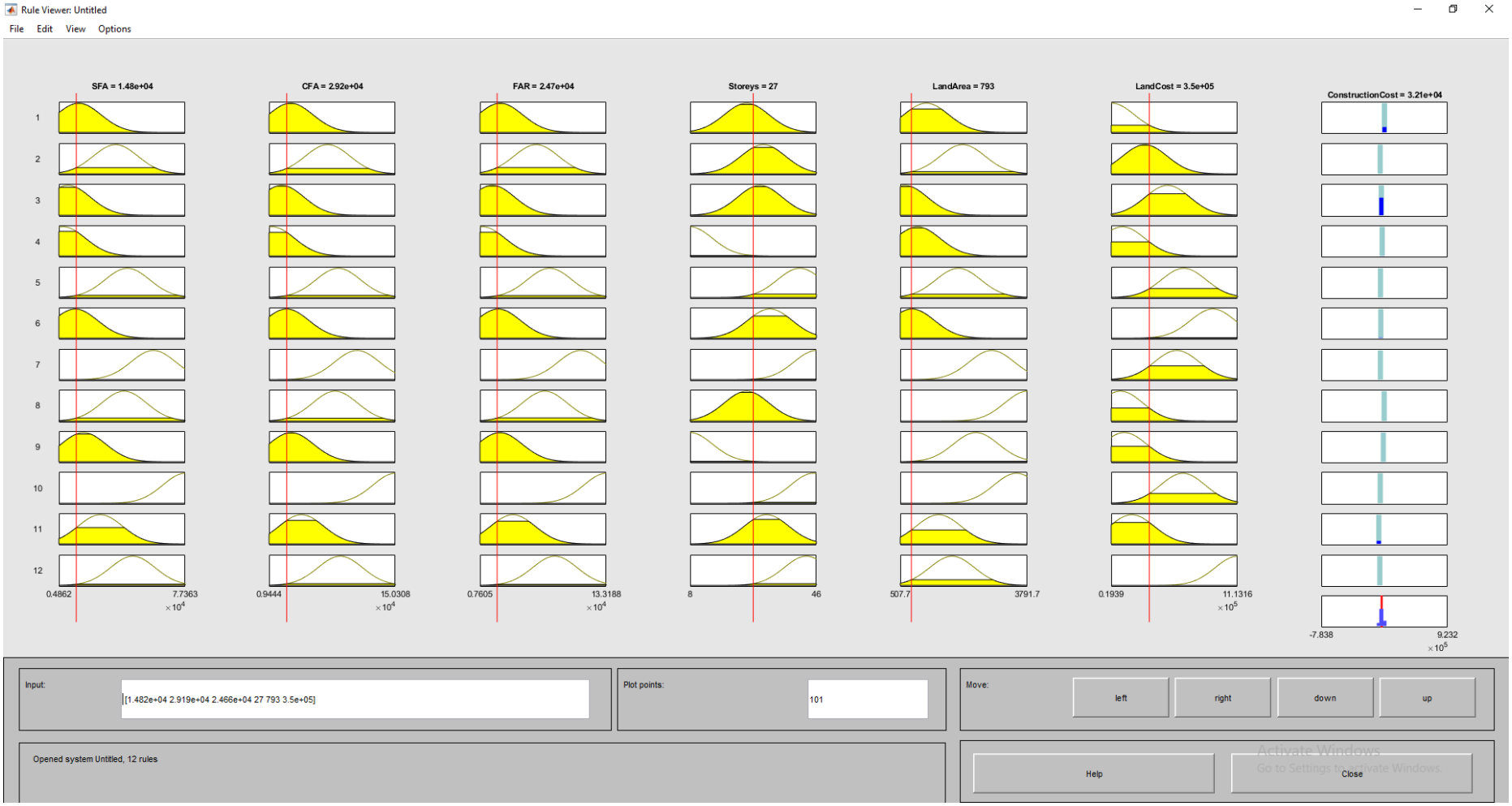
ข-37 โครงข่ายการจำลองสถานการณ์ปรับราคาที่ดินของ Project 28 เพื่อวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างคอนโดมิเนียม



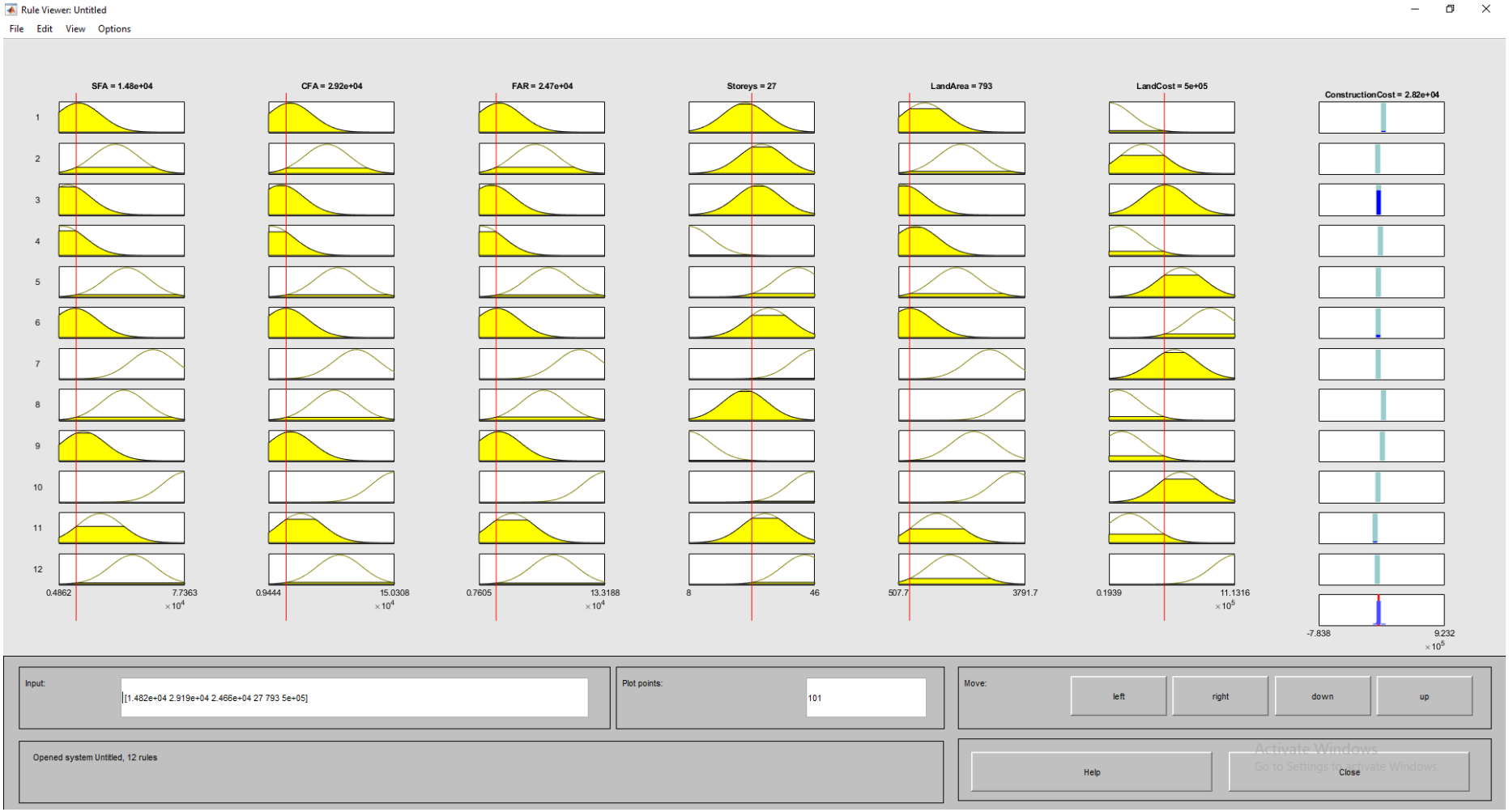
ข-38 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 120,000 บาทต่อตารางวา



ข-39 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 350,000 บาทต่อตารางวา



ข-40 ผลการวิเคราะห์ราคาค่าก่อสร้างโดยปรับพื้นที่ขายของ Project 28 เป็น 500,000 บาทต่อตารางวา



ภาค ผนวก ค.
ประวัติผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำ

1. ชื่อและนามสกุล

นาย วรายุทธ นรินนอก

2. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. การติดต่อ

59/25 หมู่ที่ 3 ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ 10130 เบอร์โทร 089-448-7702 Email : warayut996@gmail.com

ประวัติผู้จัดทำ

1. ชื่อและนามสกุล

นาย ณัฐภูมิ ศรีสุวรรณ

2. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. การติดต่อ

39/23 หมู่ที่ 3 ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ 10130
เบอร์โทร 089-939-7789 Email : nattha@gmail.com