



# การประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีร่วมกับการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุน และถัวเฉลี่ยมูลค่าในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

## A Neuro-Fuzzy with DCA and VA for Stock Investment: Application to the Stock Exchange of Thailand

นันทกร ชุมภูทอง (Nunthakorn Chumpootong)\* พนิดา หลอวงศ์ตระกูล (Panida Lorwongtrakool)\*  
และ อริยะ นามวงศ์ (Ariya Namvong)\*

### บทคัดย่อ

การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและถัวเฉลี่ยมูลค่าเป็นกลยุทธ์การลงทุนแบบพื้นฐานที่นักลงทุนนิยมใช้ การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนเป็นวิธีการช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดจากการลงทุนด้วยเงินจำนวนมากในครั้งเดียว การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่าเป็นเทคนิคการควบคุมมูลค่าสุทธิของพอร์ตการลงทุนให้เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างตัวแบบที่มีประสิทธิภาพ ด้วยการประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีร่วมกับการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและถัวเฉลี่ยมูลค่า เพื่อให้ให้นักลงทุนได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนาครอบคลุมระยะเวลา 10 ปี 9 เดือน นับตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2556 รวม 2,629 วันทำการ ข้อมูลหลักทรัพย์ที่นำมาใช้ในการศึกษาประกอบด้วยหลักทรัพย์ที่อยู่ในดัชนี SET 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จากผลการทดลองพบว่าการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่าด้วยการประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซี ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนสูงที่สุด ด้วยอัตราผลตอบแทนร้อยละ 39.49

**คำสำคัญ:** นิวโรฟัซซี การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุน การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่า

### Abstract

Dollar cost averaging (DCA) and value averaging (VA) are classical strategies used by many investors. DCA is an investment strategy for reducing the impact of one time large

purchasing. VA is a technique used to guide the amount of investment into a portfolio over the time. This study attempted to develop more efficient models based on these two mentioned strategies. A neuro-fuzzy model was applied to DCA and VA with the intention of improving yield for investors. The study period covers 10 years and 9 months from January 2008 to September 2013 having 2,629 trading days. The daily trading data of the stocks that were included in SET50 from the stock exchange of Thailand were used in the stock trading simulation. The experimental results show promising for neuro-fuzzy-based VA achieving mean annual capital gain yield of 39.49%.

**Keyword:** Neuro-fuzzy, Dollar Cost Averaging investment, Value Averaging investment.

### 1. บทนำ

การวางแผนทางการเงินเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการดำเนินชีวิตในปัจจุบันที่ต้องมีการจัดสรรให้เป็นระบบเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้จ่ายในยามที่เราต้องการ รวมถึงอนาคตในยามที่เกษียณอายุ ทางเลือกหนึ่งในการบริหารเงินออมคือ การลงทุน ซึ่งมีหลายรูปแบบ การซื้อขายหลักทรัพย์เป็นทางเลือกหนึ่งของการลงทุนที่ได้ผลตอบแทนดีเป็นที่สนใจของนักลงทุน แต่ต้องระวังเรื่องของความเสี่ยง โดยเฉพาะสถานการณ์ที่ตลาดหลักทรัพย์มีความผันผวนในปัจจุบัน ถ้าไม่ติดตามความเคลื่อนไหวของราคาอาจเกิดผลกระทบ

\* สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต่อการลงทุนได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้คิดค้นวิธีการลงทุนที่ช่วยลดความเสี่ยงดังกล่าว นั่นคือ การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุน (Dollar-Cost Averaging Investment: DCA) และการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่า (Value Averaging Investment: VA) เป็นที่นิยมสำหรับนักลงทุนมือใหม่ เหมาะสำหรับผู้ไม่มีเวลาติดตามภาวะตลาดหลักทรัพย์หรือขาดประสบการณ์และยังช่วยสร้างวินัยในการลงทุนได้ดี แต่สิ่งสำคัญที่นักลงทุนต้องการให้เป็นอยู่เสมอก็คือการซื้อในช่วงที่ราคาต่ำ แล้วขายในช่วงที่ราคาสูงเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการเลือกลงทุนในช่วงเวลาที่เหมาะสม นิวโรฟัซซี (Neuro-Fuzzy) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีผู้นำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และการพยากรณ์ในหลายด้าน มีกระบวนการเรียนรู้ในตัวเอง สามารถตีความหมายวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ ทำให้นำมาใช้ในการเรียนรู้ วิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์และปริมาณการซื้อขายในอดีต เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของราคาหลักทรัพย์ได้

งานวิจัยนี้นำเสนอด้วยการประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซี โดยใช้ราคาปิดและปริมาณการซื้อขายหลักทรัพย์ในอดีตจากหลักทรัพย์ในกลุ่มดัชนี SET 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (The Stock Exchange of Thailand: SET) ตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2556 ของ 26 หลักทรัพย์ ประกอบด้วย ADVANC, BAY, BBL, BCP, BEC, CPF, DELTA, HMPRO, INTUCH, KK, KTB, LH, MINT, PTT, PTTEP, ROBINS, SCB, SCC, SCCC, SPALI, TCAP, THAI, TISCO, TMB, TRUE, TUF เป็นข้อมูลในการสร้างตัวแบบนิวโรฟัซซี โดยข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี เช่น พ.ศ. 2546 – 2550 เป็นข้อมูลฝึกหัดตัวแบบ และปีถัดไป พ.ศ. 2551 เป็นปีที่ทดลองลงทุน จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลตอบแทนที่ได้จากวิธีที่นำเสนอกับการลงทุนแบบ DCA และ VA เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกลงทุนในช่วงเวลาที่เหมาะสม ให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด

ข้อมูลปัจจุบันนำเข้าประกอบด้วยราคาปิด (Close Price) อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคา (Price Rate of Change: PROC) ปริมาณการซื้อขาย (Volume) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย (Volume Rate of Change: VROC) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้นิวโรฟัซซีแบบ

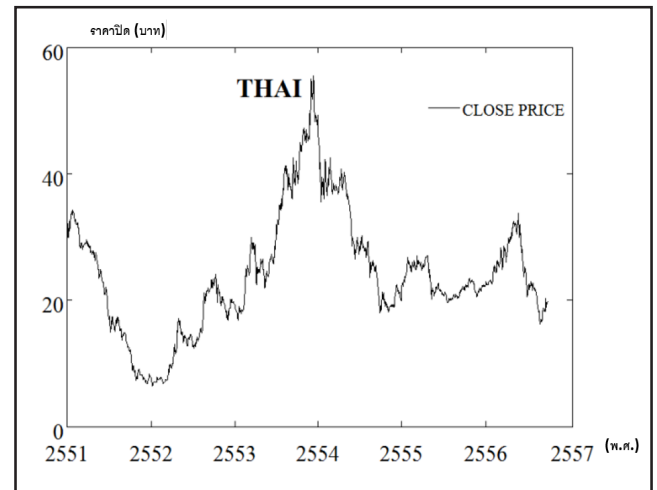
ปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS) การจำลองการซื้อขายอยู่ในสภาวะที่ตลาดปกติ ไม่มีการคิดค่าคอมมิชชั่น รวมถึงปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อการลงทุน เช่น สภาวะเศรษฐกิจ การเมือง และภาวะเศรษฐกิจของต่างประเทศ

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

เปิดทำการซื้อขายหลักทรัพย์เมื่อวันที่ 30 เมษายน 2518 [1] ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการซื้อขายหลักทรัพย์ ให้ดำเนินไปอย่างมีระเบียบ ยุติธรรม และส่งเสริมให้เกิดการระดมเงินออมจากประชาชนไปลงทุนในกิจการที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจโดยรวม [1] ข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์แนวโน้มการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์มีดังนี้

2.1.1 ราคาปิด คือข้อมูลราคาของหลักทรัพย์ใดๆ ที่เกิดจากการซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์เป็นรายการสุดท้ายของแต่ละวันในวันปัจจุบัน ลักษณะการเคลื่อนไหวของราคาปิดแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของราคาปิด บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2551-2557

2.1.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคา เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หลักทรัพย์ระยะสั้น ที่มีการเปรียบเทียบราคาปิดของวันปัจจุบันกับเมื่อ  $n$  วันที่ผ่านมาว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปร้อยละเท่าใด ( $n$  คือจำนวนวันก่อนหน้าที่ใช้เปรียบเทียบ) ดังสมการที่ 1 [2]

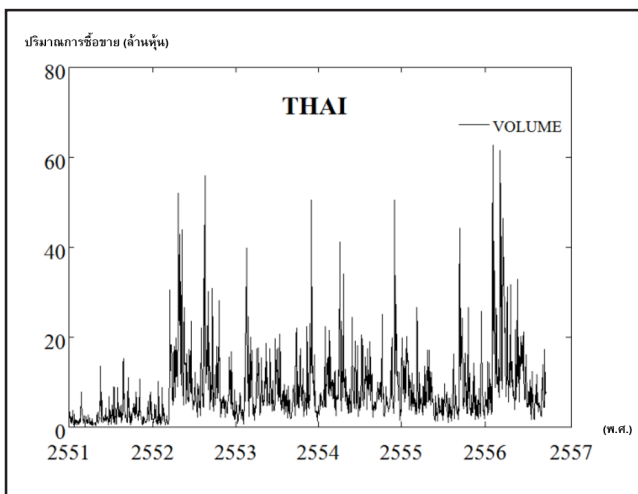
$$PROC = \left[ \frac{C - C_n}{C_n} \right] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $C$  คือราคาปิดของวันปัจจุบัน

$C_n$  คือราคาปิดของ 12 วันที่ผ่านมา

ถ้าราคาปิดวันปัจจุบันสูงกว่า 12 วันก่อนหน้า ค่าของ PROC จะมีค่าเป็นบวก ถ้าต่ำกว่าจะมีค่าเป็นลบ

2.1.3 ปริมาณการซื้อขาย คือจำนวนของหลักทรัพย์ใดๆ ที่มีการซื้อขายในแต่ละวัน ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนไหวดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะการเคลื่อนไหวของปริมาณการซื้อขายบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2551-2557

2.1.4 อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย เป็นเครื่องมือชี้วัดทิศทางการเคลื่อนไหวของปริมาณการซื้อขายหลักทรัพย์ ช่วยให้เห็นความแตกต่างของปริมาณการซื้อขายในวันปัจจุบันเทียบกับ  $n$  วันที่ผ่านมา ( $n$  คือจำนวนวันก่อนหน้าที่ใช้เปรียบเทียบ) คำนวณได้จากสมการที่ 2 [3]

$$VROC = \left[ \frac{V - V_n}{V_n} \right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ  $V$  คือปริมาณการซื้อขายในปัจจุบัน

$V_n$  คือปริมาณการซื้อขาย 12 วันที่ผ่านมา

ถ้าปริมาณการซื้อขายในวันปัจจุบันเพิ่มขึ้นมากกว่า 12 วันก่อนหน้าค่าของ VROC จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าน้อยกว่าจะมีค่าลดลง

## 2.2 การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุน

เป็นกลยุทธ์ที่กระจายความเสี่ยงการลงทุน ลงทุนเป็นประจำตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้อย่างสม่ำเสมอ โดยไม่ต้องดูความเคลื่อนไหวของตลาด เมื่อภาวะตลาดดีราคาหลักทรัพย์สูงทำให้ซื้อหลักทรัพย์ได้จำนวนน้อย แต่เมื่อราคาต่ำลงจะซื้อได้จำนวนเพิ่มมากขึ้นด้วยเงินจำนวนเดียวกัน [4] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุน

งวด	ราคาต่อหน่วย (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	หน่วยที่ซื้อ (หน่วย)	หน่วยสะสม (หน่วย)
1	9.70	10,000	1,030.93	1,030.93
2	10.30	20,000	970.87	2,001.80
3	10.60	30,000	943.40	2,945.20
4	14.20	40,000	704.23	3,649.42

## 2.3 การลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่า

เป็นกลยุทธ์การลงทุนที่พัฒนาโดย ศาสตราจารย์ ไมเคิล อีเดลสัน เป็นวิธีที่ควบคุมมูลค่าพอร์ตให้เพิ่มขึ้นสม่ำเสมอ โดยกำหนดเป้าหมายไว้ล่วงหน้าแล้ว เมื่อราคาหลักทรัพย์มีขึ้นและลงทำให้จำนวนเงินลงทุนในพอร์ตแต่ละงวดจะไม่เท่ากัน กรณีที่ราคาปรับตัวขึ้นจนทำให้มูลค่าพอร์ตเกินกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จึงทำการขายเพื่อเป็นกำไรทำให้จำนวนหลักทรัพย์ที่ได้แต่ละงวดมีเพิ่มและลดตามภาวะตลาด [4] ดังตารางที่ 2

## 2.4 ระบบนิวโรฟัซซี

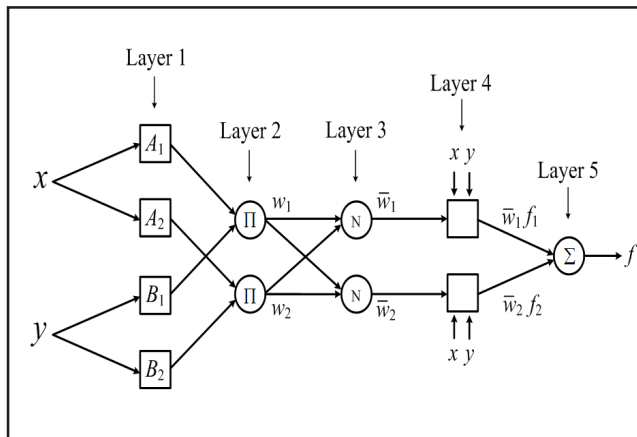
เป็นระบบที่ประยุกต์จากโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจุดเด่นด้านการเรียนรู้จากข้อมูลมาใช้กับฟัซซีลอจิกที่สามารถตีความให้อยู่ในรูป If-Then ช่วยในการตัดสินใจที่คลุมเครือ เมื่อสองศาสตร์นี้รวมกันกลายเป็นนิวโรฟัซซี ซึ่งเป็นระบบที่มีกระบวนการเรียนรู้ในตัวเอง สามารถตีความหมายและให้เหตุผลได้ ระบบนิวโรฟัซซีที่มีชื่อเสียงใช้กันแพร่หลายคือ ANFIS [5]

ANFIS เป็นระบบอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายที่ปรับตัวได้ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียม มีโครงสร้างดังภาพที่ 3 [6]

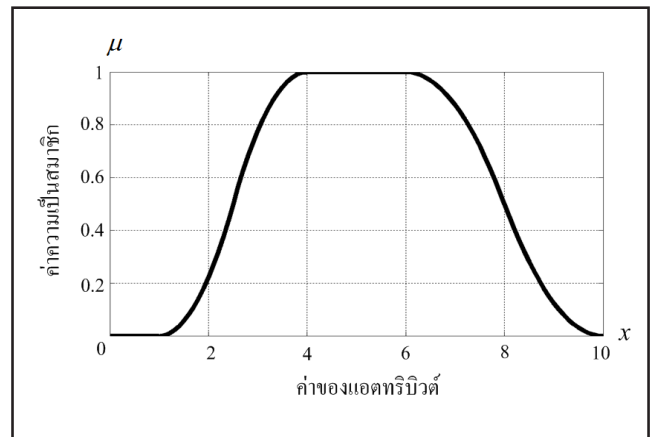


ตารางที่ 2 ตัวอย่างการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่า

งวด	ราคาต่อหน่วย (บาท)	เป้าหมายมูลค่าพอร์ต (บาท)	มูลค่าพอร์ตปัจจุบัน (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	เงินลงทุนสะสม (บาท)	จำนวนหน่วยที่ซื้อ / ขาย (หน่วย)	จำนวนหน่วยสะสม (หน่วย)
1	9.70	10,000	10,000	10,000	10,000	1,031	1,031
2	10.30	20,000	10,619	9,381	19,381	911	1,942
3	12	30,000	20,583	9,417	28,799	888	2,830
4	20	40,000	40,189	-189	28,610	-13	2,817



ภาพที่ 3 โครงสร้างของ ANFIS



ภาพที่ 4 ลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกพาย

จากภาพที่ 3 โครงสร้างของ ANFIS ประกอบด้วย 2 อินพุตคือ  $x$  และ  $y$  แต่ละอินพุตแบ่งเป็น 2 ฟัซซีเซต และ 1 เอาต์พุตคือ  $y$  ประกอบด้วย 5 ชั้น (Layer) ดังนี้

ชั้นที่ 1 ทุกโหนด  $i$  ของชั้นนี้สามารถปรับพารามิเตอร์ได้ โดยมีฟังก์ชันโหนดทำหน้าที่หาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตแต่ละตัว เขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ดังสมการที่ 3 [6]

$$\begin{aligned} o_{1,i} &= \mu_{A_i}(x), & i=1,2 & \text{ or} \\ o_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(y), & i=3,4 \end{aligned} \quad (3)$$

เมื่อ  $o_{1,i}$  คือ ผลลัพธ์ของชั้นที่ 1,  $\mu_{A_i}(x)$  คือ ค่าความเป็นสมาชิกของอินพุต  $x$  ในฟัซซีเซต  $A_i$  ของโหนดที่  $i$ ,  $\mu_{B_{i-2}}(y)$  คือ ค่าความเป็นสมาชิกของอินพุต  $y$  ในฟัซซีเซต  $B_{i-2}$  ของโหนดที่  $i$  ชั้นนี้ใช้ในการกำหนดชนิดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของอินพุต ลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกพาย (Pi MF) ดังภาพที่ 4

คำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกดังสมการที่ 4 [7]

$$Pi(x : a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1-2\left(\frac{x-c}{d-c}\right)^2, & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2\left(\frac{x-d}{d-c}\right)^2, & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0, & x \leq d \end{cases} \quad (4)$$

ชั้นที่ 2 ทุกโหนด  $i$  ของชั้นนี้ปรับพารามิเตอร์ไม่ได้ แทนด้วยสัญลักษณ์  $\pi$  เป็นชั้นที่ทำการคำนวณหาความสัมพันธ์ของอินพุตเวกเตอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยคูณสัญญาณเข้าที่เป็นฟัซซีเข้าด้วยกันและส่งค่าฟัซซีผลคูณเป็นสัญญาณออกดังสมการที่ 5 [6]

$$o_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

เมื่อ  $w_i$  คือ ค่า Firing Strength จากกฎแต่ละข้อ  
 ขั้นที่ 3 ทุกโหนด  $i$  ของชั้นนี้ปรับพารามิเตอร์ไม่ได้ แทนด้วยสัญลักษณ์  $N$  เป็นการทำให้ Normalize Firing Strength เป็นชั้นที่ทำค่าฟัซซีผลรวมจากข้อตั้งทุกกฎให้เป็นหนึ่งโดยค่าฟัซซีจากกฎแต่ละข้อจะถูกหารด้วยผลรวมของค่าฟัซซีจากกฎทุกข้อ ดังสมการที่ 6 [6]

$$o_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

ขั้นที่ 4 ทุกโหนด  $i$  ของชั้นนี้สามารถปรับพารามิเตอร์ได้เป็นชั้นในการหาผลลัพธ์ของกฎฟัซซีที่รับค่ามาจากขั้นที่ 3 ดังสมการที่ 7 [6]

$$o_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i x + r_i) \quad (7)$$

เมื่อ  $w_i$  คือเอาต์พุตจากขั้นที่ 3 และ  $\{p_i, q_i, r_i\}$  เป็นเซตของค่าพารามิเตอร์ Consequent Parameters

ขั้นที่ 5 โหนดเดียวของชั้นนี้ปรับพารามิเตอร์ไม่ได้ แทนด้วยสัญลักษณ์  $\Sigma$  เป็นชั้นเอาต์พุตของโครงข่าย ทำการหาค่าผลรวมของเอาต์พุตที่ได้จากขั้นที่ 4 ด้วยวิธี Sum-Product Composition ดังสมการที่ 8 [6]

$$o_{5,1} = \text{overalloutput} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (8)$$

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลงทุนแบบ DCA และ VA มีผู้ดำเนินการวิจัยดังนี้ กิตติ พิทักษ์ทอง เปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุนแบบ DCA และ VA ในหลักทรัพย์ที่ใช้คำนวณดัชนี SET 50 ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จำนวน 17 หลักทรัพย์ ทำการเปรียบเทียบผลในช่วงระยะสั้น 1 ปี ระยะกลาง 5 ปี และระยะยาว 10 ปี ตั้งแต่ มกราคม 2539 ถึง ธันวาคม 2548 จำนวน 120 เดือน พบว่าการลงทุนแบบ VA ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าการลงทุนแบบ DCA [8] นอกจากนี้งานวิจัยของกำพล ปัญญาโกเมศ เปรียบเทียบประสิทธิภาพกลยุทธ์การลงทุนแบบ DCA และ VA ใช้ข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม 2543 ถึง พฤศจิกายน 2553 จากดัชนีผลตอบแทนรวมตลาดหลักทรัพย์ (SET TRI) คำนวณโดยตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบพบว่า การ

ลงทุนแบบ VA มีประสิทธิภาพสูงกว่าการลงทุนแบบ DCA เช่นเดียวกัน [9] การนำนิวโรฟัซซีมาใช้ในการวิเคราะห์หลักทรัพย์มีผู้ดำเนินการวิจัยดังนี้ ต้อง ศรีรักษา คาดการณ์ราคาหุ้นระยะสั้นโดยวิธีการผสมผสานทำซ้ำตัวกรองความชัน การปรับตัวเข้าหา และการปรับตัวการเรียนรู้ นิวรอลฟัซซี โดยใช้ในการเรียนรู้จากข้อมูลในอดีตสำหรับการคาดการณ์ที่มีความน่าเชื่อถือได้ โดยพัฒนาจากแนวคิดของ SVR (Support Vector Regression) และ ANFIS เพื่อนำข้อดีของแต่ละวิธีการมาส่งเสริมและลดข้อจำกัดของทั้งสองวิธีมาพัฒนาเป็นโมเดล NFSV (Neuro-Fuzzy with Support Vector Guideline System) ใช้ข้อมูลจริงจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยจำนวน 10 ตัวอย่างราคาหลักทรัพย์ ผลการศึกษา การคาดการณ์ราคาปิดและราคาสูงสุดทั้งโมเดล AMA (Adaptive Moving Approach) และโมเดล NFSV ให้ผลดีกว่าวิธีอ้างอิงมาตรฐานโมเดล Naive ขณะที่การคาดการณ์ราคาต่ำสุดและราคาเปิด ด้วยวิธีการของระบบ NFSV ให้ผลที่ดีกว่า [10] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Pei-Chann Chang และ Chen-Hao Liu พัฒนาโมเดลฟัซซีสำหรับการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ โดยใช้ตัวแปรอินพุตเป็นตัวชี้วัดทางเทคนิค ประกอบด้วย Moving Average (MA), BIAS, Relative Strength Index (RSI), FKD, MACD และ Psychological line (PSY) โดยทำการทดสอบตัวแบบกับหลักทรัพย์กลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ได้หวั่น จากตลาดหลักทรัพย์ได้หวั่น (TSE) โดยใช้ข้อมูลดัชนีราคาหลักทรัพย์ได้หวั่นระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม 2546 ถึง 31 ธันวาคม 2548 และข้อมูลราคาหลักทรัพย์ Media Tek ระหว่างวันที่ 3 มีนาคม 2545 ถึง 4 มกราคม 2549 ผลการทดสอบตัวแบบสามารถพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ได้หวั่นที่ความถูกต้องร้อยละ 97.6 และ Media Tek ที่ร้อยละ 98.08 [11]

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและถัวเฉลี่ยมูลค่าให้ผลตอบแทนที่ดี หากนำความสามารถในการเรียนรู้ในตัวเอง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลได้ของนิวโรฟัซซีมาประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนวิธีการลงทุนดังกล่าวจะทำให้ได้รับผลตอบแทนที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ระบบนิวโรฟัซซีสำหรับเป็นเครื่องมือในการบอกสัญญาณซื้อให้กับการลงทุนข้างต้น งานวิจัยข้างต้นบางงานเป็นการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ซึ่งใช้การวัดผลการพยากรณ์ โดยวัดจากค่าผิดพลาดเฉลี่ย



กำลังสอง (Mean Square Error: MSE) และค่ารากที่สองของค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Squared Error: RMSE) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่นำเสนอนี้ที่เป็นการประยุกต์ใช้นิวโรฟัซซีสำหรับเป็นเครื่องมือในการบอกสัญญาณการลงทุน โดยจำลองการลงทุนตามวิธีการที่นำเสนอ จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลจากอัตราผลตอบแทนการลงทุนของแต่ละวิธี

### 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การศึกษาข้อมูล

3.1.1 ศึกษาวิธีการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและถัวเฉลี่ยมูลค่า พบว่าการลงทุนทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันคือวิธีถัวเฉลี่ยต้นทุนเป็นการลงทุนโดยควบคุมเงินลงทุนให้เท่ากันทุกงวด ส่วนวิธีถัวเฉลี่ยมูลค่าเป็นการลงทุนโดยควบคุมมูลค่าพอร์ตให้เพิ่มขึ้นตามเป้าหมาย แต่ทั้งสองวิธีมีการเลือกลงทุนที่สม่ำเสมอ โดยไม่ใช้เครื่องมือใดสนับสนุน

3.1.2 ศึกษากระบวนการนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ พบว่า ANFIS เป็นโมเดลหนึ่งของฟัซซีที่ได้รับการนำไปประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ จำแนกประเภทข้อมูลรวมถึงความสามารถในการเรียนรู้จัดจํารูปแบบข้อมูล สามารถประยุกต์ใช้สำหรับสนับสนุนการลงทุนในหลักทรัพย์ได้

#### 3.2 การจัดเตรียมข้อมูล

3.2.1 จัดเตรียมข้อมูลสำหรับการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและถัวเฉลี่ยมูลค่า โดยนำข้อมูลราคาปิดของ 26 หลักทรัพย์ ในวันทำการแรกของทุกเดือนตั้งแต่ 2 มกราคม 2551 ถึง 30 กันยายน 2556 มาใช้เป็นข้อมูลทดลองการลงทุนและนำข้อมูลราคาปิดในวันทำการสุดท้ายของปี 2551 ถึง 2555 และวันที่ 30 กันยายน 2556 มาใช้คำนวณกับหน่วยลงทุนที่ได้เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทน

3.2.2 จัดเตรียมข้อมูลสำหรับ ANFIS ประกอบด้วย

1) ชุดข้อมูลฝึกหัด (Training Set) ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้าและข้อมูลเป้าหมายของ 26 หลักทรัพย์ ช่วงระยะเวลา 5 ปี ดังตารางที่ 3

2) ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) คือข้อมูลนำเข้าแต่ละหลักทรัพย์ ช่วงระยะเวลา 1 ปี ดังตารางที่ 4

ชุดข้อมูลฝึกหัดและชุดข้อมูลทดสอบแบ่งตามช่วงระยะเวลา ดังตารางที่ 5

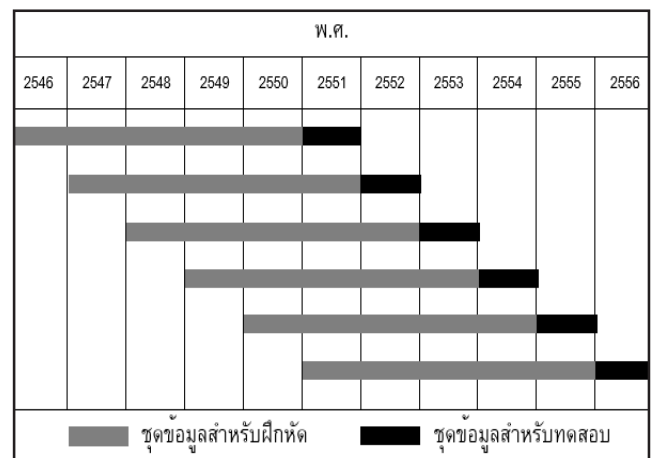
ตารางที่ 3 ชุดข้อมูลฝึกหัด

ลำดับ	ข้อมูลนำเข้า
1	ราคาปิด
2	อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคาปิด
3	ปริมาณการซื้อขาย
4	อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย
ข้อมูลเป้าหมาย	
5	ราคาปิดในวันถัดไป (Predict)

ตารางที่ 4 ชุดข้อมูลทดสอบ

ลำดับ	ข้อมูลนำเข้า
1	ราคาปิด
2	อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคาปิด
3	ปริมาณการซื้อขาย
4	อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการซื้อขาย

ตารางที่ 5 การแบ่งชุดข้อมูลสำหรับฝึกหัดและทดสอบ



#### 3.2.3 การแปลงค่าข้อมูล (Data Transformation)

การแปลงค่าข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของนิวโรฟัซซีใช้วิธีการทำข้อมูลให้เป็นฐานเดียวกัน (Normalization) งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลช่วง 0 ถึง 1 เป็นค่าที่เหมาะสมกับฟังก์ชันที่ใช้วิธีที่ใช้คือการแปลงค่าข้อมูลในลักษณะเป็นเชิงเส้น (Min-max Normalization) แสดงดังสมการที่ 9 [12]

$$V' = \frac{V - \min_{old}}{\max_{old} - \min_{old}} \quad (9)$$



โดยที่  $V'$  คือค่าของข้อมูลที่ได้หลังจากผ่านสมการ

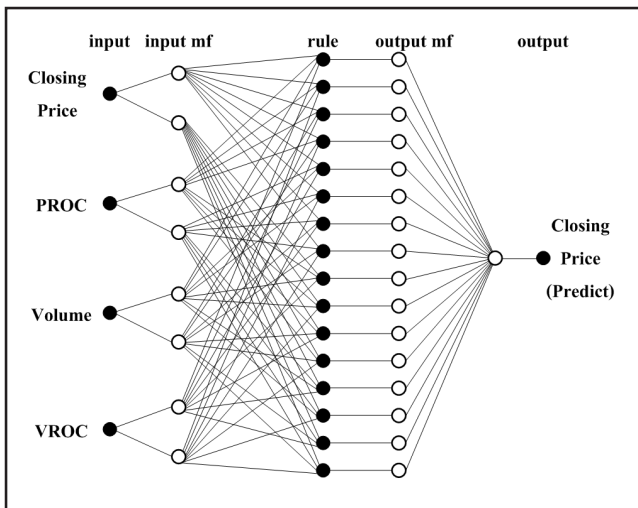
$V$  คือค่าของข้อมูลก่อนผ่านสมการ

$min_{old}$  คือค่าของข้อมูลที่ค่าต่ำสุดก่อนผ่านสมการ

$max_{old}$  คือค่าของข้อมูลที่ค่าสูงสุดก่อนผ่านสมการ

### 3.3 การออกแบบและทดสอบ

3.3.1 การออกแบบนิวโรฟัซซีแบบปรับตัวได้ การออกแบบ ANFIS ทำการทดลองจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุต 8 ชนิดคือ ฟังก์ชันสามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยมคางหมู, พี-ซิกมอยด์, ดี-ซิกมอยด์, ระฆังคว่ำ, พาย, เกาส์เซียนและเกาส์เซียน 2 โดยพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของการเรียนรู้ที่มีค่าต่ำสุดสำหรับสร้างตัวแบบ โครงสร้างตัวแบบ ANFIS ที่ทำการออกแบบ ดังภาพที่ 5 และมีการกำหนดฟังก์ชันการสร้างตัวแบบดังนี้



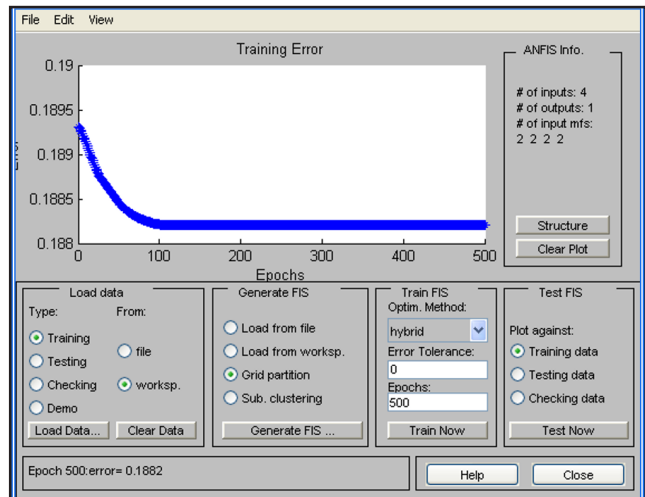
ภาพที่ 5 โครงสร้างตัวแบบ ANFIS

มีการกำหนดฟังก์ชันการทำงานดังนี้

- 1) การเรียนรู้ ใช้อัลกอริธึมแบบไฮบริดจ์
- 2) การจัดกลุ่มข้อมูล ใช้แบ่งแบบตรงแกระง
- 3) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้านอินพุตใช้ฟังก์ชันพายจำนวน 2 ฟังก์ชัน ได้จากการทดลองเปรียบเทียบจากฟังก์ชัน 8 ชนิดข้างต้น และจำนวนฟังก์ชันจาก 2 และ 3 จำนวน โดยเลือกฟังก์ชันที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของการเรียนรู้ต่ำที่สุด
- 4) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้านเอาต์พุตใช้ฟังก์ชันเชิงเส้น
- 5) จำนวนรอบสำหรับฝึกตัวแบบ 500 รอบ ได้จากการทดลองใช้กับฟังก์ชัน 8 ชนิดข้างต้น กับชุดข้อมูลฝึกหัดของ

ทุกฟังก์ชัน กระทั่งมีค่าความคลาดเคลื่อนคงที่

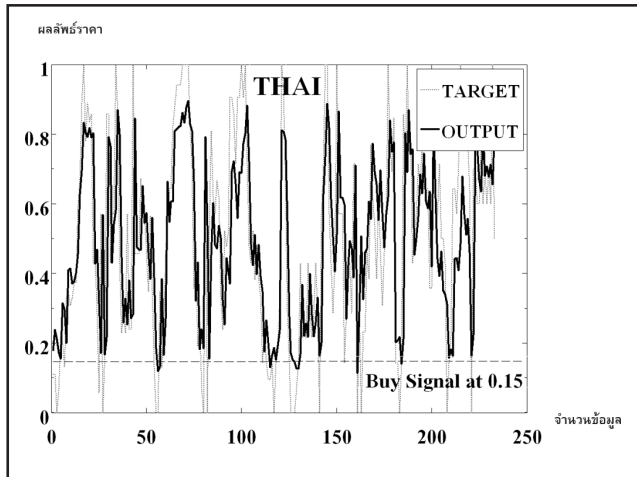
3.3.2 ทำการป้อนชุดข้อมูลฝึกหัดตามข้อมูลที่เตรียมตามการออกแบบข้างต้น ตัวอย่างการฝึกหัดข้อมูลในการสร้างตัวแบบ พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2554 จากข้อมูลอินพุตจำนวน 30,160 เรคอร์ด กำหนดให้ทำการฝึกหัด 500 รอบ มีค่าความคลาดเคลื่อนของการเรียนรู้ที่ 0.1882 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำสุดจากการทดลอง ดังภาพที่ 6



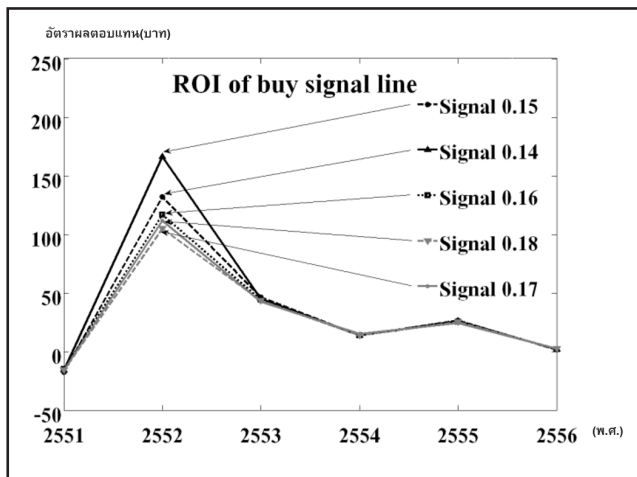
ภาพที่ 6 การฝึกหัดข้อมูลในการสร้างตัวแบบ พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2554

3.3.3 ทำการป้อนข้อมูลทดสอบตามข้อมูลที่เตรียมและออกแบบกับตัวแบบเพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุต ตัวอย่างข้อมูลเป้าหมายกับข้อมูลเอาต์พุตจากตัวแบบที่สร้างขึ้นของหลักทรัพย์ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2555 ดังภาพที่ 7

ข้อมูลเป้าหมายกับข้อมูลเอาต์พุตจากตัวแบบที่สร้างขึ้นของหลักทรัพย์ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2555 โดยเส้นประคือ ข้อมูลเป้าหมายที่แสดงการเคลื่อนไหวของราคาปิดวันถัดไป ที่ผ่านการทำให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกันอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เส้นทึบคือข้อมูลเอาต์พุตจากตัวแบบที่สร้างขึ้นที่เคลื่อนไหวในช่วง 0 ถึง 1 โดยกำหนดเส้นสัญญาณซื้อ 5 ระดับคือ 0.14, 0.15, 0.16, 0.17 และ 0.18 จากนั้นนำข้อมูลไปเปรียบเทียบในการลงทุนแบบ ANFIS-VA และเลือกระดับที่ทำการลงทุนแล้วได้ตอบแทนที่ดีที่สุดคือ 0.15 ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ข้อมูลเป้าหมายกับข้อมูลเอาต์พุตจากตัวแบบที่สร้างขึ้นของหลักทรัพย์ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2555



ภาพที่ 8 อัตราผลตอบแทนของเส้นสัญญาณซื้อ 5 ระดับ

### 3.4 กำหนดวิธีการลงทุน

3.4.1 การลงทุนแบบ DCA ลงทุนเป็นรายเดือน ในวันทำการแรกของตลาดหลักทรัพย์ทุกเดือน โดยลงทุนเดือนละ 10,000 บาท เท่ากันทุกเดือน และในวันทำการสุดท้ายของปีจะทำการขาย เพื่อคำนวณผลตอบแทน

3.4.2 การลงทุนแบบ VA ลงทุนเป็นรายเดือน ในวันทำการแรกของตลาดหลักทรัพย์ทุกเดือน โดยรักษามูลค่าหลักทรัพย์ให้เพิ่มขึ้นเดือนละ 10,000 บาท ดังนั้นการลงทุนในแต่ละเดือนจะไม่เท่ากันและในวันทำการสุดท้ายของปี จะทำการขายเพื่อคำนวณผลตอบแทน

3.4.3 การลงทุนแบบ ANFIS-DCA เป็นการลงทุนตามสัญญาณที่ได้จากผลลัพธ์ของข้อมูลจากการทดสอบด้วย

นิวโรฟัซซี ดังภาพที่ 3-12 ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยเลือกค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.15 เป็นสัญญาณซื้อ ซึ่งในแต่ละเดือนอาจจะไม่มีสัญญาณหรือมีมากกว่าหนึ่งครั้ง ทำการลงทุนทุกครั้งตามสัญญาณโดยลงทุนครั้งละ 10,000 บาท และในวันทำการสุดท้ายของปีทุกปีจะทำการขายเพื่อคำนวณผลตอบแทน

3.4.4 การลงทุนแบบ ANFIS-VA เป็นการลงทุนตามสัญญาณที่ได้จากผลลัพธ์ของข้อมูลจากการทดสอบด้วยนิวโรฟัซซี โดยเลือกค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.15 เป็นสัญญาณซื้อ ซึ่งในแต่ละเดือนอาจจะไม่มีสัญญาณหรือมีมากกว่าหนึ่งครั้ง ทำการลงทุนโดยรักษามูลค่ากลุ่มหลักทรัพย์ให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 10,000 บาท และในวันทำการสุดท้ายของปีทุกปีจะทำการขายเพื่อคำนวณผลตอบแทน

นอกจากนี้กำหนดให้สามารถซื้อหรือขายหลักทรัพย์เป็นจำนวนเศษได้ เพื่อให้สอดคล้องกับวิธีการลงทุนแบบ DCA และ VA เนื่องจากการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนใช้จำนวนหน่วยลงทุนคูณด้วยราคาปิดวันทำการสุดท้ายของปี

### 3.5 เปรียบเทียบผลการวิจัย

3.5.1 เปรียบเทียบผลตอบแทน โดยคำนวณอัตราผลตอบแทน ROI (Return on Investment) ดังสมการที่ 10 ทำการปรับสมการตามวิธีการลงทุนแบบ DCA และ ANFIS-DCA ดังสมการที่ 11 และการลงทุนแบบ VA และ ANFIS-VA ดังสมการที่ 12

$$ROI = \frac{\text{รายรับ} - \text{ต้นทุน}}{\text{ต้นทุน}} \times 100 \quad (10)$$

$$ROI_{DCA} = \frac{(AU \times CP) - AI}{AI} \times 100 \quad (11)$$

โดยที่  $ROI_{DCA}$  คืออัตราผลตอบแทน DCA

$AU$  คือจำนวนหน่วยสะสม

$CP$  คือราคาปิดวันทำการสุดท้ายของปี

$AI$  คือจำนวนเงินลงทุนทั้งหมด

$$ROI_{VA} = \frac{(AU \times CP) - EF}{EF} \times 100 \quad (12)$$





โดยที่  $ROI_{VA}$  คืออัตราผลตอบแทน VA

$AU$  คือจำนวนหน่วยสะสม

$CP$  คือราคาปิดวันทำการสุดท้ายของปี

$EF$  คือจำนวนเงินสะสมสิ้นงวด

3.5.2 เปรียบเทียบจำนวนหลักทรัพย์ที่มีผลตอบแทนสูงสุด โดยนับจากจำนวนหลักทรัพย์ที่ลงทุนทั้ง 4 วิธี ในปีทำการทดสอบที่มีผลตอบแทนสูงสุดจาก 26 หลักทรัพย์

#### 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยโดยรวมจากการลงทุนใน 26 หลักทรัพย์ ด้วยวิธีการลงทุนแบบ DCA, VA, ANFIS-DCA และ ANFIS-VA เปรียบเทียบผลโดยวัดจากอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนและจำนวนหลักทรัพย์ที่มีผลตอบแทนสูงสุดในแต่ละปี ได้ผลดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเฉลี่ย 6 ปี

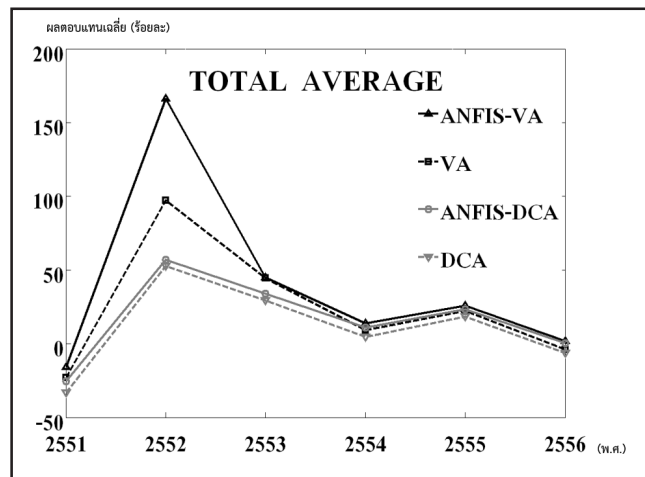
ปี	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเฉลี่ยโดยรวม			
	DCA	VA	ANFIS-DCA	ANFIS-VA
2551	-33.19	-23.11	-25.25	-15.73
2552	52.56	97.18	56.93	166.16
2553	29.46	44.61	33.95	44.98
2554	4.48	9.17	11.01	13.89
2555	18.57	22.45	23.27	25.92
2556	-6.41	-3.94	0.35	1.71
เฉลี่ย 6 ปี	10.91	24.39	16.71	39.49

ตารางที่ 7 จำนวนหลักทรัพย์ที่มีผลตอบแทนสูงสุด

ปี	จำนวนหลักทรัพย์ที่มีผลตอบแทนสูงสุด			
	DCA	VA	ANFIS-DCA	ANFIS-VA
2551	0	2	0	24
2552	0	12	0	14
2553	0	9	0	17
2554	0	5	1	20
2555	0	5	0	21
2556	0	3	0	23
เฉลี่ย 6 ปี	0	6	0	20

จากตารางที่ 6 เปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเฉลี่ยโดยรวมของ 26 หลักทรัพย์ ทั้ง 6 ปี พบว่าการลงทุนแบบ ANFIS-VA ได้ผลตอบแทนสูงสุดร้อยละ 39.49 รองลงมาคือ การลงทุนแบบ VA ได้ผลตอบแทนร้อยละ 24.39 การลงทุนแบบ ANFIS-DCA ได้ผลตอบแทนร้อยละ 16.71 และการลงทุนแบบ DCA ได้ผลตอบแทนต่ำสุดเพียงร้อยละ 10.91

จากตารางที่ 7 เปรียบเทียบด้วยจำนวนหลักทรัพย์ที่ทำการลงทุน ว่าแต่ละวิธีการลงทุนที่นำเสนอมีจำนวนหลักทรัพย์เท่าใดที่ได้รับผลตอบแทนสูงที่สุดทั้ง 6 ปี จาก 26 หลักทรัพย์ พบว่าการลงทุนแบบ VA มีหลักทรัพย์ที่มีผลตอบแทนสูงสุดเฉลี่ยจำนวน 6 หลักทรัพย์ และการลงทุนแบบ ANFIS-VA มีจำนวนหลักทรัพย์ที่มีอัตราผลตอบแทนสูงสุดเฉลี่ยจำนวน 20 หลักทรัพย์ โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนทั้ง 6 ปี ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทน

#### 5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยโดยการนำข้อมูลราคาปิดและปริมาณการซื้อขายซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางเทคนิคในการวิเคราะห์แนวโน้มการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ พบว่าในปีที่สภาวะตลาดมีความผันผวนมาก เช่น พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2551 เกิดวิกฤตซับไพรม์ และเหตุการณ์ทางการเมืองไทย ทำให้ดัชนีหลักทรัพย์ลดลงมาก ซึ่งสอดคล้องกับทุกวิธีการลงทุนที่ทำการวิจัยประสิทธิภาพขาดทุนด้วย แต่การลงทุนแบบ ANFIS-VA ยังขาดทุนน้อยกว่าการลงทุนด้วยวิธีการเดิม รวมถึงปีที่ผ่านมา พ.ศ. 2556 การลงทุนด้วยวิธีการ



เดิมประสิทธิภาพขาดทุน แต่การลงทุนโดยใช้นิวโรฟัซซี ANFIS-DCA ได้อัตราผลตอบแทนที่ร้อยละ 0.35 ส่วน ANFIS-VA สามารถทำผลตอบแทนได้ร้อยละ 1.71 อีกด้วย ในปีที่สภาวะตลาดปกติมีความผันผวนน้อย มีปัจจัยภายนอกมีผลกระทบต่อผลตอบแทนเช่น พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2555 การลงทุนแบบ DCA และ VA ได้ผลตอบแทนดี และวิธีที่นำเสนอก็ได้รับผลตอบแทนที่ดีกว่า และเมื่อวัดด้วยจำนวนหลักทรัพย์ที่ได้รับผลตอบแทนสูงสุดในวิธีที่นำเสนอก็มีจำนวนหลักทรัพย์ที่มากกว่าอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตามการเลือกข้อมูลปัจจัยนำเข้าสำหรับสร้างตัวแบบข้างต้น ก็ได้ผลดีในระดับหนึ่ง แต่อาจไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ของนิวโรฟัซซี ปัจจัยด้านอื่นๆ รวมถึงค่าคอมมิชชั่น เป็นสิ่งที่ควรพิจารณาให้เป็นที่ไปตามสภาวะจริงเพื่อประสิทธิภาพในการลงทุน ปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้เช่น สภาวะเศรษฐกิจ การเมือง ภัยธรรมชาติ ก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการลงทุนเป็นสิ่งที่นักลงทุนควรพิจารณาและที่สำคัญคือต้องรักษาวินัยในการลงทุน

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. *ก้าวแรกสู่การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์*, หน้า 4, ส่วนสิ่งพิมพ์ ฝ่ายสื่อสารองค์กร ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2545.
- [2] สนธิ อังสนากุล. *มหัศจรรย์แห่งเทคนิค*, ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 178, 2547.
- [3] Smart Investor, *เทคนิควิเคราะห์หุ้น Moving Average*, ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 69, 2555.
- [4] Jonathan Lansner and Jae K. Shim. *101 Investment Tools for Buying Low & Selling High*, 259, CRC Press, pp. 64-65, 2000.
- [5] พยุง มีสัจ. *ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม*, ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 205, 2553.
- [6] Jyh-Shing Roger Jang and Chuen-Tsai Sun. "Neuro-Fuzzy Modeling and Control." *In Proceedings of the IEEE*, Vol. 83, No. 3, pp. 378-406, 1995.
- [7] Math Works. *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*, The Math Work Inc, USA, pp. 273, 2012.
- [8] กิตติ พิทักษ์ทอง. *การศึกษามูลค่าและความเสี่ยงของการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยต้นทุนและการลงทุนแบบถัวเฉลี่ยมูลค่า*, การค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.
- [9] กำพล ปัญญาโกเมศ. "Performance comparison between Dollar Cost Averaging and Value Averaging Investment Strategies and the impacts of investment horizon and target terminal wealth." *Journal of Applied Finance & Banking*, pp. 15-27, 2556.
- [10] ต๋อง ศรีรักษา. *การคาดการณ์ราคาหุ้นระยะสั้นโดยวิธีการผสมผสานทำซ้ำตัวกรองความชันการปรับตัวเข้าหาและการปรับตัวการเรียนรู้นิวรอลฟัซซี*, วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [11] Pei-Chann Chang and Chen-Hao Liu. "A TSK type fuzzy rule based system for stock price prediction." *Journal Of Expert Systems with Applications*, pp. 135-144, 2008.
- [12] พนิดา ยืนยงสวัสดิ์ และ พยุง มีสัจ. "การพยากรณ์ปริมาณการใช้ยาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม." *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*, หน้า 29, 2549.