# ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 2 สอนด้วยขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกสำหรับตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

# Interval Type-2 Fuzzy Systems Trained by Hybrid Heuristic Algorithm for Stock Exchange of Thailand

อดิศักดิ์ แสงส่องฟ้า (Adisak Sangsongfa)* และ พยุง มีสัจ (Phayung Meesad)*

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการสอนให้ ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาของราคาตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ด้วยขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกแบบใหม่ นั่นคือ ITFS2HH ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่างขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010-2013 เป็นจำนวน 756 วัน แบ่งเป็น 456 วัน สำหรับชุดสอน และ 300 วัน สำหรับชุดทดสอบ ผลการสร้างระบบฟัซซีมีกฎ 10 กฎ มีค่าผิดพลาดสำหรับชุดสอน RMSE = 0.03982 และมีค่าผิดพลาด RMSE = 0.05174 สำหรับชุดทดสอบ

**คำสำคัญ**: ตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 2 วิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึก การพยากรณ์อนุกรมเวลา

**Abstract**

In this research, an interval type-2 fuzzy system trained by a new hybrid heuristic algorithm using genetic algorithm and particle swarm optimization (ITFS2HH) is proposed for time series prediction. The Stock Exchange of Thailand (SET) data set between the years 2010-2013 was used. The author selected 756 days: 456 days for training and 300 for testing. A fuzzy system with 10 rules was generated and had RMSE = 0.03982 in the training set. The resulted fuzzy system produced RMSE = 0.05174 on the test set.

*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**Keyword:** Interval Type-2 Fuzzy Logic System, New Hybrid Heuristic Algorithm, Time Series Prediction.

## 1. บทนำ

การพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์นับเป็นเรื่องที่น่าสนใจและท้าทายต่อทั้งนักลงทุนและนักวิชาการ เพราะตลาดหลักทรัพย์มีความผันผวนและอ่อนไหวต่อหลายๆ ปัจจัยเช่น ปัจจัยความน่าสนใจต่อการลงทุนทางด้านการขยายตัวต่อการลงทุน ทางด้านสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ และอื่นๆ อีกมากมาย โดยเฉพาะตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (Stock Exchange of Thailand (SET)) จะมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมที่นอกเหนือไปจากปัจจัยต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น เช่นปัจจัยจากตลาดหุ้น Dow Jones Index (New York), Strats Times Index (Singapore), Nekkei Index (Japan), Hang Seng Index (Hong Kong) อัตราดอกเบี้ยต่ำ ราคาทองคำ และอัตราค่าเงินบาท เป็นต้น [1], [2]

ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีการศึกษาและทำการวิจัยในหลายๆ วิธีเพื่อให้ได้ค่าการพยากรณ์ที่มีค่าของ รากของค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) หรือค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error (MSE)) น้อยที่สุดเช่น การพยากรณ์ด้วย Multiple Regression [1], Markov Regime Switching GRAPH [2], Evolution Strategies [3], [4] Black-Box [5], An ANFIS Model [6], Neural Network [7] และ Fuzzy Logic System [8] เป็นต้น ซึ่งค่าของความผิดพลาด

กำลังสองเฉลี่ย หรือ รากของค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยที่มีค่าน้อยนั้นหมายถึงค่าที่พยากรณ์ได้ก็จะตรงกับค่าที่เป็นตามความเป็นจริง ยิ่งค่าน้อยมากเท่าไรก็จะตรงกับค่าที่เป็นตามความเป็นจริงมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในแต่ละงานวิจัยต่างก็มีข้อแตกต่างกันออกไปสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

Sopipan [1] ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อพยากรณ์ค่าที่เป็นตามความเป็นจริงของ 50 บริษัทชั้นนำในตลาดหลักทรัพย์ของประเทศไทย ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของตลาดหลักทรัพย์ของไทยด้วยการกำหนดค่าของตัวแปรที่เกิดสหสัมพันธ์กันเองในระดับสูงคือ ค่าจากตลาดหลักทรัพย์อื่นๆ ทั่วโลกเช่น Dow Jones Index (New York), Strats Times Index (Singapore), Nekkei Index (Japan), Hang Seng Index (Hong Kong) เป็นต้น ได้ค่าของระดับคะแนน Principal Component Scores เป็น 99.4% ซึ่งเป็นการนำเอาวิธีทางสถิติและการพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ มาช่วยในการพยากรณ์ Sattayatham [2] ใช้การสร้างแบบจำลองของ autoregressive เพื่อหาค่าเฉลี่ยของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในแต่ละวันของสัปดาห์ ต่อจากนั้นทำการพยากรณ์ค่าความผันผวนของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ด้วยแบบจำลองกราฟและ Markov Regime Switching ซึ่งผลการพยากรณ์สามารถบอกได้ว่า ในวันศุกร์ของทุกสัปดาห์จะมีความผันผวนมากกว่าวันอื่นๆ โดยยืนยันการพยากรณ์ด้วยค่าทางสถิติต่างๆ Sutheebanjard [3] ใช้ศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ในการคำนวณเชิงวิวัฒนาการเรียกว่า ยุทธศาสตร์เชิงวิวัฒนาการ (Evolution Strategies) เพื่อทำการพยากรณ์ตลาดหุ้นไทย ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าน้อยกว่า 1 และผู้วิจัยได้นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับงานเดิมซึ่งงานเดิมค่าของ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าน้อยกว่า 2 [4] Akbar [6] ใช้วิธีการพยากรณ์ด้วย ANFIS Model ด้วยการตั้งเป้าสำหรับการพยากรณ์เพื่อการประมาณการการลงทุนในตลาดหุ้น การลดอัตราการเสี่ยงและเพิ่มความถูกต้องในการลงทุน ในการพัฒนา ANFIS Model มีการนำเอา Fuzzy System เข้ามาช่วยในการจัดกลุ่มข้อมูลของตลาดหลักทรัพย์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม จึงทำการเปรียบเทียบกับวิธีการ Artificial Neural Network, Fuzzy C- Mean และ ANFIS ที่ไม่มีการจัดกลุ่ม ผลที่ได้ค่า RMSE จาก ANFIS ที่พัฒนาขึ้นมีค่าน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ Phaisarn [7] ใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบการส่งค่าย้อนกลับ (back propagation) เพื่อทำการพยากรณ์ดัชนีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยวัดค่าของ MSE และค่าความผิดพลาดของดัชนีตลาดหุ้นมีค่าน้อยกว่า 2% Hector [8] ใช้การทำงานร่วมกันของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 1 และ 2 เช่น การใช้ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 1 ในการกำหนดค่าของ linguistic parameter แล้วทำการแปลง linguistic parameter นั้นไปเป็นระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมานั้นชี้ให้เห็นว่าระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 มีค่าทางสถิติที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นนั้น ต่างก็ใช้วิธีการที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย อาจจะมีการปรับปรุงไม่มากนัก แต่ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ต่างก็ยังให้ค่า RMSE ที่มากอยู่เหมือนเดิม

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการพัฒนาขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเพื่อสอนให้ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 (ITFS2HH) ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยมุ่งให้ผลพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่เป็นตามความเป็นจริงให้มากที่สุด วัดด้วยค่า RMSE ที่น้อยภายใต้ข้อจำกัดของการมีจำนวนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกน้อยและค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

## 2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

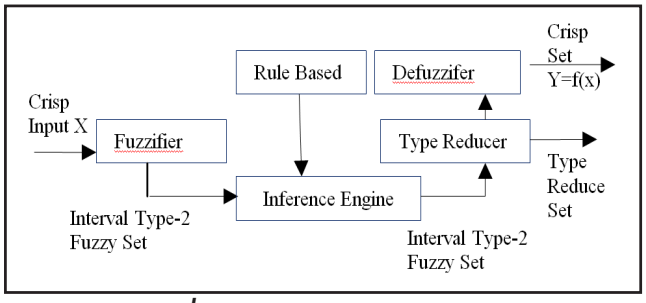
### 2.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาคำตอบโดยประมาณของปัญหา ซึ่งอาศัยหลักของทฤษฎีวิวัฒนาการจากชีววิทยา และการคัดเลือกตามธรรมชาติ เพื่อแก้ปัญหาหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยการแทนคำตอบที่มีอยู่ในลักษณะของ โครโมโซม (chromosome) สรุปขั้นตอนของ GA จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ 1) ประชากรของกลุ่มคำตอบแต่ละชุด ซึ่งแต่ละชุดจะแสดงค่าที่เป็นไปได้ของคำตอบที่ต้องการ 2) ค่าที่เหมาะสม (fitness function) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการประเมินของกลุ่มคำตอบแต่ละกลุ่มว่าเป็นค่าที่ต้องการหรือเป็นค่าที่ไม่ต้องการ 3) วิธีการคัดเลือก (selection

function) คือวิธีการตัดสินใจว่าจะทำการหยิบกลุ่มคำตอบที่ดีจากกลุ่มประชากรในปัจจุบัน เพื่อจะใช้ในการสร้างกลุ่มประชากรใหม่ และ 4) ตัวปฏิบัติการทางพันธุกรรม (genetic operator) เช่น การไขว้เปลี่ยน (crossover) และการกลายพันธุ์ (mutation) เพื่อเป็นการสร้างพื้นที่ใหม่ที่ใช้สำหรับการสร้างกลุ่มประชากรใหม่ [9] ซึ่งวิธีการขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ไม่ใช่เรื่องใหม่เพราะมีการพัฒนามาตั้งแต่ปี 1965 และงานวิจัยต่างๆ ก็ได้นำไปประยุกต์ใช้พร้อมทั้งพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีข้อจำกัดของการพัฒนาทำให้ผลที่ได้ไม่ค่อยเป็นที่น่าพอใจนักในปัจจุบัน เพราะข้อมูลในปัจจุบันมีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น [10]

**2.2 การเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO)**

PSO นับเป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาต่อมาจาก GA ซึ่งได้รับการพัฒนาในราวปี 1995 การทำงานของ PSO เลียนแบบจากพฤติกรรมทางสังคมของสิ่งมีชีวิต เช่นการเคลื่อนที่ของฝูงนกที่มักออกหาอาหารพร้อมๆ กันเป็นฝูง นกแต่ละตัวจะทำหน้าที่ในการบินค้นหาอาหารและอาจย้ายถิ่นที่อยู่ไปพร้อมๆ กัน นกจะสื่อสารกันในกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน ทั้งนี้นกแต่ละตัวจะเปรียบเสมือนอนุภาคย่อย ที่ประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ คือเวกเตอร์ระบุตำแหน่ง (location) และเวกเตอร์ระบุความเร็วในการบิน (velocity) สามารถแสดงด้วยสมการ ซึ่งแสดงอยู่ในวิธีดำเนินการวิจัย [8]




***ภาพที่ 1*** *Interval Type-2 Fuzzy System*

**2.3 ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2**

ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 2 ซึ่งแผนภาพจะคล้ายกับระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 1 แต่จะมีข้อแตกต่างตรงที่แบบที่ 2 มีการนำเอาการประมวลผลค่านำออกมาเพิ่มต่อจากส่วนที่แปลงค่านำออกให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification)

จากภาพที่ 1 ในส่วนของการประมวลค่านำออก ใน ระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือชนิดที่ 2 จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนของ Type reducer block และ Defuzzifier block โดย Type reducer block คือการจับคู่ระหว่าง type -2 fuzzy set ไปเป็น type-1 fuzzy set แล้วทำการ defuzzification ต่อจากนั้นก็จะทำการแปลงไปเป็นค่าของ crisp output [6]

**2.4 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (The Stock Exchange of Thailand – SET)**

ตลาดหลักทรัพย์ของประเทศไทยจัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2518 ตามพระราชบัญญัติตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2517 อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.) ทำหน้าที่เป็นตลาดรอง เพื่อแลกเปลี่ยนซื้อขายตราสารทุนของบริษัทต่างๆ ที่ขึ้นทะเบียนไว้ และเพื่อให้สามารถระดมเงินทุนเพิ่มเติมจากสาธารณะได้โดยสะดวก ปัจจุบันการดำเนินงานของตลาดหลักทรัพย์ของไทยอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ พ.ศ. 2535 [2]

**3. วิธีการดำเนินการวิจัย**

ในการพัฒนาขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 (ITFS2HH) เพื่อให้ได้ค่านำออกที่เป็นค่าการพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ที่ใกล้เคียงกับค่าที่เป็นตามความเป็นจริงให้มากที่สุด ด้วยค่าของ RMSE ที่น้อยที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอกรอบงานของ ITFS2HH ดังมีรายละเอียด ในภาพที่ 2

จากคำสั่งเทียม (pseudo code) ตามภาพที่ 2 สามารถอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนการทำงานโดยแบ่งได้เป็นจำนวน 5 ขั้นตอนดังนี้

1) ทำการจัดกลุ่มของข้อมูล เพื่อหากฎฟัซซี โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซี ซีมีน (Fuzzy C-Means) ซึ่งมีสมการการคำนวณความเป็นสมาชิก $U$ ของข้อมูลทุกตัวดังสมการที่ 1

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{c}\left(\frac{d_{ij}}{d_{kj}}\right)^{\frac{2}{(m-1)}}} \qquad (1)$$

• Load SET dataset
• Initialize the centering of data and rule base from data clustering using Fuzzy C-mean
• Create a random initial population (Chrom)
[iter=0]
**Repeat**
  • Evaluate each individual in the population using the fitness (Eq. 5)
  • Order the population
  • Select two chromosome better fitness for crossover 50% and mutation 1% (Eq. 8 and 9)
  • Acceptation place new offspring and replace use new generated population
**Until** (iter≥ maximum number of generation)
• Create particle from best individual from GA 20% and random particle 80%
• Calculate fitness (Eq.5) for each particle
[iter=0]
**Repeat**
  If (fitness>pBest)
  • Assign current fitness as new pBest
  Else
  • Keep previous pBest
  End if
  • Assign best particle's pBest to gBest
  • Calculate velocity (Eq. 6) used (Eq. 8 and 9.) for inertia and updated location (Eq. 7)
  • Select two chromosome better fitness for crossover 50% and mutation 3% (Eq. 8 and 9)
  • Acceptation place new offspring and replace use new generated population
**Until** (iter≥ maximum number of generation)
  • Best individual minimum fitness (Eq.5)

***ภาพที่ 2*** *คำสั่งเทียมแสดงขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึกด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2*

เมื่อ $m$ คือค่าระดับความเป็นสมาชิก $C$ คือจำนวนกลุ่ม, $d_{ij}$ คือการคำนวณระยะระหว่างกลุ่ม $i$ กับข้อมูล $j$ ตามสูตรของ Euclidean Distance

$$d_{ij} = \left\| c_i - x_j \right\| \quad (2)$$

$c_i$ คือ ตัวแทนของกลุ่มที่ $i$, $x_j$ คือข้อมูลตัวที่ $j$ สมการคำนวณค่าดัชนีวัดความผิดพลาด

min objective function และจัดข้อมูลเข้ากลุ่ม คือ

$$J_m = \sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{n} U_{ij}^{m}\left\| c_i - x_j \right\|^2, 1 \le m < \infty \quad (3)$$

และสมการการคำนวณตัวแทนของกลุ่มใหม่ คือ

$$c_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_{ij}^{m} x_j}{\sum_{j=1}^{n} U_{ij}^{m}} \quad (4)$$

2) ทำการสุ่มประชากรและกำหนดโครโมโซม (chromosome) ของฝูง (swarm) และ กลุ่ม (particle) เพื่อหา position และ velocity ดังมีโครโมโซมดังนี้

$$Chrom = [IL, IM, R]$$

โดยที่ $IL=[IL_1, IL_2, ..., IL_n]$ คือเซตของ interval linguistic variable, $IM=[im_{11}, im_{12}, ..im_n, IL_n]$ คือเซตของ interval membership function parameter ของ interval linguistic variable, $R=[R_1, R_2, ..., R_{IL1xIL2x}, ..., IL_n]$ คือ fuzzy rule และ $R_1$ คือ ตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็มที่ได้จากการสร้าง fuzzy rule ของแต่ละมิติใน linguistic variable ดังแสดงใน ตารางที่ 1

***ตารางที่ 1*** *ตารางแสดงการกำหนดค่าเริ่มต้นของ ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก สำหรับตัวแปร (Linguistic Variable) 5 ตัวแปร*

| Linguistic Index | Linguistic Terms |
|---|---|
| 1 | Very Low |
| 2 | Low |
| 3 | Medium |
| 4 | High |
| 5 | Very High |

3) กำหนดสมการในการหาค่าของ Fitness Function โดยใช้ ค่าความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error (RMSE)) ดังมีสมการดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{obs,i} - X_{\mathrm{model},i}\right)^2}{n}} \quad (5)$$

โดยที่ $X_{obs}$ คือค่าที่ได้จากการสังเกต $X_{model}$ คือค่าที่ได้จากแม่แบบในเวลาที่ $i$

4) คัดเลือกกลุ่มประชากรของฝูง ด้วยการใช้วิธีการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ด้วยอัตราการแลกเปลี่ยนยีน (crossover) ที่ 50% และ อัตราการกลายพันธุ์ (mutation) ที่ 1% จะทำให้ได้ประชากรที่เป็นชนชั้นนำ (elite) จากนั้นนำประชากรที่เป็นชนชั้นนำเข้าร่วมกับกลุ่มประชากรทั่วไปในอัตราชนชั้นนำจำนวน 20% ประชากรทั่วไป 80%

5) ปรับปรุงค่าของ position และ velocity ของกลุ่มประชากร พร้อมทั้งปรับปรุงคุณภาพของกลุ่มประชากรด้วยการใช้การกระทำของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ด้วยอัตราการแลกเปลี่ยนยีน 50% การกลายพันธ์ที่ 3% ซึ่งสมการมีดังนี้

$$V_{i,(t+1)} = w\,V_{i,(t)} + c_1 r_1 (P_i - x_{i,(t)}) + c_2 r_2 (P_g - x_{i,(t)}) \quad (6)$$

$$X_{i,(t+1)} = x_{i,(t)} + V_{i,(t+1)} \quad (7)$$

โดยที่ $P_i$ คือ *pbest, Pg* คือ *gbest*, $c_1$, $c_2$ คือค่าคงที่ของความเร่ง (acceleration) ที่มีช่วงอยู่ระหว่าง [0, 2], $r_1$, $r_2$ คือค่าตัวเลขที่ได้จากการสุ่มของตัวเลข [0, 1] และ $w$ คือค่าที่ได้จากการถ่วงน้ำหนักของความเฉื่อย (inertia) ซึ่งได้จากสมการของ Chaotic inertia weight ดังสมการ

$$w = (w_1 - w_2) \times \frac{Max_{iter} - iter}{Max} + w_2 \times z \quad (8)$$

$$z = 4 \text{ x } z \text{ x } (1\text{-}z) \quad (9)$$

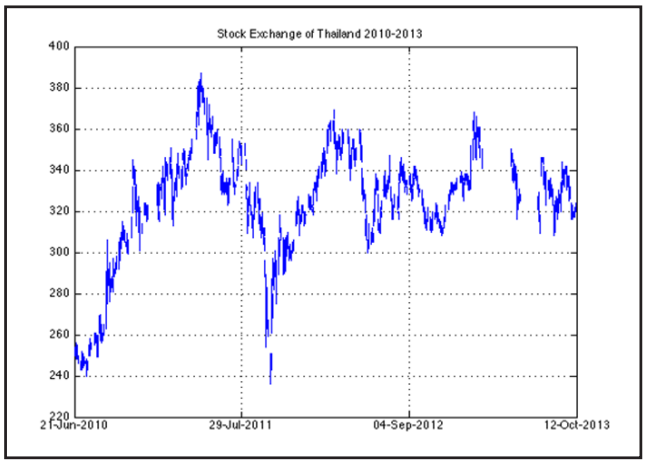
โดยที่ $w_1$=0.9, $w_2$=0.4 และ $z$ คือค่าที่ได้จากการสุ่มระหว่าง 0…1

## 4. ผลการทดลอง

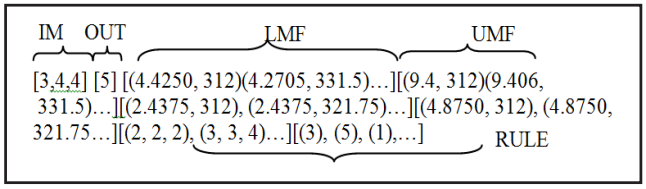
จากการพัฒนา ITFS2HH เพื่อการพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยสามารถอธิบาย ได้ดังนี้คือ

### 4.1 ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย [9] ซึ่งเป็นข้อมูลการซื้อขายหลักทรัพย์ที่เกี่ยวกับน้ำมันตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010-2013 ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลสำหรับใช้ในการฝึกสอนจำนวน 456 วัน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมปี 2010 จนถึงเดือน




***ภาพที่ 3*** *Stock Exchange of Thailand 2010-2013*




***ภาพที่ 4*** *ITFS2HH System*

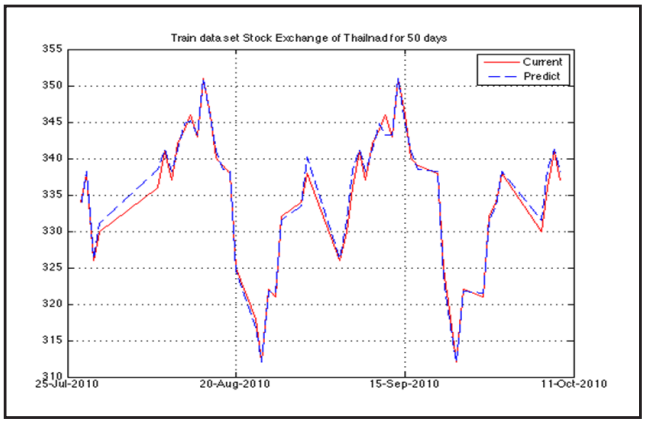
กรกฎาคมปี 2012 เพื่อที่จะใช้สำหรับทดสอบและพยากรณ์ข้อมูลในปี 2012-2013 เป็นจำนวน 300 วัน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนปี 2012 จนถึงเดือนพฤศจิกายนปี 2013

### 4.2 ผลการทดลอง

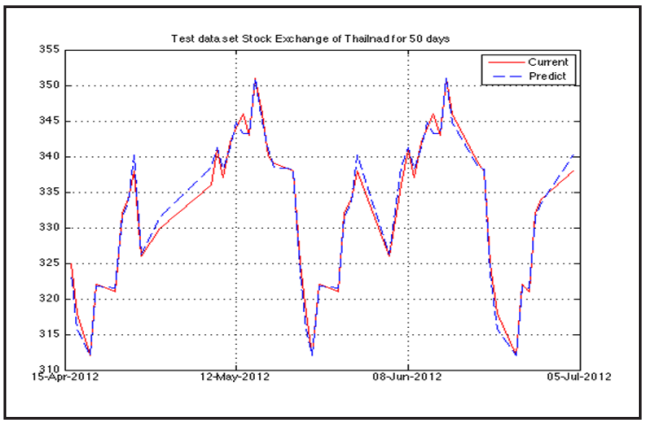
ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานเชิงสามัญสำนึก (ITFS2HH) และใช้เครื่อง MacBook Pro Intel Core 2 Duo CPU, speed 2.66 Ghz, ram 4.00 GB, Mac Os ทำการทดลองข้อมูลที่เป็นการสอน (training set) หาจำนวน รอบ (generation) ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่านำออกที่พยากรณ์ได้ตรงกับค่าที่เป็นตามความเป็นจริง ด้วยค่า RMSE ที่น้อยที่สุด พบว่าจำนวน 50 รอบให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่า RMSE=0.03982 และเมื่อนำข้อมูลการสอบ (test set) มาทำการทดสอบจะได้ค่า RMSE=0.05174 ซึ่งทำให้ได้ระบบตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือชนิดที่ 2 ที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังแสดงในภาพที่ 4 ในส่วนของภาพที่ 5 และ 6 แสดงตัวอย่างการ plot กราฟจำนวน 50 วันเพื่อแสดงให้เห็นว่าค่าที่พยากรณ์ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรงตามความเป็นจริง ภาพที่ 7 แสดงฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกจากการหาค่าที่เหมาะสมของ ITFS2HH และตารางที่ 2 แสดงผลของการเปรียบเทียบ ITFS2HH ในแต่ละรุ่น

***ตารางที่ 2*** *แสดงค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของ ITFS2HH*

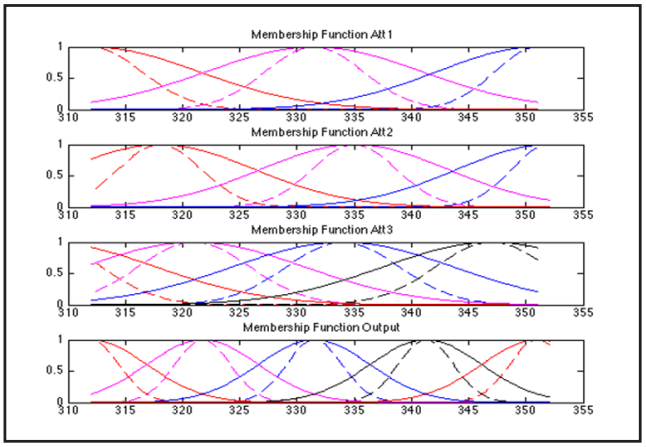
| Method | Gen | Times/ Hr. | Num of Rule | RMSE | MSE |
|---|---|---|---|---|---|
| ITFS2HH | 10 | 6 | 10 | 0.07306 | 0.005337 |
| ITFS2HH | 30 | 12 | 10 | 0.05913 | 0.003496 |
| ITFS2HH | 50 | 24 | 10 | 0.03982 | 0.001585 |




***ภาพที่ 5*** *ITFS2HH Training set, RMSE=0.03982*




***ภาพที่ 6*** *ITFS2HH Test set, RMSE=0.05174*




***ภาพที่ 7*** *แสดง Membership function ที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมของ ITFS2HH*

จากผลการทดลองที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยเทคนิค ITFS2HH ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีการอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าค่าของ RMSE น้อยกว่า หรือใกล้เคียงกับวิธีการอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

***ตารางที่ 3*** *ผลที่ได้จาก IT2FHH เปรียบเทียบกับวิธีการอื่น*

| Method | RMSE |
|---|---|
| (1+1)ES[4] | 7.44916 |
| Meesad and Srikhacha [5] | 4.04165 |
| BPNN [6] | 15.61025 |
| ANFIS Type-I | 0.02371 |
| ITFS2HH | 0.03982 |

## 5. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอ ITFS2HH สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลวิจัยพบว่า ระบบให้ค่า RMSE เท่ากับ 0.03982 ถึงแม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ANFIS Type-I แล้วจะมีค่ามากกว่าอยู่เล็กน้อย เป็นเพราะว่าค่าพารามิเตอร์ของ ANFIS มีความเหมาะสมมากกว่าเช่นค่าพารามิเตอร์ของความเป็นสมาชิก จึงเป็นแนวทางให้สามารถพัฒนาให้ดีขึ้นโดยการปรับค่าต่างๆ เช่น ค่าสมการของความเฉื่อย ค่าพารามิเตอร์ของความเป็นสมาชิก และการกลายพันธุ์ในรูปแบบของสมการอื่น หรืออาจจะมีการหาจำนวนกฎที่เหมาะสมที่น้อยที่สุด นอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ อาจจะนำเอาปัจจัยอื่นๆ เข้ามาร่วมในการพยากรณ์ เช่น ข้อมูลจากตลาดหลักทรัพย์อื่นๆ ผลกระทบทางการเมืองเป็นต้น

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Sopipan, A. Sattayatham and S. Chongcharoen. “Forecasting Returns for the Stock Exchange of Thailand Index using Multiple Regression based on Principal Component Analysis.” *Journal of Mathematics and Statistics*, Science Publications Online, DOI:10.3844/jmssp.2013.29.37 Vol.9, No. 1, pp. 29-37, 2013.

[2] P. Sattayatham, N. Sopipan and B. Premanode. “Forecasting the Stock Exchange of Thailand uses Day of the Week Effect and Markov Regime Switching GRAPH.” *American Journal of Economics and Business Administration*, Science Publications Online,

Vol. 4, No. 1, ISSN 1945-5488, pp. 84-93, 2012.

[3] P. Sutheebanjard, W. Premchaiswadi. "Forecasting the Thailand Stock Market using Evolution Strategies." *Asian Academy of Mangement Journal of Accounting and Finance*, Vol. 6, No. 2, pp. 85-114, 2010.

[4] P.Sutheebanjard and W. Premchaiswadi. " Factors Analysis on Stock Exchange of Thailand (SET) Index Movement." *In Proceedings of the 7th International Conference on ICT and Knowledge Engineering* , Bangkok, Thailand, Dec., 2009.

[5] P. Meesad and T. Srikhacha. " Universal Data Forecasting with an Adaptive Approach and Seasonal Technique." *In Proceedings of the International Conference on Intelligent Agents & Control and Automation*, 2006.

[6] A. Esfahanipour, P. Mardani. "An AFIS Model for Stock Price Prediction: The case of Tehran Stock Exchange ." *INISTA*, pp. 44-49, 2011.

[7] P. Sutheebanjard and W. Premchaiswadi. "Stock Exchange of Thailand Index Prediction using Back Propagation Neural Network." *Computer and Network Technology (ICCNT)*, pp. 377-380, 2010.

[8] H. Hostos, F. Sanabria, O. Mendez and M. Melgareio, "Towards a Coevolutionary Approach for Interval Type-2 Fuzzy Modeling." *Advances inType-2 Fuzzy Logic Systems(T2FUZZ)*, pp. 23-30, 2011.

[9] H. Ishibuchi, T.Nakashima, and T. Murata, "Three objective genetic based machine learning for linguistic rule extraction." *Information Sciences*, Vol. 136, pp. 109-133, 2001.

[10] J. Zeng and L. Wang. "A generalized model of particle swarm optimization." *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 18, pp. 685-688, 2005.

[11] "ราคาหุ้นวันนี้ และราคาหุ้นย้อนหลัง CSL." Available Online at http://www.panphol.com/data/index.php/page/stockprice