

โครงการเลขที่ วศ.คพ. S006-2/66/2566

เรื่อง

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ด้วยฟัซซีโลจิก

โดย

ธนต์ถ์ ตั้งอั้น      รหัส 630610737  
ธนวัฒน์ บำเพ็ญพันธุ์      รหัส 630610736

โครงการนี้

เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีการศึกษา 2566

**PROJECT No. CPE S006-2/66/2566**

**Fuzzy Logic in Market Trading Decision Support System**

**Tanat Tangun            630610737**  
**Thanawat Bumpengpun   630610736**

**A Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for the Degree of Bachelor of Engineering  
Department of Computer Engineering  
Faculty of Engineering  
Chiang Mai University  
2023**

หัวข้อโครงการ : ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ด้วยฟัซซีโลจิก  
: Fuzzy Logic in Market Trading Decision Support System  
โดย : ธนัตถ์ ตั้งอ้วน รหัส 630610737  
: ธนวัฒน์ บำเพ็ญพันธุ์ รหัส 630610736  
ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธุ์วิริยะกุล  
ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
ปีการศึกษา : 2566

---

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วน-  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กัจจนกุล)

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ  
(รศ.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธุ์วิริยะกุล)

..... กรรมการ  
(ผศ.ดร. เกษมสิทธิ์ ตียพันธ์)

..... กรรมการ  
(รศ.ดร. นิพนธ์ อีระอำพน)

หัวข้อโครงการ : ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ด้วยฟัซซีโลจิก  
: Fuzzy Logic in Market Trading Decision Support System  
โดย : ธนัตถ์ ตั้งอั้น รหัส 630610737  
: ธนวัฒน์ บำเพ็ญพันธุ์ รหัส 630610736  
ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธุ์วิริยะกุล  
ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
ปีการศึกษา : 2566

---

### บทคัดย่อ

ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค มีการใช้อินดิเคเตอร์ทางเทคนิคและปัจจัยอื่นๆมาช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งหลายๆอย่างก็มีการตีความหมายด้วยเกณฑ์ที่ไม่สามารถรับความไม่แน่นอนและความผันผวนของตลาดได้ เช่น ค่าคงที่ เป็นต้น และถ้าเราใช้อินดิเคเตอร์ทางเทคนิคหลายๆ อันด้วยกันแล้วการตีความหมายแต่ละอย่างพร้อมๆกันก็เป็นเรื่องที่เราทำได้ยาก ดังนั้นทางผู้จัดจึงสร้างระบบเพื่อช่วยนักลงทุนในการเทรดโดยนำอินดิเคเตอร์ทางเทคนิคและปัจจัยอื่นๆ ของผู้ใช้งานที่ใช้ในการวิเคราะห์การซื้อ และการขายมาสร้างอินดิเคเตอร์ตัวใหม่ที่ช่วยตัดสินใจโดยใช้ Fuzzy logic ซึ่งต่างจากอินดิเคเตอร์ทางเทคนิคแบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถเอามุมมองการวิเคราะห์ส่วนตัวของผู้ใช้งานใส่เข้าไปในอินดิเคเตอร์ตัวนี้ได้ โดยอินดิเคเตอร์ตัวนี้จะรับข้อมูลอย่างเช่น RSI, MA, การทำกำไรของสินทรัพย์, ความผันผวนของตลาด และข้อมูลอื่นๆ ที่ผู้ใช้งานอาจจะต้องการ ในขณะที่เราได้พูดถึงคือสัญญาณการซื้อ และการขาย หรือสัญญาณวิเคราะห์อื่นๆ ที่ผู้ใช้งานต้องการสร้างขึ้น ด้วยวิธีดังกล่าวอินดิเคเตอร์ของเราจะสามารถช่วยนักลงทุนในการจัดการกับข้อมูลหลายๆปัจจัยที่ผู้ใช้งานใช้ในการวิเคราะห์ ออกมาเป็นสัญญาณใหม่เพียง 1 หรือ 2 สัญญาณที่เข้าใจง่าย เพื่อใช้ในการช่วยตัดสินใจ เราจะสร้างเว็บแอปพลิเคชันจากไอเดียดังกล่าวข้างต้น แล้วเผยแพร่เพื่อเก็บผลตอบแทนจากผู้ใช้งาน

## สารบัญ

บทคัดย่อ . . . . .	ข
สารบัญ . . . . .	ค
สารบัญรูป . . . . .	จ
สารบัญตาราง . . . . .	ฉ
<b>1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาของโครงการ . . . . .	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ . . . . .	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ . . . . .	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ . . . . .	2
1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้ . . . . .	2
1.6 แผนการดำเนินงาน . . . . .	2
1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ . . . . .	2
1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม . . . . .	2
<b>2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) . . . . .	3
2.1.1 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) . . . . .	3
2.1.2 ระบบประมวลผลฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic System) . . . . .	3
2.2 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มของอนุภาค (Particle Swarm Optimization (PSO)) . . . . .	6
2.2.1 อนุภาค (Particle) . . . . .	6
2.2.2 อัลกอริทึมสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค . . . . .	7
2.3 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ . . . . .	9
2.4 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ . . . . .	9
<b>3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน</b>	<b>10</b>
3.1 การจัดเก็บข้อมูล . . . . .	10
3.2 การสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วย Fuzzy Logic . . . . .	11
3.2.1 ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) . . . . .	11
3.2.2 Fuzzy Rules . . . . .	11
3.3 การปรับแต่ง Fuzzy Logic ด้วย PSO . . . . .	12
3.3.1 กลยุทธ์ที่เราใช้ปรับแต่ง . . . . .	12
3.3.2 Backtesting . . . . .	12
3.3.3 Objective Function . . . . .	13
3.4 การจัดการเงินทุน . . . . .	14
3.5 เว็บไซต์เฟเวอร์ . . . . .	15
3.6 การพัฒนาเว็บไซต์ . . . . .	17
3.7 แผนภาพกระแสข้อมูลโดยรวมของระบบ (Data Flow Diagram) . . . . .	17
<b>4 การทดลองและผลลัพธ์</b>	<b>19</b>
4.1 พารามิเตอร์ในการใช้ PSO . . . . .	19
4.2 AROON-MACD . . . . .	20
4.3 RSI-BB . . . . .	21
4.4 การทดลองกับตลาดที่มีทิศทางไม่แน่นอน และตลาดขาลง . . . . .	21
4.5 การใช้กรอบของเวลาที่ต่างกัน (1h กับ 1d) . . . . .	21

<b>5</b>	<b>บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b>	<b>25</b>
5.1	สรุปผล . . . . .	25
5.2	ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข . . . . .	25
5.3	ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ . . . . .	25
	<b>บรรณานุกรม</b>	<b>26</b>
	<b>ประวัติผู้เขียน</b>	<b>34</b>

## สารบัญรูป

2.1	ฟัซซีเซต หนาว,อบอุ่น,ร้อน และฟังก์ชันภาวะสมาชิก . . . . .	3
2.2	ตัวอย่างการทำงานของระบบประมวลผลฟัซซีลอจิก . . . . .	4
2.3	ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันภาวะสมาชิก <b>Triangular function</b> . . . . .	4
2.4	ตัวอย่างการอนุมาน . . . . .	6
2.5	รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอโลยีแบบดาว . . . . .	7
2.6	รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอโลยีแบบวงแหวน . . . . .	7
3.1	โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดเมนประคือทำครั้งเดียวในตอนแรกเริ่ม และเส้นที่บจะ ทำในทุกๆ ชม. โดยเป็นการเรียกใช้โปรแกรม dBUpdater ใน AWS Lambda . . . . .	10
3.2	ตัวแปรทางภาษาสำหรับ <b>RSI, Bollinger Band, long, short</b> . . . . .	11
3.3	ตัวแปรทางภาษาและตัวแปรที่เราต้องการจะปรับแต่ง $\mu_{\text{medium}} = b(1 - \frac{ x-a }{s})$ (ในที่นี้คือ เราจะปรับแต่งค่าของ $a, b, s$ ) . . . . .	13
3.4	ตัวอย่างของ <b>Net Profit</b> และ <b>Maximum Drawdown</b> . . . . .	14
3.5	แผนภาพกระแสข้อมูล . . . . .	18
4.1	<b>Fuzzy Rules</b> ของตัวชี้วัด <b>AROON-MACD</b> จากในระบบของเรา . . . . .	20
4.2	ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด <b>AROON-MACD</b> ในตลาด <b>Crypto Currency</b> . . . . .	21
4.3	ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด <b>AROON-MACD</b> ในตลาดหุ้น <b>NASDAQ</b> . . . . .	22
4.4	<b>Fuzzy Rules</b> ของตัวชี้วัด <b>RSI-BB</b> จากในระบบของเรา . . . . .	22
4.5	ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด <b>RSI-BB</b> ในตลาด <b>Crypto Currency</b> . . . . .	23
4.6	ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด <b>RSI-BB</b> ในตลาดหุ้น <b>NASDAQ</b> . . . . .	24
1	ตัวอย่างข้อมูลตลาดหุ้นในฐานะข้อมูล . . . . .	28
2	<b>UI/UX</b> ของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ . . . . .	29
3	<b>UI/UX</b> ของเว็บไซต์ . . . . .	30
4	ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด <b>AROON-MACD</b> จากในระบบของเรา . . . . .	31
5	ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด <b>RSI-BB</b> จากในระบบของเรา . . . . .	32
6	. . . . .	33

## สารบัญตาราง

3.1 ตัวอย่างของ Fuzzy Rules ที่ใช้แค่ RSI และ Bollinger Band เพื่อสร้าง long และ short.	12
4.1 ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการเข้าซื้อ . . . . .	19
4.2 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD) . . . . .	20
4.3 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD) . . . . .	21
4.4 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD) . . . . .	23
4.5 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)	23



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาของโครงการ

ในปัจจุบัน, นักลงทุนมีการใช้การวิเคราะห์ทางเทคนิค (Technical Analysis) เพื่อช่วยให้การซื้อขายสินทรัพย์ในระยะสั้นได้กำไรสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งก็มักจะมีการใช้ตัวชี้วัดทางเทคนิค (Technical Indicators) หลายๆ อัน ในการที่จะพยายามหาจุดเข้าซื้อ หรือจุดขาย โดย ตัวชี้วัดทางเทคนิคเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นการคำนวณทางสถิติที่ใช้ ราคาย้อนหลัง, ปริมาณการซื้อขายย้อนหลัง, หรืออื่นๆ ในการ คำนวณค่ามาเพื่อที่จะพยายามทำนายทิศทางของตลาด ซึ่งเราสามารถตีความหมายค่าของตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วยเกณฑ์บางอย่าง เช่น สำหรับ RSI (Relative Strength Index) วิธีตีความหมายโดยทั่วไปคือ ถ้า RSI มากกว่า 70 หมายความว่าตลาดอยู่ในภาวะซื้อมากเกินไปให้ขาย และถ้า RSI น้อยกว่า 30 หมายความว่าตลาดอยู่ในภาวะขายมากเกินไปให้เข้าซื้อ

ผู้จัดทำคิดว่าสามารถทำได้ดีกว่าการตีความแบบในตัวอย่างก่อนหน้านี้ โดยใช้ Fuzzy Rule ในการตีความหมายจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเนื่องจากตลาด ซื้อขายสินทรัพย์นั้นมีความผันผวนและไม่แน่นอน ซึ่ง Fuzzy Logic นั้นสามารถทำงานได้ดีในการตีความ และใช้ข้อมูลที่คลุมเครือและไม่แน่นอน นอกจากนี้ในงานวิจัยของ [1] ก็มีการใช้ Fuzzy Logic ในการระบบการซื้อขายสินทรัพย์สำหรับจังหวะการเข้าซื้อ และการจัดการเงินทุน ซึ่งทำงานได้ดีในตลาด NASDAQ100 และ EUROSTOXX ใน [2] ก็มีการใช้ Fuzzy Logic ในการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคจากการรับความเสี่ยงของผู้ใช้, ข้อมูลของตลาด, และอื่นๆ ซึ่งได้ผลลัพธ์ว่าตัวชี้วัดทางเทคนิคจาก Fuzzy Logic มีประสิทธิภาพมากกว่าตัวชี้วัดทางเทคนิคแบบปกติ ได้แก่ MA, RSI และ MACD

ผู้จัดทำจึงได้สร้างระบบในการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคใหม่จากตัวชี้วัดทางเทคนิค เช่น MACD, RSI, และอื่นๆ ด้วย Fuzzy Logic และสร้างระบบการจัดการเงินทุนด้วย optimal-F ที่ดัดแปลงให้ใช้ตัวชี้วัดทางเทคนิคที่มาจาก Fuzzy Logic (อ้างอิงจาก [1]) เพื่อช่วยในการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ให้ได้กำไรมากยิ่งขึ้น โดยระบบทั้งหมดนี้จะมีเว็บไซต์ และแอปโทรศัพท์แอนดรอยด์เป็นอินเตอร์เฟซในการใช้งาน โดยผู้จัดทำจะทำตัวชี้วัดจาก Fuzzy Logic นั้นบน 2 ตลาดก็คือตลาดหุ้น NASDAQ และตลาด Crypto-Currency เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ในตลาดที่มีความผันผวนต่างกัน และมีความถี่ของข้อมูลที่แตกต่างกัน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนา Fuzzy Logic ร่วมกับ Particle Swarm Optimization (PSO) สำหรับการสร้างวิธีการซื้อขายเฉพาะของแต่ละสินทรัพย์
2. เพื่อสร้างเว็บไซต์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ข้อมูลที่ใช้งานคือข้อมูลของตลาดหุ้น NASDAQ ที่ได้จาก AlphaVantage (และ Finnhub) ในช่วงประมาณไตรมาสแรกของปี 2021 ถึงปัจจุบัน โดยมีของบริษัท TSLA, NKE, และ JPM และข้อมูลของตลาด Crypto-Currency จาก Binance โดยมี BTC, ETH และ BNB ในช่วงตั้งแต่ที่ Binance มีข้อมูลให้ รูป

แบบของข้อมูลจะอยู่ในรูปของแท่งเทียนซึ่งมี ราคาเปิด, ราคาสูงสุด, ราคาต่ำสุด, ราคาปิด, และปริมาณการซื้อขาย ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

เว็บไซต์ที่สามารถใช้ตัวชี้วัดทางเทคนิคจาก Fuzzy Logic ของเราทั้งที่ได้มาจากการปรับแต่งด้วย PSO และแบบที่จัดทำขึ้นมาเอง โดยมี UI ให้ user ปรับแต่ง Fuzzy Logic ต่างๆ เองได้ และมีราคาสินทรัพย์ที่อยู่ในรูปแบบแท่งเทียนโชว์อยู่ด้วย

#### 1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

1. Actix (Web Server Framework), Rust: สำหรับพัฒนาในส่วนของ Backend, การฝึกสอน Model, และ API ไว้ติดต่อกับ Frontend
2. SvelteKit (Web Application Framework), Typescript: สำหรับพัฒนา Frontend ในส่วนของหน้าเว็บไซต์
3. MongoDB: สำหรับเก็บข้อมูลตลาดสินทรัพย์ที่เอาไว้ใช้ในการฝึกสอน Model, ใช้ในการแสดงบน Frontend และเก็บ Model ที่ฝึกสอนแล้ว

#### 1.6 แผนการดำเนินงาน

#### 1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ

- นายธนัตถ์ ตั้งอ้น รหัส 630610737 ทำในส่วนของ Backend โดยมีองค์ประกอบหลักๆ ก็คือตัวเว็บเซิร์ฟเวอร์, database, การคำนวณ fuzzy logic และตัวชี้วัดทางเทคนิคต่างๆ และ การปรับแต่ง fuzzy logic ด้วย PSO
- นายธนวัฒน์ บำเพ็ญพันธุ์ รหัส 630610736 ทำในส่วนของ Frontend คือการออกแบบ UI/UX, สร้างเว็บและแอปพลิเคชันมือถือเพื่อติดต่อกับ User และบริการเว็บเซิร์ฟเวอร์

#### 1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม

ระบบนี้อาจจะสามารถต่อเติมด้วยการใส่ตัวชี้วัดทางเทคนิคอื่นๆ ที่อาจจะมาจากแหล่งต่างๆ มาเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์บางอย่าง ซึ่งถ้าระบบนี้สำเร็จ ระบบนี้อาจจะเป็นเครื่องมือสำคัญให้กับนักลงทุนหลายๆ คน และสามารถช่วยสร้างกำไรให้นักลงทุนเพิ่มได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

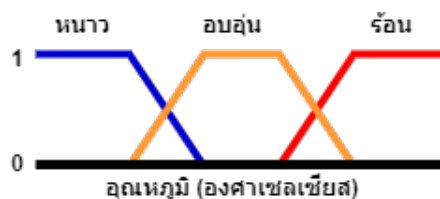
การทำโครงงาน เริ่มต้นด้วยการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรือ งานวิจัย/โครงงาน ที่เคยมีผู้เสนอไว้แล้ว ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ก็จะเกี่ยวกับการอธิบายถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาในบทถัดๆ ไปได้ง่ายขึ้น

#### 2.1 ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic)

ฟัชซีลอจิก เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงตรรกะ แต่การวิเคราะห์ไม่ได้มีเพียง ถูกกับผิด หรือ 0 กับ 1 เนื่องจากเหตุการณ์ในความเป็นจริงสร้างความคลุมเครือในการวิเคราะห์ เช่น อุณหภูมิอากาศ 20 องศาเซลเซียสเป็นอากาศที่หนาวไปหรือไม่? หากนำคำถามนี้ไปให้ผู้วิเคราะห์ต่างที่อยู่อาศัยกัน จะได้คำตอบที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากการวิเคราะห์แบบนี้ไม่เหมาะกับการตอบเพียงใช่หรือไม่ การใช้ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic) มาใช้วิเคราะห์เหตุการณ์จึงจะได้คำตอบที่ดีกว่า แทนที่จะตอบเพียงแค่ ใช่หรือไม่ คำตอบที่ได้จะเป็นพจน์ของ ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) และความเป็นสมาชิก เช่นตัวแปรทางภาษาอุณหภูมิมีค่า หนาว 60% อุ่น 15% ร้อน 0% (เพราะผู้วิเคราะห์อาจจะรู้สึกหนาวแต่ก็ไม่ได้หนาวเกินไปหรืออบอุ่นอยู่เล็กน้อย) จะเห็นว่าการบอกค่าเชิงตรรกะแบบฟัชซีสะท้อนความจริงได้ดีกว่าการตอบแบบเดิม

##### 2.1.1 ฟัชซีเซต (Fuzzy Set)

เป็นเซตที่ขอบเขตไม่เด่นชัดหรือคลุมเครือโดยการบอกค่าเชิงตรรกะจะถูกสร้างเป็นฟัชซีเซตที่เราสามารถวัดระดับความเป็นสมาชิก (Membership Value) ของสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ต่อฟัชซีเซตนั้นผ่านทางฟังก์ชันภาวะสมาชิก (Membership function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่รับสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์แล้วส่งไปที่ช่วง  $[0,1]$  โดยจากตัวอย่างดังกล่าวจะสามารถสร้างเป็นฟัชซีเซตได้เป็น เซตของอากาศ หนาว, อบอุ่น, ร้อน โดยให้อุณหภูมิเป็นสมาชิกของเซตซึ่งสมาชิกแต่ละตัวสามารถเป็นสมาชิกของทุกเซตได้ เช่น อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีระดับความเป็นสมาชิกในฟัชซีเซตอากาศหนาว 0.6, อุ่น 0.15, ร้อน 0

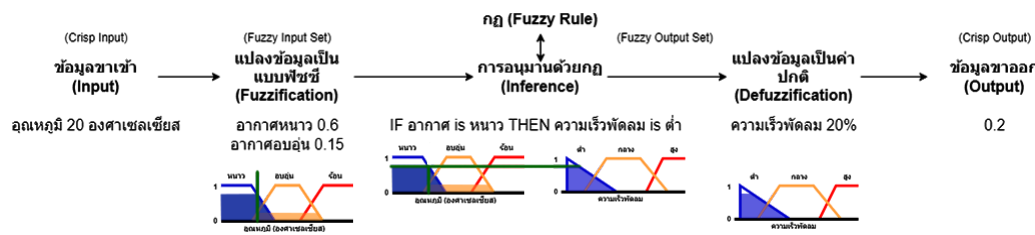


รูปที่ 2.1: ฟัชซีเซต หนาว,อบอุ่น,ร้อน และฟังก์ชันภาวะสมาชิก

##### 2.1.2 ระบบประมวลผลฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic System)

เป็นการนำเอาความสามารถของฟัชซีลอจิกมาสร้างเป็นระบบประมวลผลแบบฟัชซีลอจิกซึ่งเป็นการเลียนแบบการคิด การหาเหตุผล การตัดสินใจและการกระทำของมนุษย์ โดยจะมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ 1. การแปลงข้อมูลเข้าเป็นฟัชซี (Fuzzification), 2. กฎ (Fuzzy Rules), 3. การอนุมานหรือการตี-

ความ (Inference), 4. การแปลงข้อมูลฟัซซีเป็นตัวเลข (Defuzzification) ซึ่งจะมีตัวอย่างการทำงานเมื่อใช้ระบบประมวลผลฟัซซีลอจิกดังภาพรวมในรูปที่ 2.2



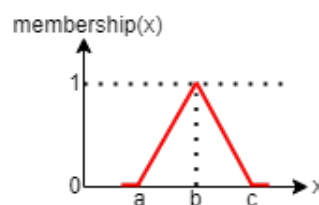
รูปที่ 2.2: ตัวอย่างการทำงานของระบบประมวลผลฟัซซีลอจิก

โดยในงานนี้เราใช้ระบบฟัซซีแบบ Mamdani

### การแปลงข้อมูลขาเข้าเป็นฟัซซี (Fuzzification)

เป็นการแปลงข้อมูลอินพุตทั่วไปที่เป็นตัวเลข (Crisp Set) ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบฟัซซีเซต หรือที่เรียกว่าตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) โดยจะสร้างฟังก์ชันภาวะสมาชิกซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลขาเข้าและความสำคัญต่อข้อมูลเอาต์พุต

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{if } b \leq x < c \\ 0 & \text{if } x \geq c \end{cases} \quad (2.1)$$



รูปที่ 2.3: ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันภาวะสมาชิก Triangular function

### กฎฟัซซี (Fuzzy Rules) [3]

เป็นส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุมซึ่งได้มาจากผู้เชี่ยวชาญหรือการปรับแต่งทดลองขึ้นเองโดยจะอยู่ในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา ซึ่งกฎฟัซซีแบบที่นิยมใช้มากและใช้ในงานนี้เป็นกฎฟัซซีแบบ ถ้า-แล้ว (If-then rule) โดยในงานนี้ได้ใช้วิธีการของ Mamdani หากมีอินพุต  $X_1, X_2, \dots, X_n$  และพจน์ภาษา  $T(x_i)$  ของตัวแปรทางภาษา  $x_i$  ในเซตสากล  $X_i$  สำหรับ  $1 \leq i \leq n$  ในขณะเดียวกัน  $Y$  ก็ถูกนิยามด้วยตัวแปรทาง

ภาษา และพจน์ภาษา  $T(y)$  ของตัวแปรทางภาษา  $y$  ในเซตสากล  $Y$

$$IF x_1 \text{ is } A^{(1)} \text{ and } x_2 \text{ is } A^{(2)} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A^{(n)} \text{ THEN } y \text{ is } B$$

โดยที่  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(n)}$  เป็นพจน์ในภาษา  $T(x_i)$  และ  $B$  เป็นพจน์ในภาษา  $T(y)$

### การอนุมานหรือการตีความ (Inference) [3]

เป็นส่วนของการประมวลผลจะมีการตีความตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หรือก็คือตีความผ่านกฎฟัซซี ซึ่งจากกฎฟัซซีดังกล่าวจะประกอบด้วยกันสองส่วนคือ ส่วนที่เกิดขึ้นก่อน (If Part) และผลที่ตามมา (Then part) โดยที่อินพุตและเอาต์พุตนั้นอาจมีหลายตัวก็ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ ผลที่ตามมาของแต่ละกฎจะถูกรวมกันด้วยวิธีการตรรกศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตเพียงค่าเดียว

โดยจะเริ่มจากการหาระดับความเข้ากันได้ของแต่ละอินพุต ( $x_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ) กับพจน์ภาษาในกฎนั้น และเนื่องจากลักษณะของส่วนที่เกิดขึ้นก่อน (If Part) ของกฎต้องการให้ทุกอินพุตเป็นไปตามพจน์ภาษาดังนั้นค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละอินพุตในแต่ละพจน์ภาษาจะถูกรวมกันในลักษณะของตัวเชื่อม conjunction นั่นคือที่กฎ  $j$

$$\alpha_j = \min\{A_{i1,j}^{(1)}(x_1), A_{i2,j}^{(2)}(x_2), \dots, A_{in,j}^{(n)}(x_n)\} \quad (2.2)$$

และเอาต์พุตของกฎ  $j$  เป็นฟัซซีเซตที่เกิดขึ้นจากการตัด (cut off) พจน์ภาษา  $B_{i,j}$  ด้วย  $\alpha_j$  หรือ

$$OUT_{x_1, x_2, \dots, x_n}^{(j)}(y) = \min(A_{i1,j}^{(1)}(x_1), A_{i2,j}^{(2)}(x_2), \dots, A_{in,j}^{(n)}(x_n), B_{i,j}(y)) \quad (2.3)$$

และเมื่อได้เอาต์พุตของแต่ละกฎแล้ว ฟัซซีเอาต์พุตจากทุกกฎจะถูกรวมกันโดยการหาฟัซซียูเนียนมาตรฐาน (ซึ่งจะได้ฟัซซีเอาต์พุตรวม (OUT)) สมมติให้มีกฎทั้งหมด  $k$  กฎ จะได้ OUT เป็น

$$OUT_{x_1, x_2, \dots, x_n}(y) = \max_{j \in \{1, 2, \dots, k\}} \min(A_{i1,j}^{(1)}(x_1), A_{i2,j}^{(2)}(x_2), \dots, A_{in,j}^{(n)}(x_n), B_{i,j}(y)) \quad (2.4)$$

ตัวอย่าง สมมติให้ระบบมีกฎ 2 กฎ โดยที่แต่ละกฎจะมีอินพุต 2 อินพุต และแต่ละอินพุตในแต่ละกฎมีพจน์ภาษาดังรูป โดยที่มีกฎดังนี้คือ

$$R1 : IF x_1 \text{ is } L_1 \text{ and } x_2 \text{ is } H_2, \text{ THEN } y \text{ is } L$$

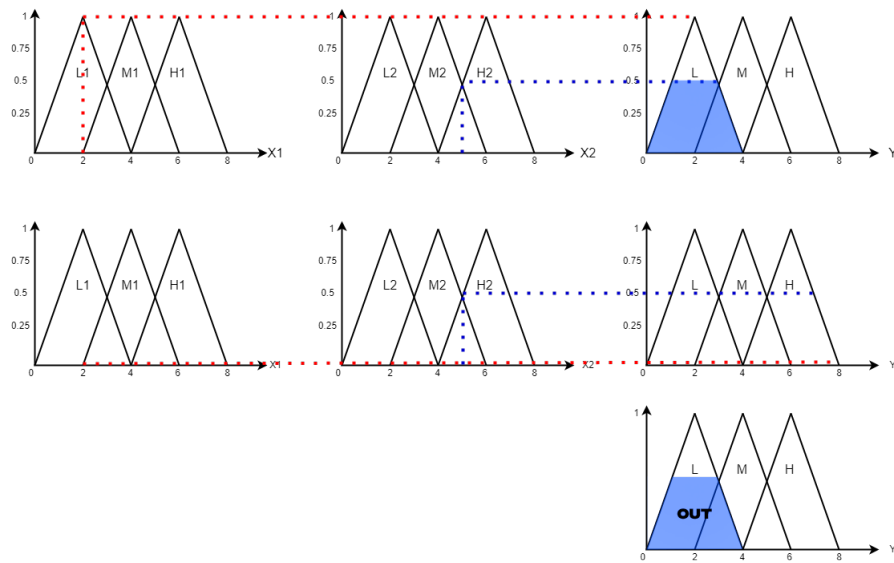
$$R2 : IF x_1 \text{ is } M_1 \text{ and } x_2 \text{ is } M_2, \text{ THEN } y \text{ is } H$$

ถ้ากำหนดให้  $x_1$  มีค่าเท่ากับ 2 และ  $x_2$  มีค่าเท่ากับ 5 จะได้ว่า

$$\alpha_1 = \min(L_1(x_1), H_2(x_2)) = \min(1, 0.5) = 0.5$$

$$\alpha_2 = \min(M_1(x_1), H_2(x_2)) = \min(0, 0.5) = 0$$

ฟังก์ชันเอาต์พุตของกฎที่ 1 และ 2 และฟังก์ชันเอาต์พุตรวม (OUT) ดังที่แสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4: ตัวอย่างการอนุมาน

### การแปลงข้อมูลฟัซซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification)

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการตีความนั้นยังอยู่ในรูปแบบของฟัซซี ในส่วนนี้เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีเป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Crisp set) ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น Center of Area (Centroid) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจและนำไปควบคุมระบบได้

วิธีแปลงโดยการหา Centroid จะหาค่าเอาต์พุตจากจุดศูนย์กลางของพื้นที่กราฟที่ได้ตั้งสมการต่อไปนี้

$$de_y = \frac{\int B(z) \cdot z dz}{\int B(z) dz} \quad (2.5)$$

โดย  $B(z)$  คือ ค่าความเป็นสมาชิก (Membership Value) ของตำแหน่ง  $z$

## 2.2 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มของอนุภาค (Particle Swarm Optimization (PSO))

จาก [3] การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มของอนุภาค เป็นอัลกอริทึมการค้นหาที่ขึ้นกับประชากร ซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมเชิงสังคมของฝูงนก ทำทางของฝูงนกเชิงภูมิศาสตร์ที่คาดเดาไม่ได้ โดยที่มีจุดประสงค์ในการค้นพบรูปแบบที่ควบคุมความสามารถของนกในการบินพร้อมกันและสามารถเปลี่ยนทิศทางได้อย่างกะทันหัน โดยการรวมกลุ่มกันใหม่ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ทำให้เกิดอัลกอริทึมสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ

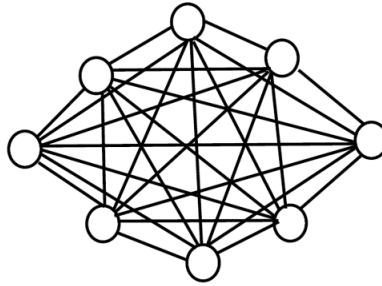
### 2.2.1 อนุภาค (Particle)

อนุภาค 1 อนุภาค คือคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม โดยอนุภาคจะบินในปริภูมิการค้นหาหลายมิติ การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในกลุ่มนั้นมีอิทธิพลมาจากประสบการณ์ หรือความรู้ของเพื่อนบ้าน รูป

ร่างของเพื่อนบ้านมีหลายรูปแบบ และมีการสร้างอัลกอริทึมตามแต่ละรูปแบบ

### ทอพอโลยีแบบดาว (Star Topology)

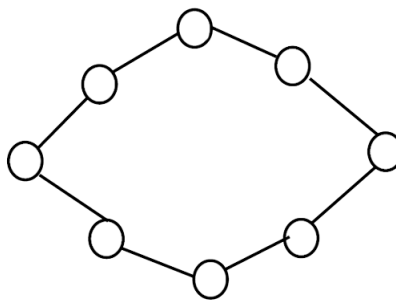
รูปแบบนี้ทำให้แต่ละอนุภาคสามารถติดต่อกับอนุภาคอื่นได้ทุกอนุภาค แต่แต่ละอนุภาคจะสนใจอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่ม และแต่ละอนุภาคจะเลียนแบบอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่มนี้เอง โดยอัลกอริทึมที่จำลองสถานการณ์นี้คือ อัลกอริทึมที่ดีที่สุดแบบรวม (global best)



รูปที่ 2.5: รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอโลยีแบบดาว

### ทอพอโลยีแบบวงแหวน (Ring Topology)

รูปแบบนี้ทำให้แต่ละอนุภาคจะติดต่อกับเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด  $n$  อนุภาค ดังแสดงในรูป เมื่อ  $n = 2$  ดังนั้นอนุภาคเคลื่อนที่ตามเพื่อนที่ดีที่สุดในกลุ่มเพื่อนบ้านที่ติดต่อกับได้ ซึ่งอัลกอริทึมที่จำลองสถานการณ์นี้คือ อัลกอริทึมที่ดีที่สุดแบบเฉพาะที่ (local best)



รูปที่ 2.6: รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอโลยีแบบวงแหวน

## 2.2.2 อัลกอริทึมสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค

อนุภาคจะบินอยู่ในปริภูมิการค้นหาลายมิติ โดยที่ตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนไปตามประสบการณ์ของตัวเอง อนุภาคเอง หรือของเพื่อนบ้าน ให้  $x_i(t)$  เป็นตำแหน่งของอนุภาค  $P_i$  ในปริภูมิไฮเปอร์ (hyperspace) ที่เวลา

$t$  และตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนได้โดยการเพิ่มความเร็ว  $v_i(t)$  ให้กับตำแหน่งปัจจุบันดังนี้

$$x_i(t) = x_i(t-1) + v_i(t) \quad (2.6)$$

ซึ่งความเร็วนี้เป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม และสะท้อนถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลในสังคม

### ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function)

เป็นฟังก์ชันที่เราสร้างขึ้นหรือฟังก์ชันปัญหาที่เราต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อที่จะให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และจะใช้คำนวณหาความเหมาะสม ซึ่งเปรียบเหมือนประสิทธิภาพของแต่ละอนุภาค

### อัลกอริทึมที่ดีที่สุดแบบรวม (Global Best)

อัลกอริทึม  $gbest$  นี้เป็นการใช้โครงสร้างทอพอโลยีแบบดาว ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคตัวที่ดีที่สุดในกลุ่ม และประวัติจากประสบการณ์ของตนเอง ดังนั้นอัลกอริทึมนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตั้งค่ากลุ่ม ( $P(t)$  ที่  $t=0$ ) ของอนุภาค โดยที่ตำแหน่ง ( $x_i(t)$ ) ของอนุภาค  $i (P_i \in P(t))$  จะถูกสุ่มโดยให้ค่าอยู่ภายในปริภูมิไฮเปอร์ ที่ต้องการค้นหาคำตอบ
2. คำนวณค่าประสิทธิภาพ  $F$  ของแต่ละอนุภาค โดยใช้ตำแหน่งปัจจุบัน  $x_i(t)$
3. เปรียบเทียบค่าที่ได้ในข้อ 2 ของอนุภาค  $i$  กับค่าที่ดีที่สุดของตนเอง ( $pbest_i$ ) ดังนี้ ถ้า  $F(x_i(t)) < pbest_i$  แล้วกำหนดให้  $pbest_i = F(x_i(t))$  และ  $x_{pbest_i}(t) = x_i(t)$
4. เปรียบเทียบค่าที่ได้ในข้อ 2 ของอนุภาค  $i$  กับค่าที่ดีที่สุดของกลุ่ม ( $gbest$ ) ดังนี้ ถ้า  $F(x_i(t)) < gbest$  แล้วกำหนดให้  $gbest = F(x_i(t))$  และ  $x_{gbest}(t) = x_i(t)$
5. ปรับความเร็วของแต่ละอนุภาคดังนี้

$$v_i(t) = v_i(t-1) + \rho_1(x_{pbest_i} - x_i(t)) + \rho_2(x_{gbest} - x_i(t)) \quad (2.7)$$

โดยที่  $\rho_1$  และ  $\rho_2$  เป็นค่าที่ถูกสุ่มมา

6. ปรับตำแหน่งของแต่ละอนุภาค ตามสมการที่ 2.6 และตั้งค่า  $t = t + 1$
7. กลับไปยังข้อ 2 และทำซ้ำ จนกระทั่งจะลู่เข้า (converge)

### อัลกอริทึมที่ดีที่สุดแบบเฉพาะที่ (Local Best)

อัลกอริทึม  $lbest$  นี้เป็นการใช้เพื่อนบ้านในลักษณะของทอพอโลยีแบบวงแหวน ดังนั้นอนุภาคที่มีผลต่อการเคลื่อนที่คืออนุภาคที่อยู่ในเพื่อนบ้านที่ดีที่สุดและตำแหน่งที่ดีที่สุดของตนเอง ซึ่งอัลกอริทึมนี้จะคล้ายกับแบบ  $gbest$  เพียงแต่ในขั้นตอนที่ 4 และ 5 เปลี่ยนจาก  $gbest$  เป็น  $lbest$  นั่นเอง

อัลกอริทึม  $lbest$  นี้จะซ้ำในการลู่เข้ามากกว่าแบบ  $gbest$  แต่จะให้คำตอบที่ดีกว่า และเป็นการค้นหาโดยครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างกว่า



### 2.3 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

ทฤษฎีฟuzzyลอจิก และการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบฟuzzyอนภาค ทั้ง 2 ทฤษฎีนี้เป็นสิ่งที่เราได้เรียนรู้มาจากวิชา Introduction to Computational Intelligence for Computer Engineering (261456) โดยในงานนี้เราได้นำทั้ง 2 ทฤษฎีมาใช้งานร่วมกันโดยใช้ทฤษฎีการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบฟuzzyอนภาคในการปรับพารามิเตอร์ในระบบประมวลผลฟuzzy

### 2.4 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

ความรู้เกี่ยวกับการเทรต การใช้งานและวิเคราะห์ตัวชี้วัดทางเทคนิค

### บทที่ 3

## โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ, การนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ และการออกแบบของระบบ

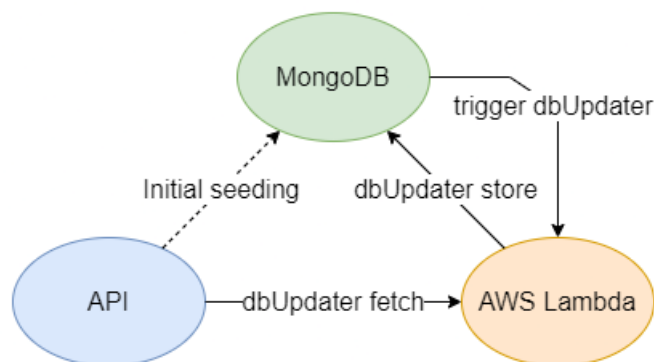
### 3.1 การจัดเก็บข้อมูล

โดยข้อมูลราคาหุ้นทุกตัวจะมีแหล่งที่มาจาก AlphaVantage โดยจะให้ข้อมูลย้อนหลังไป 2 ปี และใช้อัพเดทข้อมูลแบบทุกๆ 30 นาที และในส่วนของราคา Crypto-Currency จะมีแหล่งที่มาจาก Binance ทั้งหมด ซึ่งมีการอัพเดททุกๆ 30 นาทีเช่นกัน เราใช้ MongoDB เป็น Database สำหรับจัดเก็บข้อมูลตลาดหุ้น

ในตอนเริ่มต้นนั้นเราดึงข้อมูลที่ต้องการมาจาก AlphaVantage API ซึ่งได้มาเป็นข้อมูลตลาดหุ้นย้อนหลัง 2 ปีโดย และเก็บข้อมูลลง MongoDB โดยมีการแปลงข้อมูลให้เป็นในรูปแบบข้อมูลตลาดของเราซึ่งก็จะประกอบด้วย

1. ticker: ชื่อของหุ้นที่ทำการซื้อขาย เช่น AAPL/USD, TSLA/USD, ETH/USDT
2. open: เป็นราคาซื้อขายแรกที่เกิดขึ้นใน ช่วงเวลานั้นๆ
3. close: เป็นราคาสุดท้ายที่เกิดขึ้นจากการซื้อขายสิ้นสุด ของช่วงเวลานั้นๆ
4. high: การเคลื่อนไหวของราคาหุ้น ณ ระดับราคาสูงสุดในช่วงเวลานั้นๆ
5. low: การเคลื่อนไหวของราคาหุ้น ณ ระดับราคาต่ำสุดในช่วงเวลานั้นๆ
6. volume: ปริมาณการซื้อขายในช่วงเวลานั้นๆ

จากนั้นในการอัพเดทข้อมูลทุกๆ 30 นาที เราจะใช้ Amazon EventBridge Scheduler ที่จะไปเรียกใช้ AWS Lambda ที่เราสร้างขึ้นมาโดยใน Lambda จะดึงข้อมูลจาก AlphaVantage มาอัพเดท ในส่วนของ Crypto-Currency ก็จะใช้ระบบแบบเดียวกันแต่จะใช้ Binance API ทั้งในการดึงข้อมูลครั้งแรกและการอัพเดทแทน



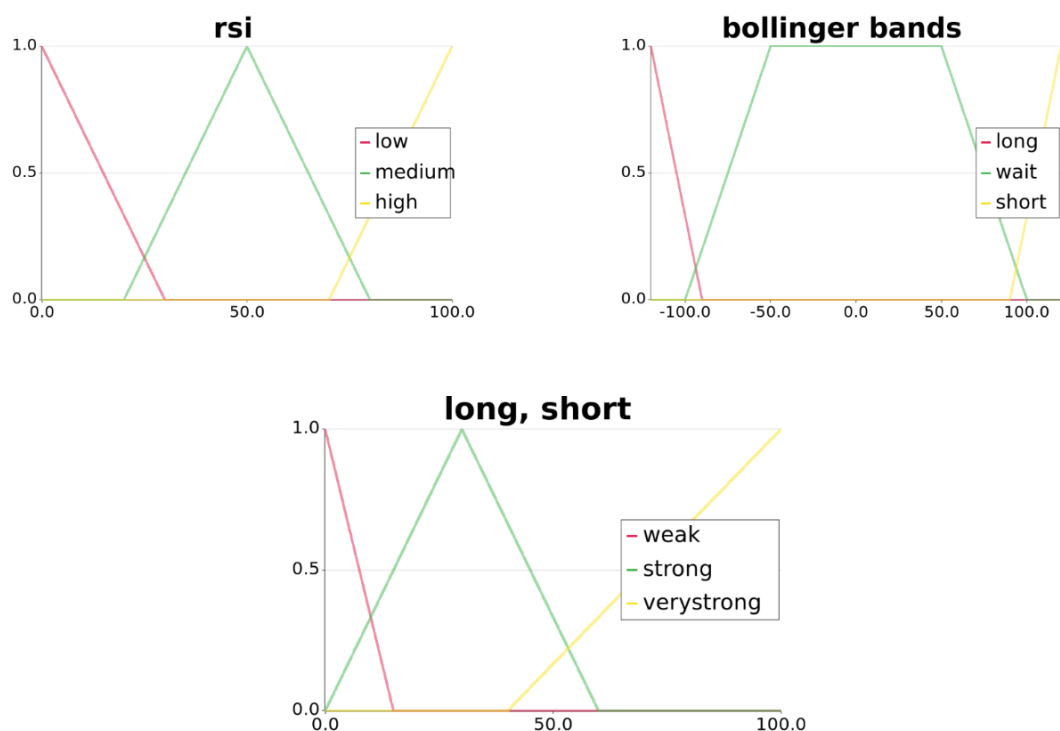
รูปที่ 3.1: โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดนเส้นประคือทำครั้งเดียวในตอนแรกเริ่ม และเส้นทึบจะทำได้ในทุกๆ ชม. โดยเป็นการเรียกใช้โปรแกรม dbUpdater ใน AWS Lambda

### 3.2 การสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วย Fuzzy Logic

เราจะใช้ Mamdani Fuzzy Inference System กับตัวแปรทางภาษาและ Fuzzy Rule ที่จะกล่าวด้านล่างนี้ในการคำนวณค่าสัญญาณของเรา มา โดย defuzzification method จะใช้แบบ centroid

#### 3.2.1 ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable)

สำหรับตัวชี้วัดทางเทคนิคแต่ละตัวที่เรามีให้ได้แก่ Relative Index Strength (RSI), Bollinger Band (BB), Moving Average Convergence/Divergence (MACD), Average Directional Index (ADX), Aroon oscillator (AROON), On-Balance Volume (OBV), Stochastic Oscillator, Accumulation/Distribution Indicator (A/D) ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้ระบบของเราผ่านเว็บไซต์ ในการสร้างตัวแปรทางภาษาจากแต่ละตัวชี้วัดทางเทคนิค และก็สามารถสร้างตัวแปรทางภาษาสำหรับสัญญาณที่จะออกมา ยกตัวอย่างเช่น ทำเป็นสัญญาณ long (ควรเข้า position long) และสัญญาณ short (ควรเข้า position short) ซึ่งจะคิดมาจากตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัดทางเทคนิคที่กล่าวถึงด้านบน ยกตัวอย่างตัวแปรทางภาษาที่เราอาจจะใช้บนรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2: ตัวแปรทางภาษาสำหรับ RSI, Bollinger Band, long, short

#### 3.2.2 Fuzzy Rules

เราจะใช้การตีความทั่วไปของแต่ละตัวชี้วัดมาสร้าง Fuzzy Rule เริ่มต้น ยกตัวอย่างเช่นถ้าเราใช้แค่ RSI และ Bollinger Band ในการสร้าง long และ short เราจะมี fuzzy rule เหมือนในตารางที่ 3.1 โดยในระบบของเราจริงๆ เราจะใช้ตัวแปรทางภาษาที่เรากล่าวในหัวข้อก่อนหน้ามาทั้งหมดสร้าง Fuzzy Rule

ในการสร้างสัญญาณ long และ short และเรา จะออกแบบระบบให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งกฎตรงนี้ได้ในทั้ง website

RSI	Bollinger Bands	LONG	SHORT
HIGH	LONG	WEAK	WEAK
HIGH	WAIT	WEAK	STRONG
HIGH	SHORT	WEAK	VERYSTRONG
MEDIUM	LONG	WEAK	STRONG
MEDIUM	WAIT	WEAK	WEAK
MEDIUM	SHORT	STRONG	WEAK
LOW	LONG	VERYSTRONG	WEAK
LOW	WAIT	STRONG	WEAK
LOW	SHORT	WEAK	WEAK

ตารางที่ 3.1: ตัวอย่างของ Fuzzy Rules ที่ใช้แค่ RSI และ Bollinger Band เพื่อสร้าง long และ short.

### 3.3 การปรับแต่ง Fuzzy Logic ด้วย PSO

เป้าหมายของเราในการปรับแต่ง Fuzzy Logic ที่ใช้สำหรับการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคใหม่ของเรา นั้น ก็คือ การปรับแต่งตัวแปรทางภาษาต่างๆ ที่มีอยู่ fuzzy rules เพื่อให้ ตัวชี้วัดทางเทคนิคของเรา นั้นสามารถสร้างกำไรได้มากที่สุด ในวิธีการเทรดที่เราใช้ปรับแต่ง โดยเราจะใช้ PSO (Particle Swarm Optimization) ในการปรับพารามิเตอร์ที่ใช้ สร้างตัวแปรทางภาษาแต่ละอัน โดยพารามิเตอร์ในการสร้าง fuzzy set นั้นจะแตกต่างกันไปตามรูปแบบของ fuzzy set เช่นถ้าเป็นแบบสามเหลี่ยมก็จะมีพารามิเตอร์ดังที่เห็นในรูปที่ 3.3 โดยผู้ใช้งานจะสามารถใช้ PSO ในการปรับแต่งตัวแปรทางภาษาได้เองผ่าน website ที่เราจัดทำขึ้นมา

#### 3.3.1 กลยุทธ์ที่เราใช้ปรับแต่ง

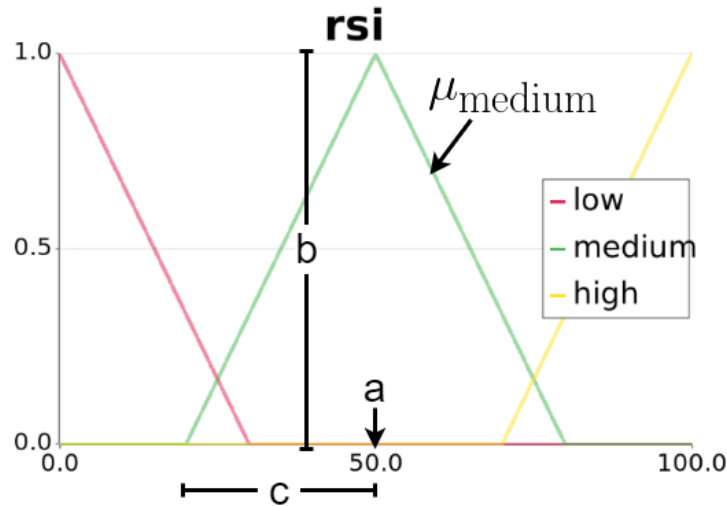
โดยในการปรับแต่ง Fuzzy Logic ของเรานั้นอันดับแรกเลยเราต้องเลือกกลยุทธ์การเทรดที่เราต้องการปรับแต่ง ให้มีผลต่อตัวชี้วัดทางเทคนิค ยกตัวอย่างกลยุทธ์การเทรด เช่น มีเงินทุน 2000 บาท ถ้า buySignal มากกว่า 50 ให้เข้าซื้อด้วย 100 บาท ด้วย stop-loss ที่ 10% และ take profit ที่ 20%

#### 3.3.2 Backtesting

Backtesting คือการนำกลยุทธ์การเทรดที่เราเลือก ไปใช้กับข้อมูลในอดีตในกรอบเวลาที่ผ่านๆ มาเพื่อทดสอบว่ากลยุทธ์นั้นไปใช้ในตลาดจริงๆ ในอดีตแล้วได้ผลดีแค่ไหน โดยเราสามารถเลือกกรอบเวลาที่ตลาดมีลักษณะคล้ายๆ กับในปัจจุบัน แล้วลองปรับเปลี่ยนและทดสอบกลยุทธ์การเทรดนั้นๆ ได้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เราต้องการ

โดยเราจะทำการ backtest ด้วยกลยุทธ์การเทรดที่เราเลือกมา แล้วเก็บข้อมูลการเทรดที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยแต่ละการเทรดจะมีข้อมูลดังนี้

- เวลาที่เข้า position
- เวลาที่ออก position



รูปที่ 3.3: ตัวแปรทางภาษาและตัวแปรที่เราต้องการจะปรับแต่ง  $\mu_{\text{medium}} = b(1 - \frac{|x-a|}{s})$  (ในที่นี้คือเราจะปรับแต่งค่าของ  $a, b, s$ )

- ราคาที่เข้าซื้อ
- ราคาที่ขาย
- จำนวนเงินที่จ่ายไป
- กำไรขาดทุนที่ได้ (realizedPnl)

### 3.3.3 Objective Function

เราจะใช้ Objective Function ที่คำนวณมาดังนี้

$$f = \begin{cases} \infty & |\text{trades}| = 0 \\ -1 \times ((\text{np} - \text{np}_r) + (\text{mdd}_r - \text{mdd})) & \text{otherwise} \end{cases}$$

โดยที่

- $\text{np} = \frac{\sum_{i=0}^n p_i(\text{realizedPnl})}{\text{startMoney}}$  คือ Net Profit ที่มีค่าอยู่ในช่วง  $[0, \infty)$  ซึ่งได้จากการเทรดทั้งหมด โดยคำนวณจากข้อมูลการเทรดที่เราได้จากการทำ backtest โดย  $n$  คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด และ  $p_i(\text{realizedPnl})$  คือข้อมูลตัวที่  $i$  โดยเอาค่า realizedPnl มา
- mdd (Maximum Drawdown ตัวอย่างในรูปที่ 3.4) มีค่าอยู่ในช่วง  $[0, 1]$  โดยเราสามารถคิดค่านี้โดยให้

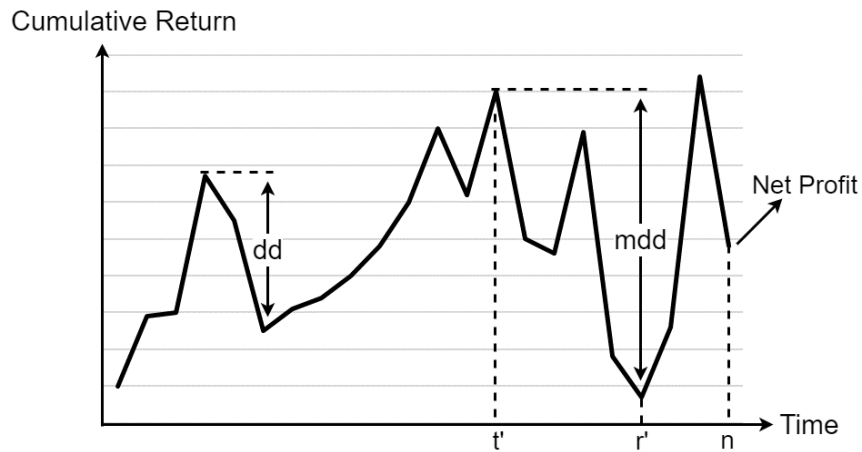
$$g(x) = \sum_{i=0}^x p_i(\text{realizedPnl})$$

$$mdd' = \max_{r \in (0, n)} \left[ \max_{t \in (0, r)} g(t) - g(r) \right] \quad (3.1)$$

แล้วให้เราจำค่า  $y = g(t)$  ที่ทำให้ได้  $mdd'$  เยอะที่สุดไว้ แล้วจะได้ว่า  $mdd = \frac{mdd'}{y}$

- $|trades|$  คือจำนวนของการซื้อขายที่เกิดขึ้นในการ backtest
- $np_r$  และ  $mdd_r$  คือค่า Net Profit และ Maximum Drawdown ที่เราได้จากการ backtest โดยใช้ตัวแปรทางภาษาดั้งเดิมก่อนที่จะทำการ ฝึกสอนด้วย PSO โดยเราจะใช้ค่านี้เป็นตัวอ้างอิงไว้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของการปรับแต่งตัวแปรทางภาษาเพื่อให้เราได้ผลที่ไม่แย่ไปกว่าตัวแปรทางภาษาแบบเดิม

ในส่วนของ hyper parameters ต่างๆ ที่เราต้องตั้งให้ PSO algorithm เช่น จำนวน particles, การคำนวณ velocity เป็นต้น จะเปลี่ยนไปตามแต่ละครั้งของการปรับแต่ง โดยเราจะทดลองหลายๆ แบบเพื่อให้ได้ตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด



รูปที่ 3.4: ตัวอย่างของ Net Profit และ Maximum Drawdown

### 3.4 การจัดการเงินทุน

เราจะใช้ optimal-f ([4]) ที่ถูกดัดแปลงตามที่ [1] ได้ทำไว้ในส่วนของการจัดการเงินทุน ซึ่งจะบอกเราว่าควรลงทุนโดยใช้เงินเท่าไร เพื่อให้เงินกำไรเติบโตแบบ exponential โดยจะคิดมาจากผลลัพธ์ของการเทรดก่อนหน้านี้ ถ้าเราเทรดสำเร็จเยอะก็จะเพิ่มเงินที่จะลงทุน ถ้าเทรดพลาดเยอะก็จะลดเงินที่จะลงทุน

อันดับแรกให้เราหาค่า  $f$  ที่ทำให้ terminal wealth relative (TWR) ในสมการ 3.2 มีค่ามากที่สุด

$$TWR(f) = \prod_{i=1}^n HPR_i(f) \quad (3.2)$$

$$HPR_i(f) = 1 + \frac{f \cdot p_i(\text{realizedPnl})}{\text{riskFactor}} \quad (3.3)$$

โดยที่ HPR คือ holding period return หรือก็คืออัตราส่วนกำไรขาดทุนของแต่ละ position,  $n$  คือจำนวน position ทั้งหมด,  $p_i(\text{realizedPnl})$  คือกำไรขาดทุนของ position ที่  $i$ , และ riskFactor คือค่าสัมบูรณ์

ของ  $p_i(\text{realizedPnl})$  ที่แย่ที่สุด

แต่ในปรกติแล้วค่า  $f$  ที่เราได้มานั้นจะมีความเสี่ยงมากเกินไปเราก็จะใช้เป็น  $\text{liquid-F}$  ที่เป็น 10% ของ  $f$  เป็น  $\text{liquid}_f = 0.1f$

$$\text{size} = \text{liquid}_f + \frac{(\text{output} - \text{threshold}) \cdot (f - \text{liquid}_f)}{\text{output}_{\max} - \text{threshold}} \quad (3.4)$$

โดย  $\text{output}$  คือค่าจากสัญญาณ long หรือ short ของเรา,  $\text{threshold}$  คือค่าที่  $\text{output}$  ที่ต่ำที่สุดที่เราจะเข้า position, และ  $\text{output}_{\max}$  คือค่าที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ของ  $\text{output}$  จากนั้นเราก็นำ  $\text{size}$  ไปคำนวณจำนวนที่จะลงทุนด้วยสมการ 3.5

$$\text{amount} = \frac{C \cdot \text{size}}{\text{price}} \quad (3.5)$$

โดย  $C$  คือจำนวนเงินที่เราทำไปลงทุนได้ และ  $\text{price}$  คือราคาของสินทรัพย์ที่เราจะลงทุน แล้วถ้าเรามี  $C$  ไม่พอให้เราลงทุนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

### 3.5 เว็บเซิร์ฟเวอร์

ก่อนจะเรียกใช้ APIs ต่างๆของเรานั้นผู้ใช้ต้องทำการสร้างบัญชีเอาไว้ก่อนเพื่อให้สามารถเก็บค่าการปรับแต่ง fuzzy logic ที่ผู้ใช้แต่ละคนทำได้ แล้ว endpoints แต่ละอันนั้นก็ต้องส่ง Bearer Token ยืนยันตัวผู้เข้ามาด้วยโดยเราจะมี endpoints ดังต่อไปนี้

1. GET /api/ohlc?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h] จะให้ข้อมูล OHLC ของสินทรัพย์ที่เราต้องการ
2. POST /api/users/[]
3. GET /api/indicators/macd?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
4. GET /api/indicators/macd/transformed?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
5. GET /api/indicators/rsi?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
6. GET /api/indicators/bb?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
7. GET /api/indicators/adx?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
8. GET /api/indicators/obv?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
9. GET /api/indicators/aroon?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]

10. GET /api/indicators/accumdist?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
11. GET /api/indicators/stoch?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
12. GET /api/fuzzy?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]&preset=[preset]
13. GET /api/settings?preset=[[preset]]
14. PUT /api/settings/linguisticvars?preset=[preset]
15. DELETE /api/settings/linguisticvars/[name]?preset=[preset]
16. POST /api/settings/fuzzyrules?preset=[preset]
17. DELETE /api/settings/fuzzyrules/[id]
18. GET /api/settings/presets
19. POST /api/settings/presets/[preset]
20. DELETE /api/settings/presets/[preset]
21. PUT /api/settings/users
22. GET /api/settings/users
23. POST /api/backtesting/run?preset=[preset]
24. GET /api/backtesting/running
25. GET /api/backtesting
26. GET /api/backtesting/[id]
27. DELETE /api/backtesting/[id]
28. DELETE /api/backtesting
29. POST /api/pso/run/[preset]?symbol=[supported\_symbols]&interval=[1d|4h|1h]&runtype=[normal|crossvalid]
30. GET /api/pso
31. DELETE /api/pso/[id]
32. GET /api/pso/running
33. GET /api/user

โดยที่ supported\_symbols มีดังนี้

- ETH/USDT
- BTC/USDT



- BNB/USDT
- AAPL/USD
- IBM/USD
- JPM/USD
- MSFT/USD
- NKE/USD
- TSLA/USD

### 3.6 การพัฒนาเว็บไซต์

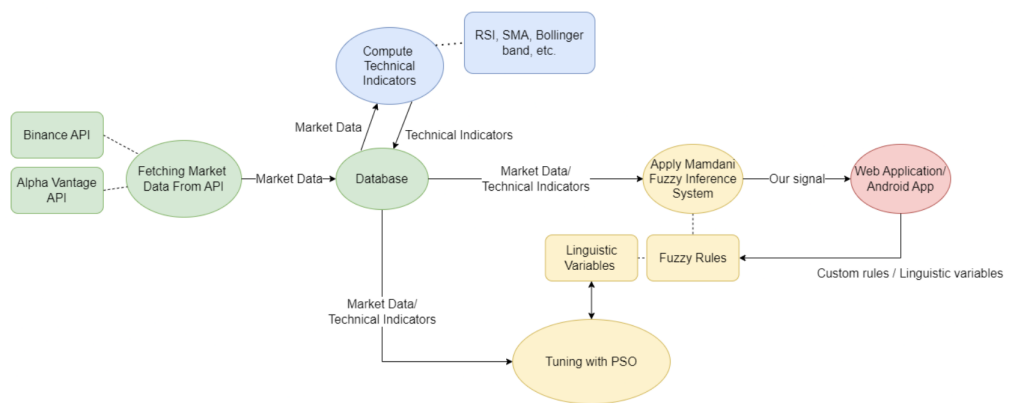
จุดประสงค์ของเว็บไซต์คือเป็นส่วนติดต่อให้กับผู้ใช้งานที่ต้องการเข้ามาใช้ระบบของเราโดยมีส่วนที่ต้องรองรับหลักดังนี้

- ผู้ใช้งานสามารถดูกราฟ OHLC ของสินทรัพย์
- ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มเครื่องมือตัวชี้วัดเบื้องต้นที่ต้องการอย่างเช่น RSI, MACD, และตัวอื่นๆที่ระบบของเรามีให้
- ผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งระบบ Fuzzy logic (ปรับกฎ และตัวแปรทางภาษา)
- ผู้ใช้งานสามารถดูผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ Fuzzy logic

ทำการออกแบบ UI/UX ของเว็บไซต์ Figma โดยในการพัฒนาเว็บไซต์ส่วนหลักใช้ UI Framework อย่าง SvelteKit และภาษา TypeScript

### 3.7 แผนภาพกระแสข้อมูลโดยรวมของระบบ (Data Flow Diagram)

แผนภาพแสดงกระแสข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่การดึงข้อมูลตลาดจาก API มาเก็บที่ Database ซึ่งข้อมูลในนั้นจะถูกนำมาใช้งานคำนวณตัวชี้วัดทางเทคนิค, ประมวลผลและปรับตั้งระบบฟัซซี่ จนกระทั่งได้สัญญาณจากระบบฟัซซี่ไปแสดงบนเว็บไซต์ให้กับผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.5: แผนภาพกระแสข้อมูล

## บทที่ 4

### การทดลองและผลลัพธ์

ในการทดลองนี้เราจะใช้ระบบของเราในการทำการทดสอบโดยจะทำการทดสอบโดยใช้เงินตั้งต้น 3,000 USD และทดสอบบนตลาด Crypto Currency (BTC, ETH, BNB) และตลาดหุ้น NASDAQ (AAPL, IBM, JPM, MSFT, NKE, TSLA) ซึ่งเงินตั้งต้นจะถูกแบ่งให้เท่าๆ กันจาก 3,000 USD สำหรับแต่ละเหรียญหรือหุ้นในทั้ง 2 ตลาด โดยวิธีการเข้าซื้อจะมีดังนี้

ส่วนเสริม	Classical	Fuzzy	Fuzzy C	Fuzzy PSO	Fuzzy PSO
ใช้ Fuzzy Logic ในการทำอินดิเคเตอร์ขึ้นมา		✓		✓	✓
การจัดการเงินทุนโดยใช้ค่าของอินดิเคเตอร์จาก Fuzzy Logic (Liquidation F)			✓		✓
การใช้ Particle Swarm Optimization (PSO) ในการปรับค่าของตัวแปรทางภาษาของอินดิเคเตอร์				✓	✓

ตารางที่ 4.1: ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการเข้าซื้อ

โดยสำหรับวิธี Classical นั้นเราจะใช้ค่าของอินดิเคเตอร์แต่ละตัวตรงๆ มาใช้ตัดสินใจเข้าซื้อ ส่วนด้านล่างนี้เป็นเงื่อนไขสำหรับการทดสอบ

- มีการเข้าซื้อขั้นต่ำอยู่ที่ 30 USD
- สำหรับการเข้าซื้อแบบที่ไม่ได้การจัดการเงินทุนจะเข้าซื้อที่ 5% ของเงินที่มีอยู่ขณะนั้น
- สำหรับตลาด Crypto Currency เมื่อกำไรของการเข้าซื้อนั้น  $\geq 20\%$  (take profit) หรือเมื่อขาดทุน  $\geq 10\%$  (stop loss) เราจะขายออก
- สำหรับตลาดหุ้น NASDAQ เมื่อกำไรของการเข้าซื้อนั้น  $\geq 10\%$  (take profit) หรือเมื่อขาดทุน  $\geq 5\%$  (stop loss) เราจะขายออก

นอกจากนี้เราจะมีวิธี Buy & Hold ซึ่งเป็นวิธีการนี้ก็คือการซื้อสินทรัพย์ไว้ด้วยจำนวนเงินทั้งหมด ตั้งแต่วันแรกที่ทดสอบไปแล้วถือไว้โดยไม่ขายออกเป็นตัวยุโรปเทียบ การทดสอบจะเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2023 ถึง 8 มีนาคม 2024 เป็นเวลาประมาณ 5 เดือน

#### 4.1 พารามิเตอร์ในการใช้ PSO

ในการใช้ PSO เราจะกำหนดให้มีพารามิเตอร์ดังนี้

- จำนวนกลุ่ม (Swarm Size) ที่ใช้ในการฝึกสอน จะมี 3 รูปแบบ คือ 5, 10, 15
- จำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่ม (Number of Particles) จะเป็น 10
- เงื่อนไขในการจบการทำงาน คือเมื่อถึงรอบที่ 10

โดยเราจะฝึกสอนโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่จุดเริ่มต้นของข้อมูลตลาดแต่ละตลาด ถึงจุดเริ่มต้นของช่วง validation ซึ่งจะเป็น 6 เดือนก่อนหน้าวันที่ 1 ตุลาคม 2023 และเราก็จะใช้กรอบเวลาของข้อมูลเป็นสี่ชั่วโมง (4h) จากนั้นเราก็จะเลือกตัวที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แล้วไปใช้ในการทดสอบต่อไป

## 4.2 AROON-MACD

สำหรับตัวชี้วัดตัวนี้จะมีตัวแปรทางภาษาตามรูปที่ 4 ในภาคผนวก และมี Fuzzy Rules ดังรูปที่ 4.1 ด้านล่างนี้

Input			Output	
aroondown	aroonup	macd	long	short
low	high	long	strong	weak
low	high	wait	strong	weak
low	high	short	weak	weak
high	low	long	weak	weak
high	low	wait	weak	strong
high	low	short	weak	strong

รูปที่ 4.1: Fuzzy Rules ของตัวชี้วัด AROON-MACD จากในระบบของเรา

โดยสำหรับตัวชี้วัดนี้จะเป็นตัวชี้วัดแบบ Trend Following ซึ่งคือการที่เราพยายามซื้อขายสินทรัพย์ตามแนวโน้มของตลาด ถ้าตลาดกำลังอยู่ในขาขึ้นก็จะมีทำการเข้าซื้อแบบ long และถ้าตลาดกำลังอยู่ในขาลงก็จะมีทำการเข้าซื้อแบบ short โดย MACD จะเป็นตัวที่บอกเราว่าควรเข้าซื้อ ณ เวลาไหน และ AROON จะเป็นตัวบอกเราว่าตลาดกำลังอยู่ในขาขึ้นหรือขาลง โดยเราจะเข้าซื้อเมื่อค่าของอินดิเคเตอร์มีค่าเกิน 30

Symbol	Classical	Fuzzy	Fuzzy C	Fuzzy PSO	Fuzzy PSO C
BTC	680.48	654.28	1035.67	1383.01	<b>1450.66</b>
ETH	440.45	509.39	509.16	294.08	<b>1264.20</b>
BNB	448.98	496.05	736.79	554.83	<b>926.30</b>
TOTAL	1569.91	1659.72	2281.62	2231.92	<b>3641.15</b>

ตารางที่ 4.2: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 เราจะเห็นว่าการใช้ตัวชี้วัดที่ใช้ Fuzzy Logic นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Classical ในตลาด Crypto Currency แต่ในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2: ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency

Symbol	Classical	Fuzzy	Fuzzy C	Fuzzy PSO	Fuzzy PSO C
AAPL	<b>4.41</b>	0.37	-0.01	-18.55	-23.70
IBM	<b>81.12</b>	62.58	28.71	74.48	75.30
JPM	13.59	<b>20.73</b>	20.72	7.41	-10.78
MSFT	<b>90.80</b>	64.01	64.80	59.54	6.60
NKE	<b>45.31</b>	23.76	23.68	23.71	-27.81
TSLA	<b>171.23</b>	59.16	56.97	6.73	-3.14
TOTAL	<b>406.46</b>	230.62	194.87	153.30	16.47

ตารางที่ 4.3: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)

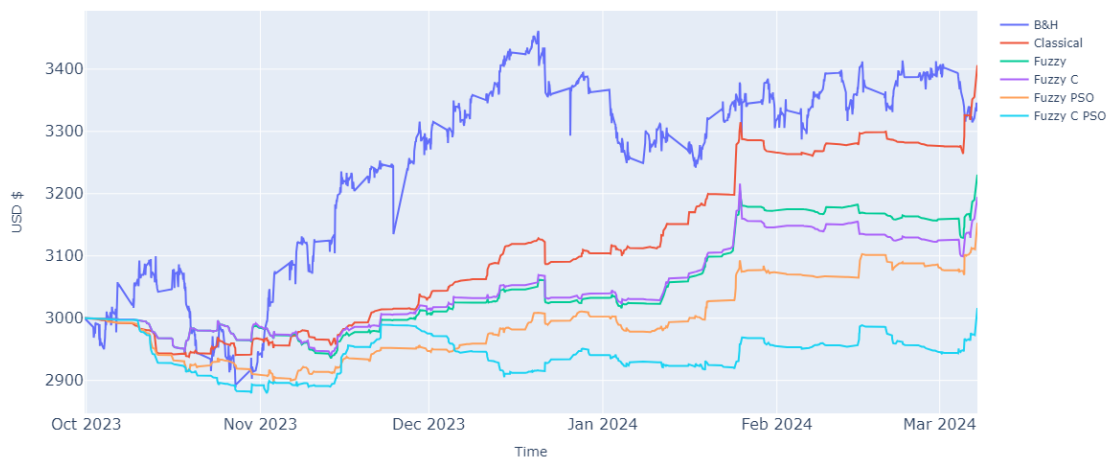
### 4.3 RSI-BB

สำหรับตัวชี้วัดตัวนี้จะมีตัวแปรทางภาษาตามรูปที่ 5 ในภาคผนวก และมี Fuzzy Rules ดังรูปที่ 4.4 ด้านล่างนี้

โดยสำหรับตัวชี้วัดนี้จะเป็นตัวชี้วัดแบบ Mean Reversion ซึ่งคือการที่เราคาดว่าราคาของสินทรัพย์จะมีแนวโน้มที่จะกลับมาสู่ราคาเฉลี่ย โดย bollinger band (bb) จะเป็นตัวบอกว่าราคาของสินทรัพย์นั้นสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเกินไปหรือไม่ และ rsi จะเป็นตัวที่บอกเราว่าควรเข้าซื้อ ณ ตอนไหน ถ้าราคาของสินทรัพย์นั้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และ rsi บอกว่าสินทรัพย์นั้นมีการขายอย่างมาก เราก็จะเข้าซื้อแบบ long และถ้าราคาของสินทรัพย์นั้นสูงกว่าค่าเฉลี่ย และ rsi บอกว่าสินทรัพย์นั้นมีการซื้ออย่างมาก เราก็จะเข้าซื้อแบบ short โดยเราจะเข้าซื้อเมื่อค่าของอินดิเคเตอร์มีค่าเกิน 25

### 4.4 การทดลองกับตลาดที่มีทิศทางไม่แน่นอน และตลาดขาลง

### 4.5 การใช้กรอบของเวลาที่ต่างกัน (1h กับ 1d)



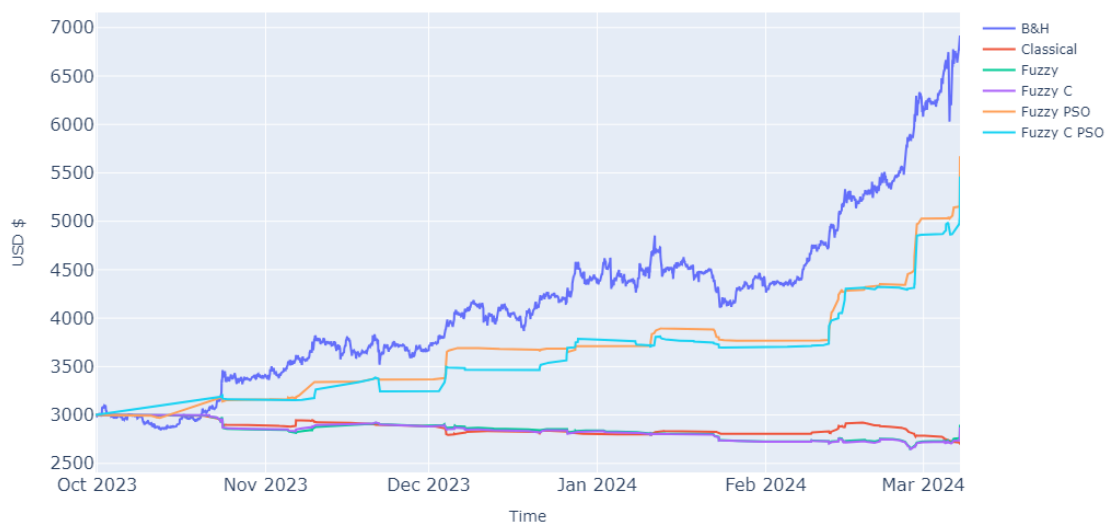
รูปที่ 4.3: ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ

Input		Output	
bb	rsi	long	short
long	high	weak	weak
wait	high	weak	strong
short	high	weak	verystrong
long	medium	weak	strong
wait	medium	weak	weak
short	medium	strong	weak
long	low	verystrong	weak
wait	low	strong	weak
short	low	weak	weak

รูปที่ 4.4: Fuzzy Rules ของตัวชี้วัด RSI-BB จากในระบบของเรา

Symbol	Classical	Fuzzy	Fuzzy C	Fuzzy PSO	Fuzzy PSO C
BTC	-110.64	-105.57	-96.40	1381.81	<b>1466.41</b>
ETH	-84.48	-24.46	-49.72	<b>1261.53</b>	-49.72
BNB	-109.26	28.17	20.36	28.17	<b>1044.98</b>
TOTAL	-304.38	-101.87	-125.76	<b>2671.50</b>	2461.67

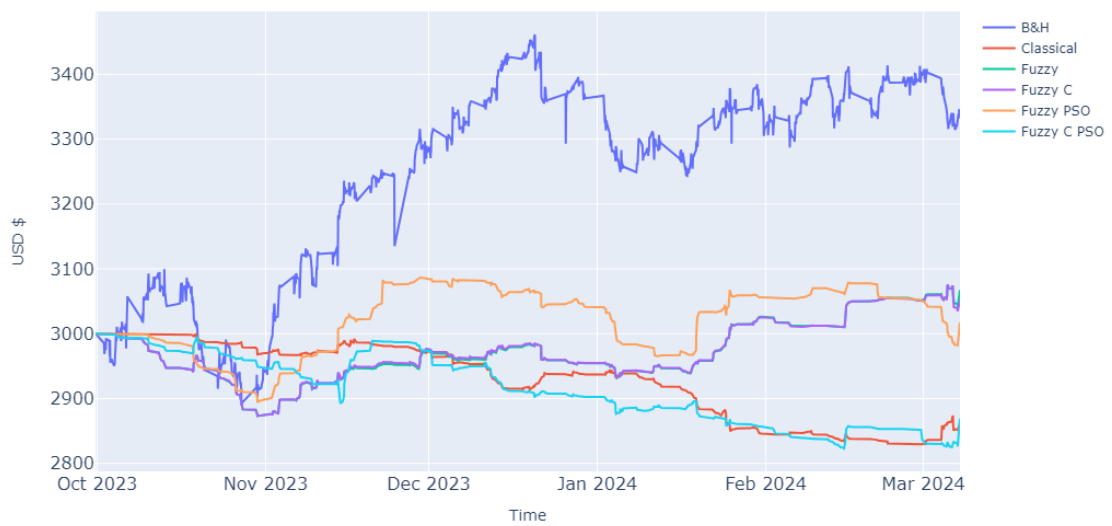
ตารางที่ 4.4: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)



รูปที่ 4.5: ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency

Symbol	Classical	Fuzzy	Fuzzy C	Fuzzy PSO	Fuzzy PSO C
AAPL	<b>17.09</b>	-20.55	-20.55	-21.33	-3.53
IBM	-50.07	69.16	53.64	<b>172.27</b>	17.32
JPM	-57.70	<b>24.27</b>	20.96	-112.47	-109.25
MSFT	-25.98	37.86	41.21	<b>89.50</b>	-15.32
NKE	-7.20	-45.88	-45.88	-45.88	-22.72
TSLA	-14.12	<b>2.70</b>	<b>2.70</b>	-64.64	<b>2.70</b>
TOTAL	-137.99	<b>67.56</b>	52.08	17.45	-130.80

ตารางที่ 4.5: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)



รูปที่ 4.6: ความเปลี่ยนแปลงของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

นศ. ควรสรุปถึงข้อจำกัดของระบบในด้านต่างๆ ที่ระบบมีในเนื้อหาส่วนนี้ด้วย

#### 5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ในการทำโครงงานนี้ พบว่าเกิดปัญหาหลักๆ ดังนี้

#### 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป มีดังนี้

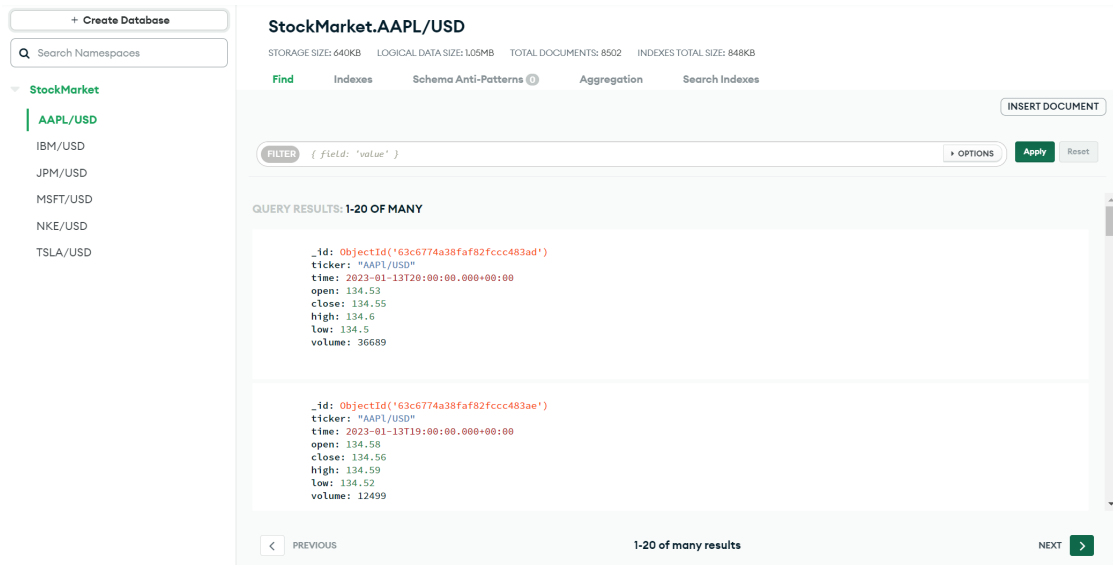
## บรรณานุกรม

- [1] Rodrigo Naranjo, Albert Meco, Javier Arroyo, and Matilde Santos. An intelligent trading system with fuzzy rules and fuzzy capital management. *International Journal of Intelligent Systems*, 30(8):963–983, 2015.
- [2] Alejandro Escobar, Julián Moreno, and Sebastián Múnera. A technical analysis indicator based on fuzzy logic. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 292:27–37, 2013. Proceedings of the XXXVIII Latin American Conference in Informatics (CLEI).
- [3] Ph.D.Associate Professor Sansanee Auephanwiriyaikul. *Introduction to Computational Intelligence for Computer Engineering*. 2013.
- [4] Ralph Vince. *Portfolio management formulas*. Wiley, 1990.

ภาคผนวก

## Backend

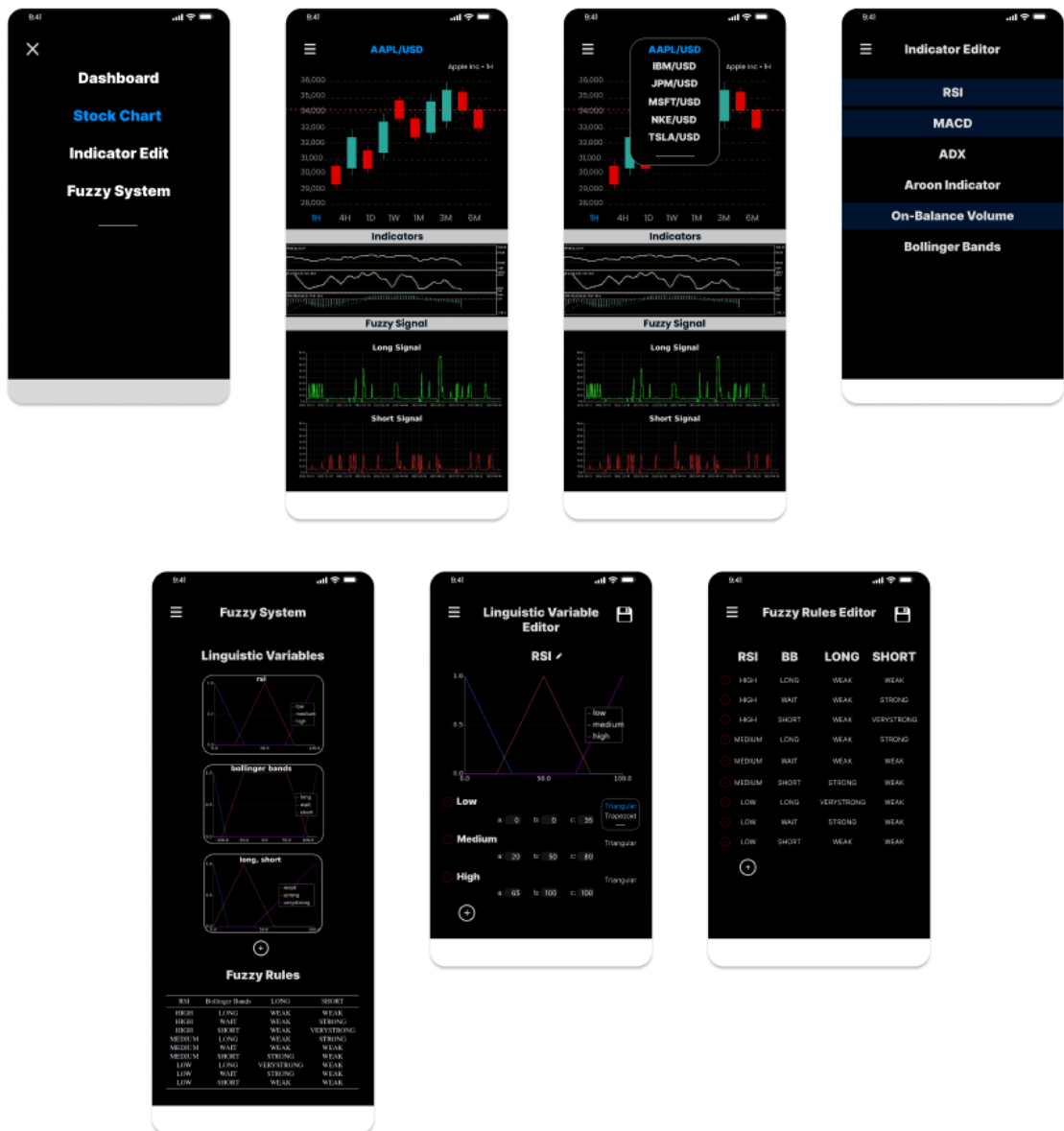
ได้มีการจัดเก็บข้อมูลตลาดหุ้น, ตลาด crypto currency และสร้างระบบอัปเดตข้อมูลอัตโนมัติ ได้เขียนโปรแกรมสำหรับ Fuzzy Logic ไปบางส่วนแล้ว รวมถึงมีการลองทำตัวเว็บเซิร์ฟเวอร์ไปบ้าง โดยสามารถดู code ได้ที่ <https://github.com/Fuzzy-Technical-Indicator/backend>



รูปที่ 1: ตัวอย่างข้อมูลตลาดหุ้นในฐานข้อมูล

## Frontend

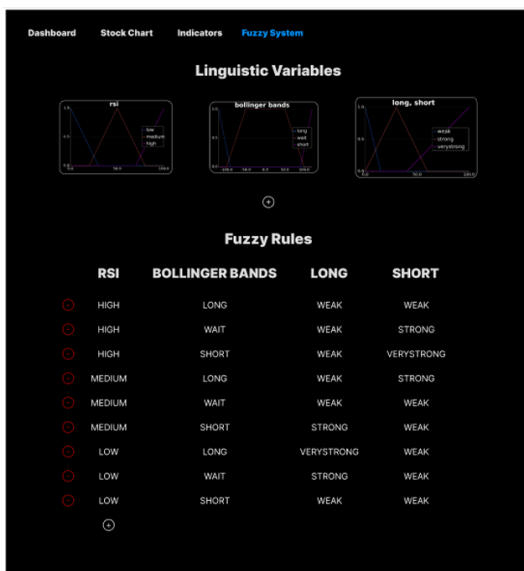
ได้มีการออกแบบหน้าตาแอปพลิเคชันทั้งแบบบนเว็บไซต์และแบบโทรศัพท์



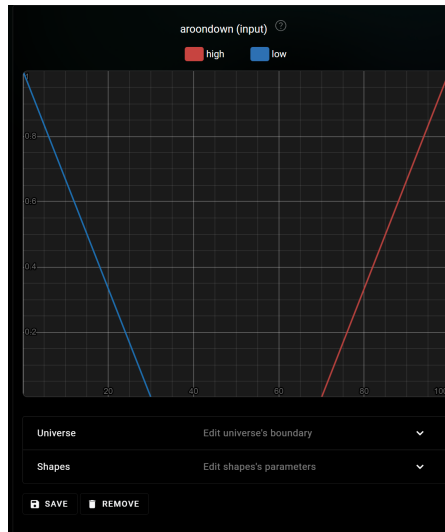
รูปที่ 2: UI/UX ของแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์

การตั้งค่าของตัวชี้วัด

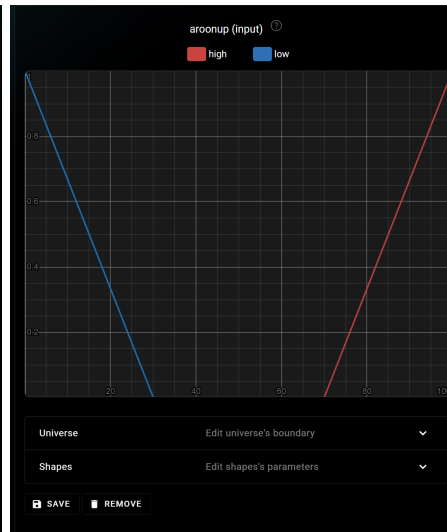
ผลลัพธ์จากการใช้ PSO ฝึกสอน



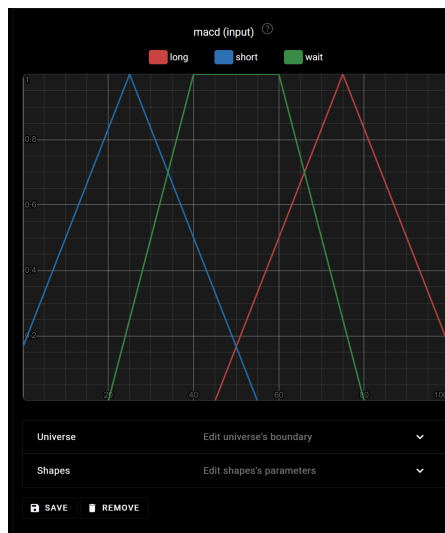
รูปที่ 3: UI/UX ของเว็บไซต์



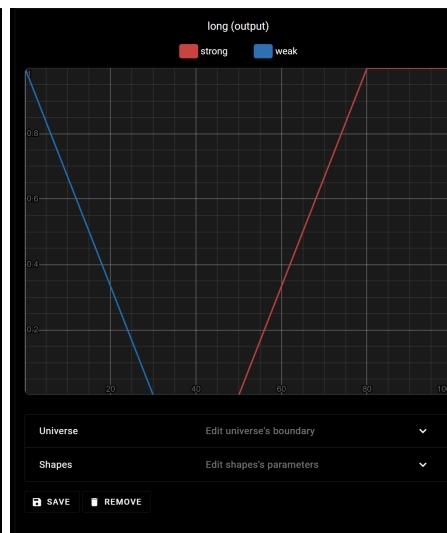
(a) aroon up



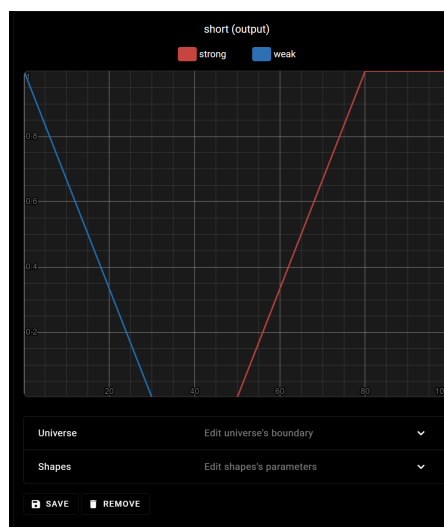
(b) aroon down



(c) macd

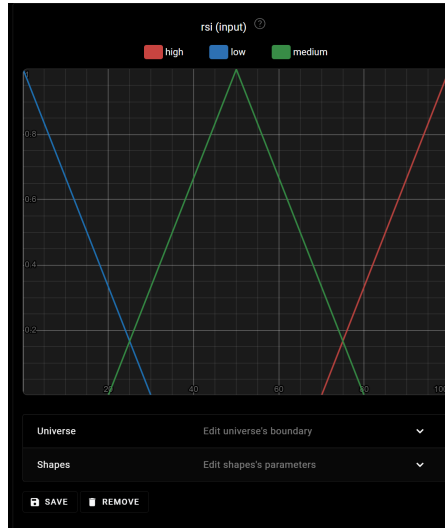


(d) long

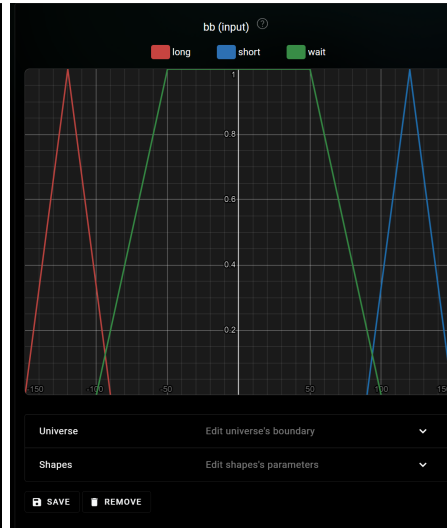


(e) short

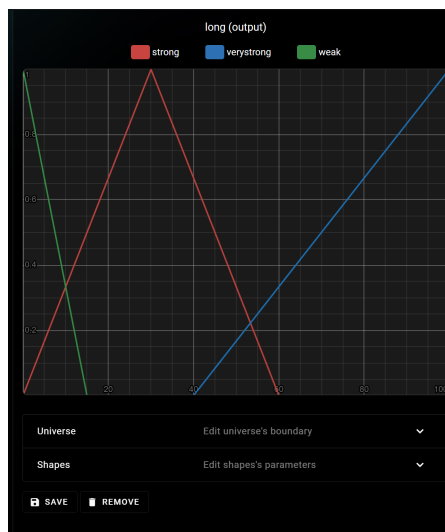
รูปที่ 4: ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด AROON-MACD จากในระบบของเรา



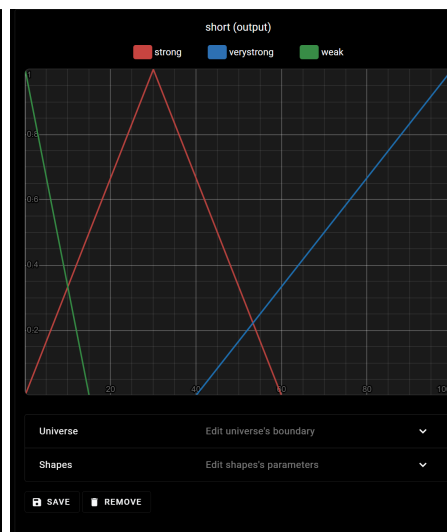
(a) bollinger band



(b) rsi



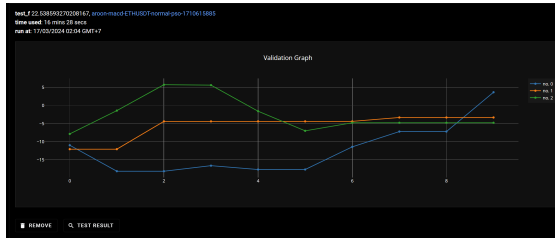
(c) long



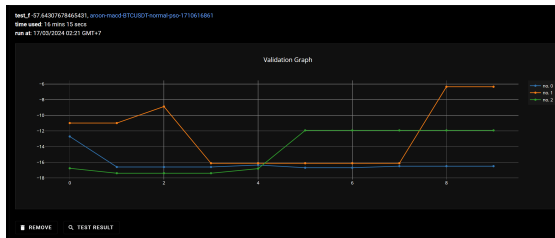
(d) short

รูปที่ 5: ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด RSI-BB จากในระบบของเรา

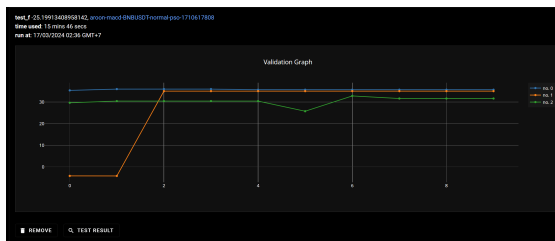




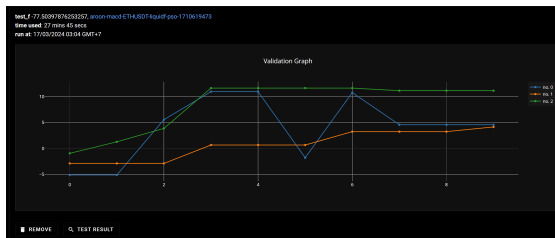
(a)



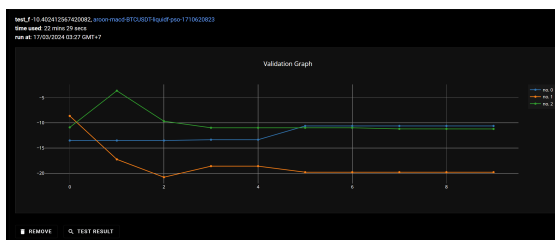
(b)



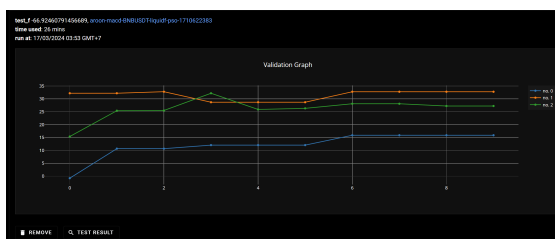
(c)



(d)

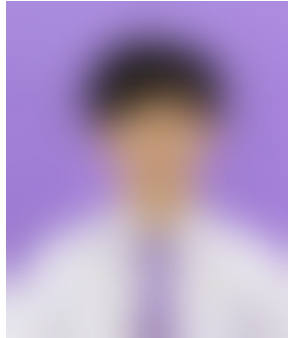


(e)



(f)

ประวัติผู้เขียน



Your biosketch goes here. Make sure it sits inside the biosketch environment.