

โครงการเลขที่ วศ.คพ. S006-2/66/2566

เรื่อง

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ด้วยฟิล์มโลจิก

โดย

รนัตถ์ ตั้งอัน รหัส 630610737
รนวัตน์ บำເປັນຈຸ รหัส 630610736

โครงการนี้

เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต^{ภาควิชา}วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
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	: ระบบสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ด้วยฟازซีโลจิก
	: Fuzzy Logic in Market Trading Decision Support System
โดย	: รนัตถ์ ตั้งอ่อน รหัส 630610737 ณวัฒน์ บำเพ็งพันธุ์ รหัส 630610736
ภาควิชา	: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: รศ.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล
ปริญญา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา	: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	: 2566

ภาควิชาภารมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชวารมคอมพิวเตอร์)

..... หัวหน้าภาควิชาศิวกรรมคอมพิวเตอร์
..... (รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กิจนุกร)

คณะกรรมการสอบโครงการ

กรรมการ

กรรมการ
(รศ.ดร. นิพนธ์ ชีรอกำพน)

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

บทคัดย่อ

ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค มีการใช้อินดิเคเตอร์ทางเทคนิคและปัจจัยอื่นๆมาใช้ช่วนในการตัดสินใจ ซึ่งหลายอย่างก็มีการตีความหมายด้วยเกณฑ์ที่ไม่สามารถรับความไม่แน่นอนและความผันผวนของตลาดได้ เช่น ค่าคงที่ เป็นต้น และถ้าเราใช้อินดิเคเตอร์ทางเทคนิคหลายๆ อันด้วยกันแล้วการตีความหมายแต่ละอย่างพร้อมๆกันก็เป็นเรื่องที่เราทำได้ยาก ดังนั้นทางผู้จัดจึงสร้างระบบเพื่อช่วยนักลงทุนในการเทรดโดยอินดิเคเตอร์ทางเทคนิคและปัจจัยอื่นๆ ของผู้ใช้งานที่ใช้ในการวิเคราะห์การซื้อ และการขายมาสร้างอินดิเคเตอร์ตัวใหม่ที่ช่วยตัดสินใจโดยใช้ Fuzzy logic ซึ่งต่างจากอินดิเคเตอร์ทางเทคนิคแบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถเอา มุมมองการวิเคราะห์ส่วนตัวของผู้ใช้งานใส่เข้าไปในอินดิเคเตอร์ตัวนี้ได้ โดยอินดิเคเตอร์ตัวนี้จะรับข้อมูลอย่าง เช่น RSI, MA, การคำนวณสินทรัพย์, ความผันผวนของตลาด และข้อมูลอื่นๆ ที่ผู้ใช้งานอาจจะต้องการ ในขณะที่เราตัดสินใจซื้อขาย หรือสัญญาณวิเคราะห์อื่นๆ ที่ผู้ใช้งานต้องการสร้างขึ้น ด้วยวิธีดังกล่าวอินดิเคเตอร์ของเราจะสามารถช่วยนักลงทุนในการจัดการกับข้อมูลหลายปัจจัยที่ผู้ใช้งานใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบมาเป็นสัญญาณใหม่เพียง 1 หรือ 2 สัญญาณที่เข้าใจง่าย เพื่อใช้ในการช่วยตัดสินใจ เราจะสร้างเว็บแอพพลิเคชันจากไอเดียดังกล่าวข้างต้น และเผยแพร่เพื่อกีบผลตอบรับจากผู้ใช้งาน

สารบัญ

บทคัดย่อ	๑
สารบัญ	๒
สารบัญรูป	๓
สารบัญตาราง	๔
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้	2
1.6 บทบาทและความรับผิดชอบ	2
1.7 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม	2
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พัชชีลوجิก (Fuzzy Logic)	3
2.1.1 พัชชีเซต (Fuzzy Set)	3
2.1.2 ระบบประมวลผลพัชชีลوجิก (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
3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน	10
3.1 การจัดเก็บข้อมูล	10
3.2 การสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วย Fuzzy Logic	11
3.2.1 ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable)	11
3.2.2 การแปลงค่าของตัวชี้วัดต่างๆ มาใช้ในตัวแปรทางภาษา	11
3.2.3 Fuzzy Rules	12
3.3 การปรับแต่ง Fuzzy Logic ด้วย PSO	13
3.3.1 กลยุทธ์ที่เราใช้ปรับแต่ง	14
3.3.2 Backtesting	14
3.3.3 Objective Function	14
3.4 การจัดการเงินทุน	15
3.5 แผนภาพกระแสข้อมูลโดยรวมของระบบ (Data Flow Diagram)	16
3.6 เว็บแอปพลิเคชัน	16
3.6.1 เว็บเชิร์ฟเวอร์	17
3.6.2 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน	20
4 การทดลองและผลลัพธ์	35
4.1 พารามิเตอร์ในการใช้ PSO	35
4.2 AROON-MACD	36
4.3 RSI-BB	37
4.4 การใช้กรอบของเวลาที่ต่างกัน (1h กับ 1d)	39

4.5 การทดลองกับตลาดที่มีพิศทางไม่แน่นอน และตลาดขالง	39
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผล	46
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	46
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ	46
บรรณานุกรม	48
ประวัติผู้เขียน	66

สารบัญรูป

2.1 พัชซีเซต หน้า, ขอบอุ่น, ร้อน และฟังก์ชันภาวะสมາชิก	3
2.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบประมวลผลพัชซีล็อกิค	4
2.3 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันภาวะสมາชิก Triangular function	4
2.4 ตัวอย่างการอนุมาน	6
2.5 รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอลายแบบดาว	7
2.6 รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอลายแบบวงแหวน	7
3.1 โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดยเส้นประคือทำครั้งเดียวในตอนแรกเริ่ม และเส้นทึบจะทำในทุกๆ ชม. โดยเป็นการเรียกใช้โปรแกรม dBUpdater ใน AWS Lambda	10
3.2 ตัวแปรทางภาษาสำหรับ RSI, Bollinger Band, long, short	11
3.3 ตัวแปรทางภาษาและตัวแปรที่เราต้องการจะปรับแต่ง $\mu_{\text{medium}} = b(1 - \frac{ x-a }{s})$ (ในที่นี่คือเราจะปรับแต่งค่าของ a, b, s)	13
3.4 ตัวอย่างของ Net Profit และ Maximum Drawdown	15
3.5 แผนภาพกราฟและข้อมูล	16
3.6 โครงสร้างโดยรวมของเว็บแอปพลิเคชัน	17
3.7 เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Login	20
3.8 เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Chart	21
3.9 Dropdown สำหรับการเปลี่ยน Symbol	21
3.10 Dropdown สำหรับการเปลี่ยน Interval	21
3.11 การเปิดใช้งานตัวชี้วัดทางเทคนิคพื้นฐาน	22
3.12 กราฟแสดงผลลัพธ์ตัวชี้วัดทางเทคนิค RSI, MACD, AROON	22
3.13 Dialog สำหรับตั้งค่าตัวชี้วัดทางเทคนิค RSI	22
3.14 Dialog สำหรับการเลือกเปิดใช้งานตัวชี้วัด Fuzzy จาก Preset	23
3.15 กราฟแสดงผลลัพธ์ตัวชี้วัดทางเทคนิคที่ได้จากการบีบ Fuzzy	23
3.16 เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Settings	23
3.17 Settings ในส่วนหน้าตั้งค่าตัวแปรทางภาษาและกฎพัชซี	24
3.18 Dropdown สำหรับเลือกตัวชี้วัดพื้นฐานเป็นตัวแปรทางภาษา	24
3.19 การเพิ่มตัวแปรทางภาษา Output	25
3.20 กราฟตัวแปรทางภาษา Input RSI ที่ยังไม่ได้ตั้งค่า	25
3.21 เมนูการตั้งค่า Universe และ Shapes ของตัวแปรทางภาษา	26
3.22 Dropdown สำหรับการเลือกเพิ่ม Shape ในตัวแปรทางภาษา	26
3.23 เมนู Universe และ Shapes เมื่อปรับตั้งค่าแล้ว	27
3.24 กราฟตัวแปรทางภาษาเมื่อปรับตั้ง Universe และ Shapes แล้ว	28
3.25 เมนู เพิ่ม/ลบ กฎพัชซีใน Preset	29
3.26 Dropdown การเลือกระดับตัวแปรทางภาษาตาม Shapes ที่ผู้ใช้งานสร้างไว้ในตัวแปรทางภาษานั้น	29
3.27 เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Backtests (ยังไม่มีผลลัพธ์การทดสอบ)	30
3.28 Backtest การตั้งค่าการทดสอบในส่วน Trading Essentials	30
3.29 Backtest การตั้งค่าการทดสอบในส่วน Ordering Conditions	31
3.30 ตารางแสดง Ordering Conditions	31
3.31 สถานะแสดงจำนวนการทดสอบ Backtest ที่กำลังดำเนินการ	32

3.32 กราฟแสดงผลลัพธ์การทดสอบ Backtest	32
3.33 เว็บแอปพลิเคชัน หน้า PSO (ยังไม่มีผลลัพธ์)	33
3.34 การตั้งค่า PSO Parameters	33
3.35 กราฟแสดงผลลัพธ์การปรับจูน PSO (Validation Graph)	34
3.36 ผลการทดสอบ Backtest บน Preset ที่ถูกปรับจูนด้วย PSO และ Validation "ได้ดีที่สุด"	34
4.1 Fuzzy Rules ของตัวชี้วัด AROON-MACD จากในระบบของเรา	36
4.2 Fuzzy Rules ของตัวชี้วัด RSI-BB จากในระบบของเรา	38
4.3 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency ในแต่ละกรอบเวลา	40
4.4 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ ในแต่ละกรอบเวลา	41
4.5 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency ในแต่ละกรอบเวลา	42
4.6 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ ในแต่ละกรอบเวลา	43
4.7 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency ในแนวโน้มตลาดแบบทิศทางไม่แน่นอน (sideway) และแบบขาลง (downtrend)	44
4.8 ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency แนวโน้มตลาดแบบทิศทางไม่แน่นอน (sideway) และแบบขาลง (downtrend)	45
1 ตัวอย่างข้อมูลตลาดหุ้นในฐานข้อมูล	50
2 ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด AROON-MACD จากในระบบของเรา	51
3 ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด RSI-BB จากในระบบของเรา	52
4 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ AROON-MACD แบบ Fuzzy C PSO	53
5 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (ETH) . .	53
6 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BTC) . .	54
7 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BNB) . .	54
8 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (AAPL) . .	54
9 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (IBM) . .	55
10 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (JPM) . .	55
11 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (MSFT) . .	55
12 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (NKE) . .	56
13 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (TSLA) . .	56
14 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (ETH) . .	56
15 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (BTC) . .	57
16 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (BNB) . .	57
17 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (AAPL) . .	57
18 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (IBM) . .	58
19 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (JPM) . .	58
20 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (MSFT) . .	58
21 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (NKE) . .	59
22 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (TSLA) . .	59
23 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (ETH)	59
24 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BTC)	60
25 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BNB)	60
26 ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (AAPL)	60

27	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (IBM)	61
28	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (JPM)	61
29	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (MSFT)	61
30	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (NKE)	62
31	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (TSLA)	62
32	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (ETH)	62
33	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (BTC)	63
34	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (BNB)	63
35	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (AAPL)	63
36	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (IBM)	64
37	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (JPM)	64
38	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (MSFT)	64
39	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (NKE)	65
40	ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (TSLA)	65

สารบัญตาราง

3.1 ตัวอย่างของ Fuzzy Rules ที่ใช้แค่ RSI และ Bollinger Band เพื่อสร้าง long และ short.	13
4.1 ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการเข้าชื่อ	35
4.2 วิธีการเข้าชื่อแบบ Classical ของตัวชี้วัด AROON-MACD	36
4.3 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)	36
4.4 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)	37
4.5 วิธีการเข้าชื่อแบบ Classical ของตัวชี้วัด RSI-BB	37
4.6 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)	38
4.7 ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ในปัจจุบัน, นักลงทุนมีการใช้การวิเคราะห์ทางเทคนิค (Technical Analysis) เพื่อช่วยให้การซื้อขายสินทรัพย์ในระยะสั้นได้กำไรสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งก็มักจะมีการใช้ตัวชี้วัดทางเทคนิค (Technical Indicators) หลายๆ อัน ใน การที่จะพยายามหาจุดเข้าซื้อ หรือจุดขาย โดย ตัวชี้วัดทางเทคนิคเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วเป็น การคำนวณทางสถิติที่ใช้ ราคา y ต่อ x หนึ่ง บริมาณการซื้อขาย y ต่อ x หนึ่ง หรืออื่นๆ ในการ คำนวณค่ามาเพื่อที่ จะพยายามทำนายทิศทางของตลาด ซึ่งเราสามารถตีความหมายค่าของตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วยเกณฑ์บางอย่าง เช่น สำหรับ RSI (Relative Strength Index) วิธีตีความหมายโดยทั่วไปคือ ถ้า RSI มากกว่า 70 หมายความว่าตลาดอยู่ในภาวะซื้อมากเกินไปให้ขาย และถ้า RSI น้อยกว่า 30 หมายความว่าตลาดอยู่ในภาวะขายมากเกินไปให้เข้าซื้อ

ผู้จัดทำคิดว่าสามารถทำได้ดีกว่าการตีความหมายแบบในตัวอย่างก่อนหน้านี้ โดยใช้ Fuzzy Rule ใน การตีความหมายจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเนื่องจากตลาด ซื้อขายสินทรัพย์นั้นมีความผันผวนและไม่แน่นอน ซึ่ง Fuzzy Logic นั้นสามารถทำงานได้ดีในการตีความ และใช้ข้อมูลที่คลุมเครือและไม่แน่นอน นอกเหนือนี้ใน งานวิจัยของ [1] ก็มีการใช้ Fuzzy Logic ในการระบบการซื้อขายสินทรัพย์ที่สำหรับจังหวะการเข้าซื้อ และ การจัดการเงินทุน ซึ่งทำงานได้ดีในตลาด NASDAQ100 และ EUROSTOXX ใน [2] ก็มีการใช้ Fuzzy Logic ในการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคจากการรับความเสี่ยงของผู้ใช้, ข้อมูลของตลาด, และอื่นๆ ซึ่งได้ผลลัพธ์ ว่าตัวชี้วัดทางเทคนิคจาก Fuzzy Logic มีประสิทธิภาพมากกว่าตัวชี้วัดทางเทคนิคแบบปกติ ได้แก่ MA, RSI และ MACD

ผู้จัดทำจึงได้สร้างระบบในการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคใหม่จากตัวชี้วัดทางเทคนิค เช่น MACD, RSI, และอื่นๆ ด้วย Fuzzy Logic และสร้างระบบการจัดการเงินทุนด้วย optimal-F ที่ดัดแปลงให้ใช้ตัวชี้วัดทาง เทคนิคที่มาจาก Fuzzy Logic (อ้างอิงจาก [1]) เพื่อช่วยในการตัดสินใจซื้อขายสินทรัพย์ให้ได้กำไรมากยิ่ง ขึ้น โดยระบบทั้งหมดนี้จะมีเว็บแอปพลิเคชันที่รองรับการใช้งานทั้งในคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ เป็น อินเตอร์เฟซในการใช้งาน โดยผู้จัดทำตัวชี้วัดจาก Fuzzy Logic นั้นบน 2 ตลาดเก้าอี้ตลาดหุ้น NASDAQ และตลาด Crypto-Currency เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ในตลาดที่มีความผันผวนต่างกัน และมีความถี่ของข้อมูลที่แตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อพัฒนา Fuzzy Logic ร่วมกับ Particle Swarm Optimization (PSO) สำหรับการสร้างวิธีการ ซื้อขายเชิงพาณิชย์ของแต่ละสินทรัพย์
- เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ข้อมูลที่ใช้งานคือข้อมูลของตลาดหุ้น NASDAQ ที่ได้มาจากการ AlphaVantage (และ Finnhub) ในช่วงประ- มาณไตรมาสแรกของปี 2021 ถึงปัจจุบัน โดยมีของบริษัท TSLA, NKE, และ JPM และข้อมูลของตลาด

Crypto-Currency จาก Binance โดยมี BTC, ETH และ BNB ในช่วงตั้งแต่ที่ Binance มีข้อมูลให้รูปแบบของข้อมูลจะอยู่ในรูปของแท่งเทียนซึ่งมี ราคาเปิด, ราคาสูงสุด, ราคาต่ำสุด, ราคาปิด, และปริมาณการซื้อขาย ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

เว็บแอปพลิเคชันที่สามารถใช้วัดทางเทคนิคจาก Fuzzy Logic ของเราทั้งที่ได้มาจากการปรับแต่งด้วย PSO และแบบที่จัดทำขึ้นมาเอง โดยมี UI ให้ user ปรับแต่ง Fuzzy Logic ต่างๆ เองได้ และมีราคานิทรรพ์ที่อยู่ในรูปแบบแท่งเทียนโดยอัตโนมัติ

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 ในส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน
3. MongoDB: สำหรับเก็บข้อมูลตลาดสินทรัพย์ที่เอาไว้ใช้ในการฝึกสอน Model, ใช้ในการแสดงบน Frontend และเก็บ Model ที่ฝึกสอนแล้ว

1.6 บทบาทและความรับผิดชอบ

- นายธนัตถ์ ตั้งอัน รหัส 630610737 ทำในส่วนของ Backend โดยมีองค์ประกอบหลักๆ ก็คือตัวเว็บเชิฟเวอร์, database, การคำนวน fuzzy logic และตัววัดทางเทคนิคต่างๆ และ การปรับแต่ง fuzzy logic ด้วย PSO
- นายธนวัตน์ บำเพ็ญพันธุ์ รหัส 630610736 ทำในส่วนของ Frontend คือการออกแบบ UI/UX, สร้างเว็บแอปพลิเคชันที่รองรับทั้งคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน และบริการเว็บเชิฟเวอร์

1.7 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม

ระบบนี้อาจจะสามารถต่อเติมด้วยการใส่ตัววัดทางเทคนิคอื่นๆ ที่อาจจะมาจากแหล่งต่างๆมาเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์บางอย่าง เช่น ภาระบนเส้นทาง ระบบนี้อาจจะเป็นเครื่องมือสำคัญให้กับนักลงทุนหลายๆ คน และสามารถช่วยสร้างกำไรให้นักลงทุนเพิ่มได้

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

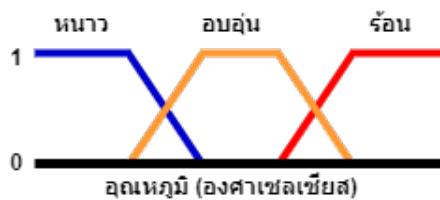
การทำโครงการ เริ่มต้นด้วยการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรือ งานวิจัย/โครงการ ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้แล้ว ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ก็จะเกี่ยวกับการอธิบายถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาในบทถัดๆ ไปได้ง่ายขึ้น

2.1 พัชชีลوجิก (Fuzzy Logic)

พัชชีลوجิก เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงตรรกะ แต่การวิเคราะห์ไม่ได้มีเพียง ถูกกับผิด หรือ 0 กับ 1 เนื่องจากเหตุการณ์ในความเป็นจริงสร้างความคลุมเครือในการวิเคราะห์ เช่น อุณหภูมิอากาศ 20 องศาเซลเซียสเป็นอากาศที่หนาวไปหรือไม่? หากนำคำามนี้ไปให้ผู้วิเคราะห์ต่างที่อยู่อาศัยกัน จะได้คำตอบที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากการวิเคราะห์แนวโน้มไม่เหมาะสมกับการตอบเพียงใช่หรือไม่ การใช้พัชชีลوجิก (Fuzzy Logic) มาใช้วิเคราะห์เหตุการณ์จึงจะได้คำตอบที่ดีกว่า แทนที่จะตอบเพียงแค่ใช่หรือไม่ คำตอบที่ได้จะเป็นพจน์ของ ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) และความเป็นสมาชิก เช่นตัวแปรทางภาษาอุณหภูมิมีค่า หนาว 60% อบอุ่น 15% ร้อน 0% (เพราะผู้วิเคราะห์อาจจะรู้สึกหนาวแต่ก็ไม่ได้หนาวเกินไปหรืออบอุ่นอยู่เล็กน้อย) จะเห็นว่าการบอกค่าเชิงตรรกะแบบพัชชีลูส์ท่อนความจริงได้ดีกว่าการตอบแบบเดิม

2.1.1 พัชชีเซต (Fuzzy Set)

เป็นเซตที่ขอบเขตไม่เด่นชัดหรือคลุมเครือโดยการบอกค่าเชิงตรรกะจะถูกสร้างเป็นพัชชีเซตที่เรารสามารถวัดระดับความเป็นสมาชิก (Membership Value) ของสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ต่อพัชชีเซตนั้นผ่านทางฟังก์ชันความสมาชิก (Membership function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่รับสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์แล้วส่งไปที่ช่วง [0,1] โดยจากตัวอย่างดังกล่าวจะสามารถสร้างเป็นพัชชีเซตได้เป็น เช็ตของอากาศ หนาว, อบอุ่น, ร้อน โดยให้อุณหภูมิเป็นสมาชิกของเซ็ตซึ่งสมาชิกแต่ละตัวสามารถเป็นสมาชิกของทุกเซ็ตได้ เช่น อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีระดับความเป็นสมาชิกในพัชชีเซตอากาศหนาว 0.6, อบอุ่น 0.15, ร้อน 0

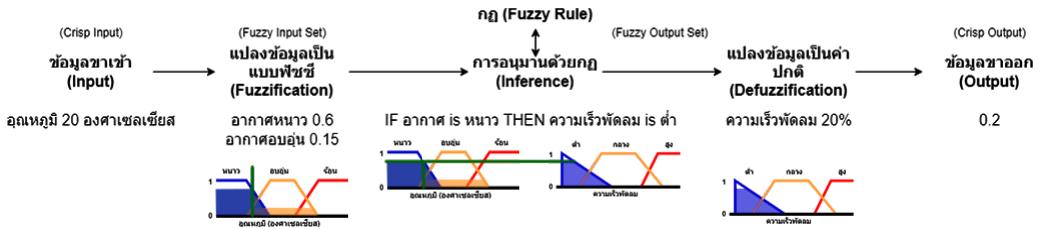


รูปที่ 2.1: พัชชีเซต หนาว, อบอุ่น, ร้อน และฟังก์ชันความสมาชิก

2.1.2 ระบบประมวลผลพัชชีลูส์ (Fuzzy Logic System)

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

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



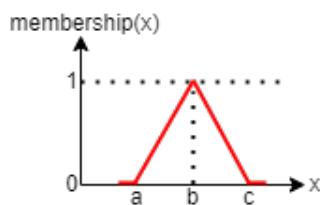
รูปที่ 2.2: ตัวอย่างการทำงานของระบบประมวลผลฟัซซีล้อจิก

โดยในงานนี้เราใช้ระบบฟัซซีแบบ Mamdani

การแปลงข้อมูลขาเข้าเป็นฟัซซี (Fuzzification)

เป็นการแปลงข้อมูลอินพุตที่ไม่แน่นอน (Crisp Set) ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบฟัซซีเซต หรือที่เรียกว่า ตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) โดยจะสร้างฟังก์ชันภาวะสมາชิกซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลขาเข้าและความสำคัญต่อข้อมูลເອົາທີ່

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



รูปที่ 2.3: ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันภาวะสมາชิก 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 ในเซตສากล X_i สำหรับ $1 \leq i \leq n$ ในขณะเดียวกัน Y ก็ถูกนิยามด้วยตัวแปรทาง

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

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

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

การอนุมานหรือการตีความ (Inference) [3]

เป็นส่วนของการประมวลผลจะมีการตีความตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หรือคือตีความผ่านกฎฟัชชี ซึ่งจากกฎ-ฟัชชีดังกล่าวจะประกอบด้วยกันสองส่วนคือ ส่วนที่เกิดขึ้นก่อน (If Part) และผลที่ตามมา (Then part) โดยที่อินพุตและเอาต์พุตนั้นอาจมีหลายตัวก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ผลที่ตามมาของแต่ละกฎจะถูกรวบกันด้วยวิธีทางตรรกศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตเพียงค่าเดียว

โดยจะเริ่มจากการหารดับความเข้ากันได้ของแต่ละอินพุต ($x_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$) กับพจน์ภาษาในกฎนั้น และเนื่องจากลักษณะของส่วนที่เกิดขึ้นก่อน (If Part) ของกฎต้องการให้ทุกอินพุตเป็นไปตามพจน์ภาษา ดังนั้นค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละอินพุตในแต่ละพจน์ภาษาจะถูกรวบกันในลักษณะของตัวเชื่อม conjunction นั้นคือที่กฎ 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 เป็นฟัชชีเซตที่เกิดจากการตัด (cut off) พจน์ภาษา $B_{i,j}$ ด้วย α_j หรือ

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

และเมื่อได้อาต์พุตของแต่ละกฎแล้ว ฟัชชีอาต์พุตจากทุกกฎจะถูกรวบกันโดยการหาฟัชชียูเนียนมาตรฐาน (ซึ่งจะได้ฟัชชีอาต์พุตรวม (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 is L_1 and x_2 is H_2 , THEN y is L

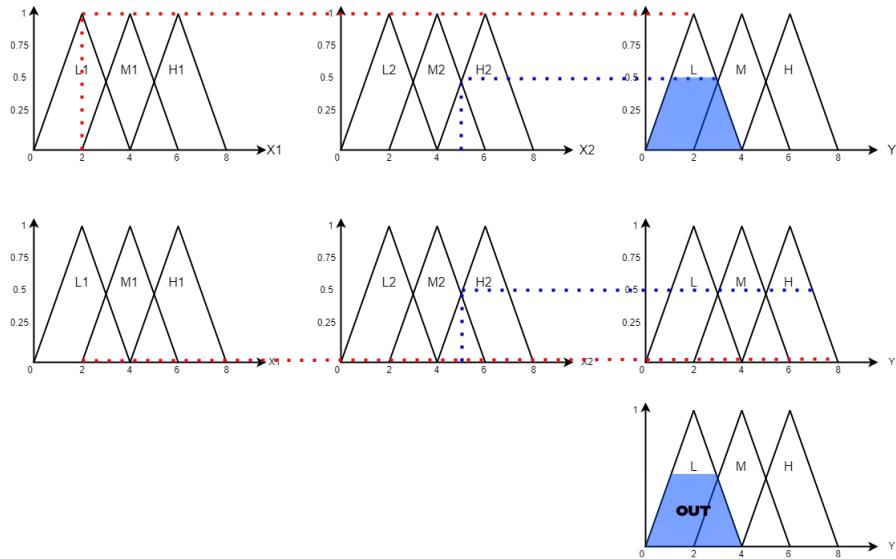
R2 : IF x_1 is M_1 and x_2 is M_2 , THEN y is H

ถ้ากำหนดให้ x_1 มีค่าเท่ากับ 2 และ x_2 มีค่าเท่ากับ 5 จะได้ว่า

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

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

ฟชซีเอටพุตของกฎที่ 1 และ 2 และฟชซีเอටพุตรวม (OUT) ดังที่แสดงในรูป 2.4



รูปที่ 2.4: ตัวอย่างการอนุมาน

การแปลงข้อมูลฟชซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification)

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการตีความนั้นยังอยู่ในรูปแบบของฟชซี ในส่วนนี้เป็นการทำการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟชซีเป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Crisp set) ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น Center of Area (Centroid) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจและนำไปควบคุมระบบได้

วิธีแปลงโดยการหา Centroid จะหาค่าเอටพุตจากจุดศูนย์กลางของพื้นที่ Graf ได้ดังสมการต่อไปนี้

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

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

2.2 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มของอนุภาค (Particle Swarm Optimization (PSO))

จาก [3] การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มของอนุภาค เป็นอัลกอริทึมการค้นหาที่เชื่อมกับประชากร ซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมเชิงสังคมของผุ่งนก ท่าทางของผุ่งนกเชิงภูมิศาสตร์ที่คาดเดาไม่ได้ โดยที่มีจุดประสงค์ในการค้นพบรูปแบบที่ควบคุมความสามารถของนกในการบินพร้อมกันและสามารถเปลี่ยนทิศทางได้อย่างกระหันกระหัน โดยการรวมกลุ่มกันใหม่ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ทำให้เกิดอัลกอริทึมสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ

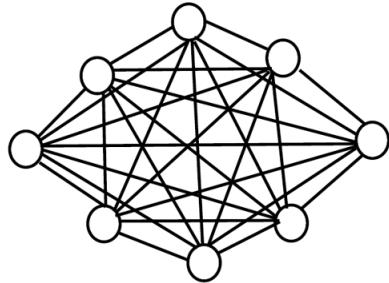
2.2.1 อนุภาค (Particle)

อนุภาค 1 อนุภาค คือคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม โดยอนุภาคจะบินในปริภูมิการค้นหา หลายมิติ การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคในกลุ่มนั้นมีอิทธิพลมาจากประสบการณ์ หรือความรู้ของเพื่อนบ้าน รูป

ร่างของเพื่อนบ้านมีหลายรูปแบบ และมีการสร้างอัลกอริทึมตามแต่ละรูปแบบ

ทอพอลายแบบดาว (Star Topology)

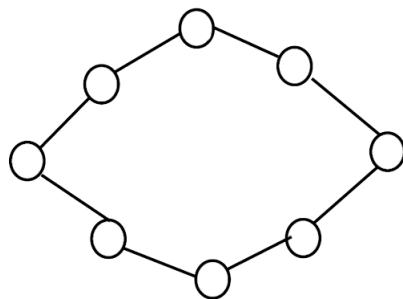
รูปแบบนี้ทำให้แต่ละอนุภาคสามารถติดต่อกับอนุภาคอื่นได้ทุกอนุภาค แต่ละอนุภาคจะสนใจอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่ม และแต่ละอนุภาคจะเลียนแบบอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่มนี้เอง โดยอัลกอริทึมที่จำลองสถานการณ์นี้คือ อัลกอริทึมดีที่สุดแบบรวม (global best)



รูปที่ 2.5: รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอลายแบบดาว

ทอพอลายแบบวงแหวน (Ring Topology)

รูปแบบนี้ทำให้แต่ละอนุภาคจะติดต่อกับเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด n อนุภาค ดังแสดงในรูป เมื่อ $n = 2$ ดังนั้น อนุภาคเคลื่อนที่ตามเพื่อนดีที่ในกลุ่มเพื่อนบ้านที่ติดต่อได้ ซึ่งอัลกอริทึมที่จำลองสถานการณ์นี้คือ อัลกอริทึมดีที่สุดแบบเฉพาะที่ (local best)



รูปที่ 2.6: รูปแบบของเพื่อนบ้านสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค ทอพอลายแบบวงแหวน

2.2.2 อัลกอริทึมสำหรับการจัดระเบียบกลุ่มของอนุภาค

อนุภาคจะбинอยู่ในปริภูมิการค้นหาหลายมิติ โดยที่ตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนไปตามประสบการณ์ของตัวอนุภาคเอง หรือของเพื่อนบ้าน ให้ $x_i(t)$ เป็นตำแหน่งของอนุภาค P_i ในปริภูมิไฮเปอร์ (hyperspace) ที่เวลา

t และตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนได้โดยการเพิ่มความเร็ว $v_i(t)$ ให้กับตำแหน่งปัจจุบันดังนี้

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

ซึ่งความเร็วนี้เป็นตัวขับในกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม และสะท้อนถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลในสังคม

ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function)

เป็นฟังก์ชันที่เราสร้างขึ้นมาหรือฟังก์ชันปัญหาที่เราต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อที่จะทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และจะใช้คำนวนหาค่าความเหมาะสม ซึ่งเปรียบเหมือนประสิทธิภาพของแต่ละอนุภาค

อัลกอริทึมดีที่สุดแบบรวม (Global Best)

อัลกอริทึม gbest นี้เป็นการใช้โครงสร้างท่อโพโลยีแบบดาว 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. คำนวนค่าประสิทธิภาพ 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 ρ_1 และ ρ_2 เป็นค่าที่ถูกสุ่มมา

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

อัลกอริทึมดีที่สุดแบบเฉพาะที่ (Local Best)

อัลกอริทึม lbest นี้เป็นการใช้เพื่อนบ้านในลักษณะของท่อโพโลยีแบบวงแหวน ดังนั้นอนุภาคที่มีผลต่อการเคลื่อนที่คืออนุภาคที่อยู่ในเพื่อนบ้าน ที่ดีที่สุดและตำแหน่งที่ดีที่สุดของตนเอง ซึ่งอัลกอริทึมนี้จะคล้ายกับแบบ gbest เพียงแต่ในขั้นตอนที่ 4 และ 5 เปลี่ยนจาก gbest เป็น lbest นั่นเอง

อัลกอริทึม lbest นี้จะซ้ำในการถูกระยะกว่าแบบ gbest แต่จะให้คำตอบที่ดีกว่า และเป็นการค้นหาโดยครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างกว่า

2.3 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

ทฤษฎีฟิล์ซีลอจิก และการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบผู้องุภัค ทั้ง 2 ทฤษฎีนี้เป็นสิ่งที่เราได้เรียนรู้มาจากการสอนวิชา Introduction to Computational Intelligence for Computer Engineering (261456) โดยในงานนี้เราได้นำทั้ง 2 ทฤษฎีมาใช้งานร่วมกันโดยใช้ทฤษฎีการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบผู้องุภัคในการปรับพารามิเตอร์ในระบบประมวลผลฟิล์ซีล

2.4 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

ความรู้เกี่ยวกับการเทรด การใช้งานและวิเคราะห์ตัวชี้วัดทางเทคนิค

บทที่ 3

โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ, การนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ และการออกแบบของระบบ

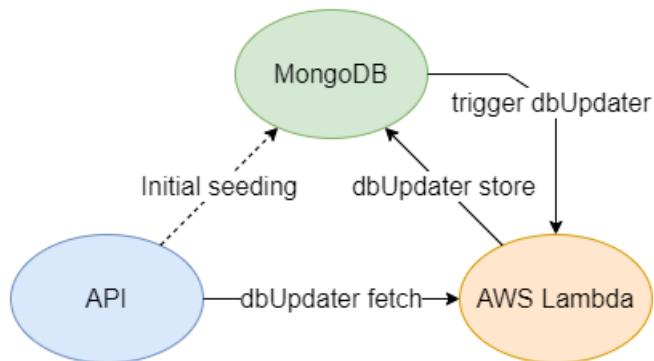
3.1 การจัดเก็บข้อมูล

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

ในตอนเริ่มต้นนั้นเราตั้งข้อมูลที่ต้องการมาจาก AlphaVantage API ซึ่งได้มาเป็นข้อมูลตลาดหุ้นย้อนหลัง 2 ปีโดย และเก็บข้อมูลลง MongoDB โดยมีการแปลงข้อมูลให้เป็นในรูปแบบข้อมูลตลาดของเราระดับที่จะประกอบด้วย

1. ticker: ชื่อของหุ้นที่ทำการซื้อขาย เช่น AAPL/USD, TSLA/USD, ETH/USDT
2. open: เป็นราคาซื้อขายแรกที่เกิดขึ้นใน ช่วงเวลาหนึ่งๆ
3. close: เป็นราคสุดท้ายที่เกิดขึ้นจากการซื้อขายสิ้นสุด ของช่วงเวลาหนึ่งๆ
4. high: การเคลื่อนไหวของราคาหุ้น ณ ระดับราคาสูงสุดในช่วงเวลาหนึ่งๆ
5. low: การเคลื่อนไหวของราคาหุ้น ณ ระดับราคาต่ำสุดในช่วงเวลาหนึ่งๆ
6. volume: ปริมาณการซื้อขายในช่วงเวลาหนึ่งๆ

จากนั้นในการอัพเดตข้อมูลทุกๆ 30 นาที เราจะใช้ Amazon EventBridge Scheduler ที่จะไปเรียกใช้ AWS Lambda ที่เราสร้างขึ้นมาโดยใน Lambda จะดึงข้อมูลจาก AlphaVantage มาอัพเดต ในส่วนของ Crypto-Currency ก็จะใช้ระบบแบบเดียวกันแต่จะใช้ Binance API ทั้งในการดึงข้อมูลครั้งแรกและการอัพเดตแทน



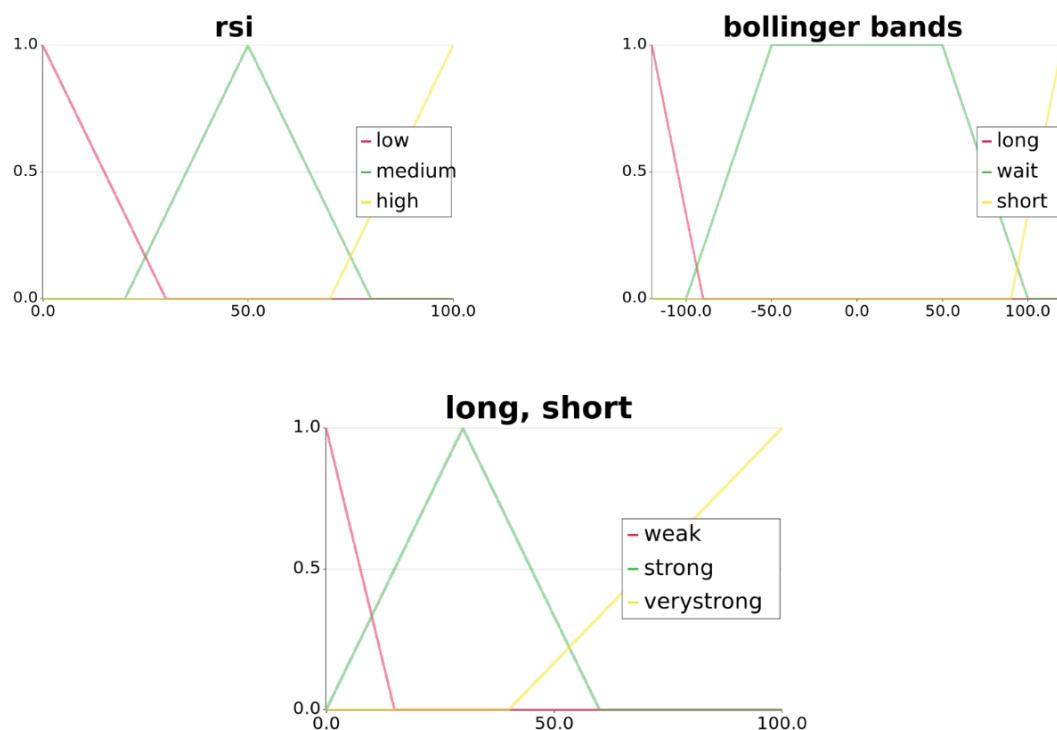
รูปที่ 3.1: โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดยเส้นประคือทำครั้งเดียวในตอนแรกเริ่ม และเส้นทึบจะทำในทุกๆ ชม. โดยเป็นการเรียกใช้โปรแกรม dBUpdater ใน AWS Lambda

3.2 การสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคด้วย Fuzzy Logic

เราจะใช้ Mamdani Fuzzy Inference System กับตัวแปรทางภาษาและ Fuzzy Rule ที่จะกล่าวด้านล่างนี้ในการคำนวณค่าสัญญาณของเรามา 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) ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้ระบบของเราผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ในการสร้างตัวแปรทางภาษาจากแต่ละตัวชี้วัดทางเทคนิค และก็สามารถสร้างตัวแปรทางภาษาสำหรับสัญญาณที่จะออกมากยตัวอย่างเช่น ทำเป็นสัญญาณ long (ควรเข้า position long) และสัญญาณ short (ควรเข้า position short) ซึ่งจะคิดมาจากการตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัดทางเทคนิคที่กล่าวถึงด้านบน ยกตัวอย่างตัวแปรทางภาษาที่เราอาจจะใช้บนรูปที่ 3.2



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

3.2.2 การแปลงค่าของตัวชี้วัดต่างๆ มาใช้ในตัวแปรทางภาษา

โดยสำหรับแต่ละตัวชี้วัดเราจะมีวิธีการแปลงค่ามาใช้ในตัวแปรทางภาษาดังนี้

- RSI, AROONUP, AROONDOWN, STOCH ใช้ค่าของมันได้เลย โดยมีค่าอยู่ในช่วง [0, 100]

- OBV, ACCUMDIST ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยว กับปริมาณการซื้อขาย ดังนั้นค่าของมันก็จะอยู่ในช่วง $[0, \infty)$ เราจะใช้ค่าของมันได้เลย แล้วตั้งค่าของของ universe ของตัวแปรทางภาษาเราให้อยู่ในช่วง $[0, \text{max_so_far}]$ ได้
- BB โดยค่าของมันจะมีสามค่าคือ upper เป็นกรอบด้านบน, lower เป็นกรอบด้านล่าง, sma เป็นค่าตรงกลาง โดยที่เราจะแปลงสามค่านี้เป็นค่าเดียวโดย

$$\text{scale} = \begin{cases} \text{upper} - \text{sma} & \text{price} > \text{sma} \\ \text{sma} - \text{lower} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$BB = \frac{\text{price} - \text{sma}}{\text{scale}} \times 100$$

โดยที่ price คือราคาของสินทรัพย์ ณ ขนาดนั้น และค่าของ BB ที่เราได้มาจากการแปลงนี้ปกติแล้วจะอยู่ในช่วง $[-200, 200]$ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการตั้งค่าของตัวชี้วัด BB ของเรา

- MACD โดยค่าของมันจะมีสองค่าคือ ค่า MACD และค่า Signal ซึ่งเราจะแปลงค่ามาใช้ในตัวแปรทางภาษาโดยการนำค่า MACD มาลบค่า Signal ได้เป็นค่าความต่างที่เราจะเรียกว่า h โดยเราจะหาค่า h_{\max} ซึ่งคือค่าสูงสุดของ h แบบค่าสัมบูรณ์จากทั้งหมดก่อนหน้าแล้ว

$$q = \begin{cases} 75 & h_0 \leq 0 \wedge h_1 > 0 \\ 25 & h_0 \geq 0 \wedge h_1 < 0 \\ 50 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$MACD = q + (25 \times \frac{h_1 - h_0}{h_{\max}})$$

โดยที่ h_0 คือ h ในช่วงก่อน h_1 ดังนั้นนี่คือการแปลงการข้ามกันของค่า macd และค่า signal ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงจังหวะในการเข้าชี้อสินทรัพย์ โดยค่าที่เราแปลงมาจะมีช่วงอยู่ใน $[0, 100]$ ซึ่งได้เดินมาจาก [1]

3.2.3 Fuzzy Rules

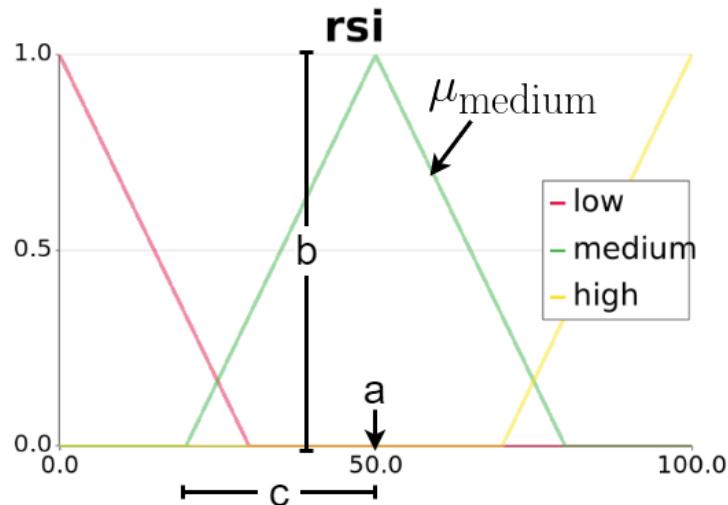
เราจะใช้การตีความที่ว่าไปของแต่ละตัวชี้วัดมาสร้าง Fuzzy Rule เริ่มต้น ยกตัวอย่างเช่นถ้าเราใช้แค่ RSI และ Bollinger Band ในการสร้าง long และ short เราจะมี fuzzy rule เมื่อในตารางที่ 3.1 โดยในระบบของเราจริงๆ เราจะใช้ตัวแปรทางภาษาที่เรากล่าวในหัวข้อก่อนหน้ามาทั้งหมดสร้าง Fuzzy Rule ในการสร้างสัญญาณ long และ short และเรา จะออกแบบระบบให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งกฎลงนี้ได้ในทั้ง 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 ที่ใช้ RSI และ Bollinger Band เพื่อสร้าง long และ short.

3.3 การปรับแต่ง Fuzzy Logic ด้วย PSO

เป้าหมายของเรานในการปรับแต่ง Fuzzy Logic ที่ใช้สำหรับการสร้างตัวชี้วัดทางเทคนิคใหม่ของเรานั้น ก็คือ การปรับแต่งตัวแปรทางภาษาต่างๆ ที่มีอยู่ fuzzy rules เพื่อให้ ตัวชี้วัดทางเทคนิคของเรานั้นสามารถสร้าง กำไรมากที่สุดในวิธีการเทรดที่เราใช้ปรับแต่ง โดยเราจะใช้ PSO (Particle Swarm Optimization) ใน การปรับพารามิเตอร์ที่ใช้ สร้างตัวแปรทางภาษาแต่ละอัน โดยพารามิเตอร์ในการสร้าง fuzzy set นั้นจะแตกต่างกันไปตามรูปแบบของ fuzzy set เช่นถ้าเป็นแบบสามเหลี่ยมก็จะมีพารามิเตอร์ดังที่เห็นในรูปที่ 3.3 โดยผู้ใช้งานจะสามารถใช้ PSO ในการปรับแต่งตัวแปรทางภาษาได้เองผ่าน website ที่เราจัดทำขึ้นมา



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

3.3.1 กลยุทธ์ที่เราใช้ปรับแต่ง

โดยในการปรับแต่ง Fuzzy Logic ของเรานั้นอันดับแรกเลยเราต้องเลือกกลยุทธ์การเทรดที่เราต้องการปรับแต่ง ให้มีผลต่อตัวชี้วัดทางเทคนิค ยกตัวอย่างกลยุทธ์การเทรด เช่น มีเงินต้น 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 มาเพื่อทดสอบว่ากลยุทธ์นั้นนำไปใช้ในตลาดจริงๆ ในอดีตแล้วได้ผลดีแค่ไหน โดยเราสามารถเลือกรอบเวลาที่ตลาดมีลักษณะคล้ายๆ กับในปัจจุบัน แล้วลองปรับเปลี่ยนและทดสอบกลยุทธ์การเทรดนั้นๆ ได้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เราต้องการ

โดยเราจะทำการ backtest ด้วยกลยุทธ์การเทรดที่เราเลือกมา และเก็บข้อมูลการเทรดที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยแต่ละการเทรดจะมีข้อมูลดังนี้

- เวลาที่เข้า position
- เวลาที่ออก position
- ราคาที่เข้าซื้อ
- ราคาที่ขาย
- จำนวนเงินที่จ่ายไป
- กำไรขาดทุนที่ได้ (realizedPnl)

3.3.3 Objective Function

เราจะใช้ Objective Function ที่คำนวนมาดังนี้

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

โดยที่

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

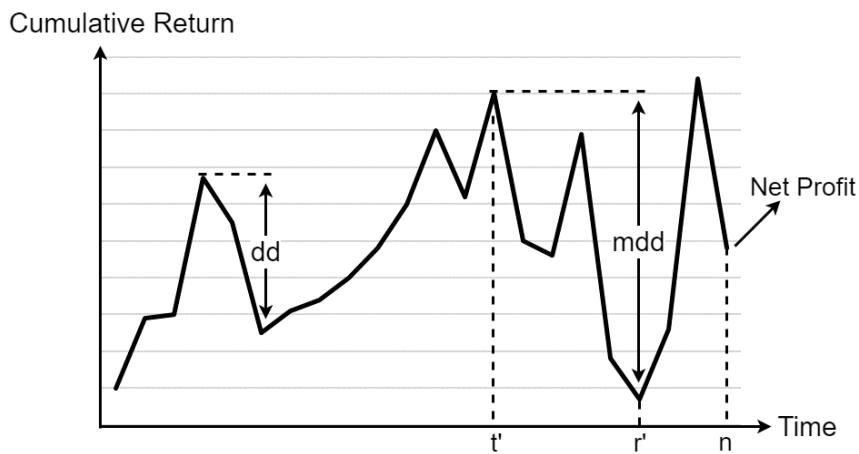
$$g(x) = \sum_{i=0}^x p_i(\text{realizedPnl})$$

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

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 โดยใช้ตัวแปรทางภาษาตั้งต้นก่อนที่จะทำการ ฝึกสอนด้วย PSO โดยเราจะใช้ค่านี้เป็นตัวอ้างอิงไว้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของการปรับแต่งตัวแปรทางภาษาเพื่อให้เราได้ผลที่ไม่แย่ไปกว่าตัวแบบเดิม

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 ซึ่งจะบอกเราว่า ควรลงทุนโดยใช้เงินเท่าไหร่ เพื่อให้เงินกำไรเติบโตแบบ exponential โดยจะคิดมาจากการผลลัพธ์ของการเทรดก่อนหน้า 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 หรือคืออัตราส่วนกำไรขาดทุนของแต่ละ position , n คือจำนวน position ทั้งหมด, $p_i(\text{realizedPnl})$ คือกำไรขาดทุนของ position ที่ i , และ riskFactor คือค่าสัมบูรณ์ของ $p_i(\text{realizedPnl})$ ที่แย่ที่สุด

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

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

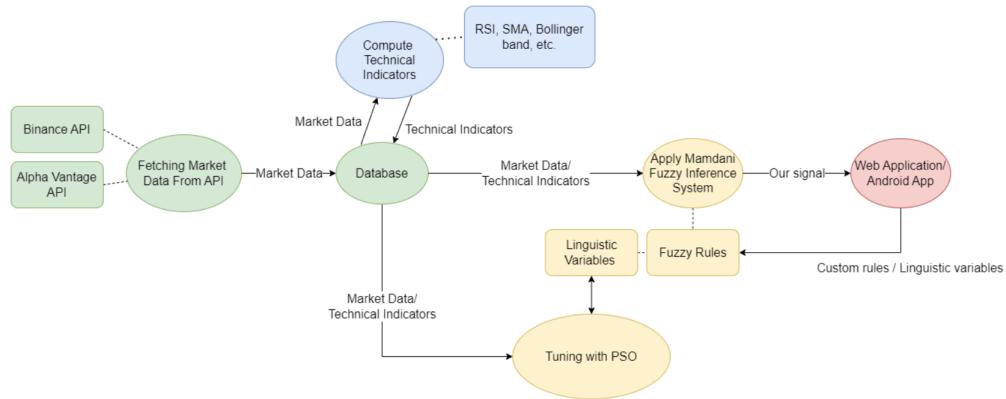
โดย output คือค่าจากสัญญาณ long หรือ short ของเรา, threshold คือค่าที่ output ที่ต่ำที่สุดที่เราจะเข้า position, และ output_{\max} คือค่าที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ของ output จากนั้นเราจะนำ size ไปคำนวณจำนวนที่จะลงทุนด้วยสมการ 3.5

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

โดย C คือจำนวนเงินที่เราทำไปลงทุนได้ และ price คือราคาของสินทรัพย์ที่เราจะลงทุน แล้วถ้าเรามี C ไม่พอให้เราลงทุนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3.5 แผนภาพกราฟแสดงข้อมูลโดยรวมของระบบ (Data Flow Diagram)

แผนภาพแสดงกราฟแสดงข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่การดึงข้อมูลตลาดจาก API มาเก็บที่ Database ซึ่งข้อมูลในนั้นจะถูกนำมาใช้งานคำนวณตัวชี้วัดทางเทคนิค, ประมวลผลและปรับตั้งระบบฟuzzi จนกระทั่งได้สัญญาณจากระบบฟuzzi ไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชันให้กับผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.5: แผนภาพกราฟแสดงข้อมูล

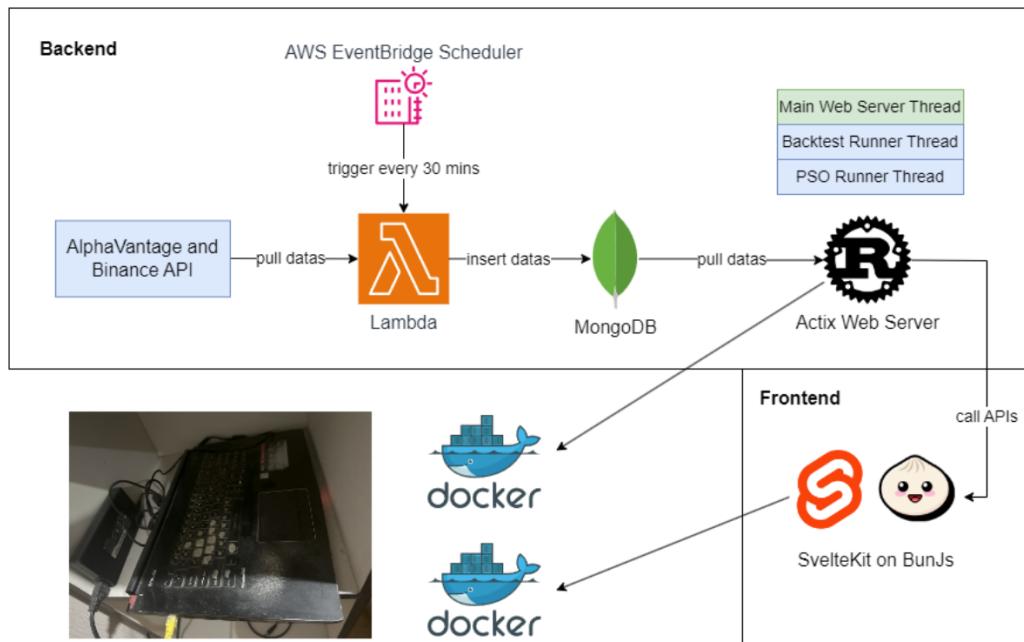
3.6 เว็บแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชันสามารถรองรับการทำงานของผู้ใช้งานทั้งบนคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ จุดประสงค์ของเว็บแอปพลิเคชันคือเป็นส่วนติดต่อให้กับผู้ใช้งานที่ต้องการเข้ามาใช้ระบบของเราโดยมีส่วนที่ต้องรองรับหลักดังนี้

- ผู้ใช้งานสามารถดูกราฟ OHLC ของสินทรัพย์ในแต่ละ Interval

- ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มเครื่องมือตัวชี้วัดเบื้องต้นที่ต้องการอย่างเช่น RSI, MACD, และตัวอื่นๆที่ระบบของเรามีให้
- ผู้ใช้งานสามารถสร้าง Preset และปรับแต่งระบบ Fuzzy logic (ปรับกฎ และตัวแปรทางภาษา)
- ผู้ใช้งานสามารถดูผลลัพธ์ที่ได้จาก Preset ระบบ Fuzzy logic
- ผู้ใช้งานสามารถทำการทดสอบกลยุทธ์ย้อนหลัง Backtesting บน Preset Fuzzy logic และดูผลลัพธ์ การทดสอบ
- ผู้ใช้งานสามารถทำปั้บจูนตัวแปรทางภาษาของ Preset Fuzzy logic ด้วย PSO และดูผลลัพธ์การปรับจูน

ทำการออกแบบ UI/UX ของเว็บแอปพลิเคชัน Figma โดยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันส่วนหลักใช้ UI Framework อย่าง SvelteKit และภาษา TypeScript



รูปที่ 3.6: โครงสร้างโดยรวมของเว็บแอปพลิเคชัน

3.6.1 เว็บเชิร์ฟเวอร์

ก่อนจะเรียกใช้ APIs ต่างๆของเรานั้นผู้ใช้ต้องทำการสร้างบัญชีเอาไว้ก่อนเพื่อให้สามารถเก็บค่าการปรับแต่ง Fuzzy logic ที่ผู้ใช้แต่ละคนทำไว้ได้ แล้ว Endpoints แต่ละอันนั้นก็ต้องส่ง Bearer Token ยืนยันตัวผู้ใช้มาด้วยโดยเราจะมี Endpoints ดังต่อไปนี้

1. GET /api/ohlc?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูล OHLC ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
2. GET /api/indicators/macd?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด MACD ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval

3. GET /api/indicators/macd/transformed?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด MACD Transformed ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
4. GET /api/indicators/rsi?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด RSI ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
5. GET /api/indicators/bb?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด BB ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
6. GET /api/indicators/adx?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด ADX ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
7. GET /api/indicators/obv?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด OBV ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
8. GET /api/indicators/aroon?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด AROON ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
9. GET /api/indicators/accumdist?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด ACCUM DIST ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
10. GET /api/indicators/stoch?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด STOCH ของสินทรัพย์ตาม supported_symbols และ interval
11. GET /api/fuzzy?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]&preset=[preset]
ให้ข้อมูลตัวชี้วัด fuzzy preset ของสินทรัพย์ supported_symbols และ interval
12. GET /api/settings/preset=[[preset]]
ให้ข้อมูลการตั้งค่าของ fuzzy preset
13. PUT /api/settings/linguisticvars?preset=[preset]
อัปเดตค่าตัวแปรทางภาษาของ fuzzy preset
14. DELETE /api/settings/linguisticvars/[name]?preset=[preset]
ลบตัวแปรทางภาษาตามชื่อ name ใน fuzzy preset
15. POST /api/settings/fuzzyrules?preset=[preset]
เพิ่มกฎพื้นฐานใน fuzzy preset
16. DELETE /api/settings/fuzzyrules/[id]
ลบกฎพื้นฐาน id ใน fuzzy preset
17. GET /api/settings/presets
ให้ข้อมูลรายชื่อ fuzzy preset ที่มีอยู่
18. POST /api/settings/presets/[preset]
สร้าง fuzzy preset ด้วยชื่อ preset
19. DELETE /api/settings/presets/[preset]
ลบ fuzzy preset ที่ชื่อ preset

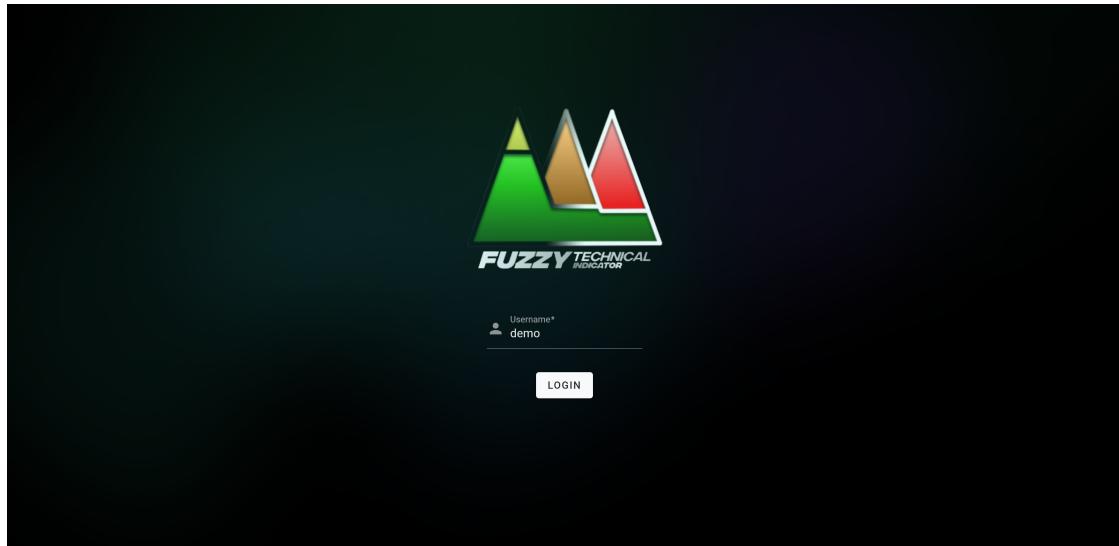
20. PUT /api/settings/users
อัพเดทข้อมูลการตั้งค่าตัวชี้วัดทางเทคนิคของ user
21. GET /api/settings/users
ให้ข้อมูลการตั้งค่าตัวชี้วัดทางเทคนิคของ user
22. POST /api/backtesting/run?preset=[preset]
ทดสอบกลยุทธ์ fuzzy preset ย้อนหลัง
23. GET /api/backtesting/running
ให้ข้อมูลจำนวนการทดสอบกลยุทธ์ที่กำลังดำเนินการ
24. GET /api/backtesting
ให้ข้อมูลผลการทดสอบกลยุทธ์ทั้งหมดที่มี
25. GET /api/backtesting/[id]
ให้ข้อมูลผลการทดสอบกลยุทธ์ตาม id
26. DELETE /api/backtesting/[id]
ลบข้อมูลผลการทดสอบกลยุทธ์ตาม id
27. POST /api/pso/run/[preset]?symbol=[supported_symbols]&interval=[1d|4h|1h]&runtype=[normal|crossvalid]
ปรับจูนตัวแปรทางภาษาบน fuzzy preset ด้วย PSO
28. GET /api/pso
ให้ข้อมูลผลการปรับจูนด้วย PSO
29. DELETE /api/pso/[id]
ลบข้อมูลผลการปรับจูนด้วย PSO
30. GET /api/pso/running
ให้ข้อมูลจำนวนการปรับจูนด้วย PSO ที่กำลังดำเนินการ
31. GET /api/user
ให้ข้อมูลความถูกต้องของ user
โดยที่ supported_symbols มีดังนี้
- ETH/USDT
 - BTC/USDT
 - BNB/USDT
 - AAPL/USD
 - IBM/USD
 - JPM/USD

- MSFT/USD
- NKE/USD
- TSLA/USD

3.6.2 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

เมื่อเข้าเว็บจะเจอน้า Login เป็นหน้าแรกดังรูป 3.7 ให้ทำการใส่ Username และกดปุ่ม Login จะสามารถเข้าใช้งานเว็บ โดยเว็บแอปพลิเคชันจะแบ่งการทำงานเป็น 4 หน้าหลักดังนี้

- หน้า Chart สำหรับแสดงผลกราฟ OHLC ของตลาดสินทรัพย์, ตัวชี้วัดทางเทคนิค
- หน้า Settings สำหรับการสร้าง/แก้ไข/ลบ Preset ของระบบ Fuzzy logic
- หน้า Backtests สำหรับทำการทดสอบกลยุทธ์ย้อนหลัง และดูผลลัพธ์การทดสอบ
- หน้า PSO สำหรับการปรับจูนตัวแปรทางภาษาด้วย PSO และดูผลลัพธ์การปรับจูน



รูปที่ 3.7: เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Login

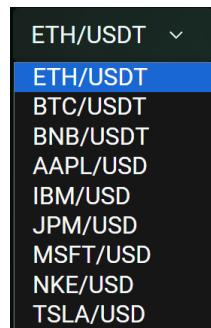
การใช้งานหน้า Chart

หลังจาก Login แล้วจะเข้ามาอยู่หน้า Chart ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟแท่งเทียน OHLC สำหรับแสดงราคา เปิด-ปิดของตลาดตามข้อมูล Symbol และ Interval ที่เลือกไว้ โดยเริ่มต้นคือ ETH/USDT ที่ Interval 1D ดังรูป 3.8



รูปที่ 3.8: เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Chart

โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน Symbol และ Interval เป็นแบบอื่นได้ โดยการกดเลือกที่ Dropdown ดังรูป 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9: Dropdown สำหรับการเปลี่ยน Symbol



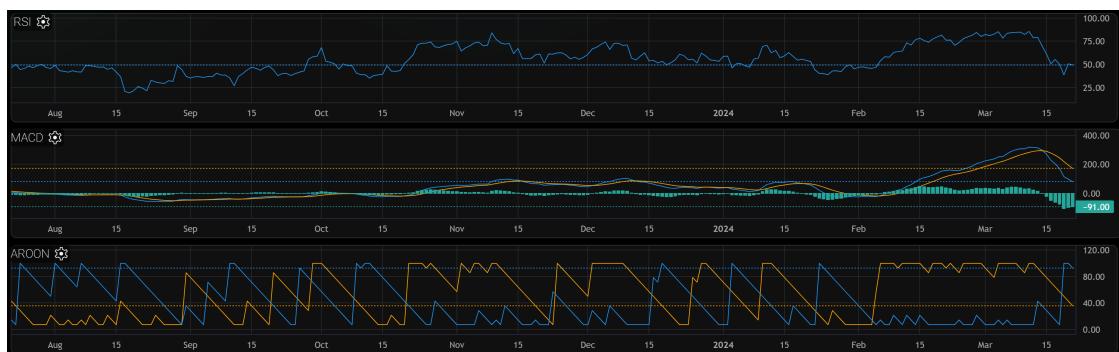
รูปที่ 3.10: Dropdown สำหรับการเปลี่ยน Interval

ผู้ใช้สามารถเปิดใช้งานตัวชี้วัดทางเทคนิคพื้นฐานที่มีให้โดยการติ๊กที่ Box หน้าชื่อตัวชี้วัด ดังรูป 3.11

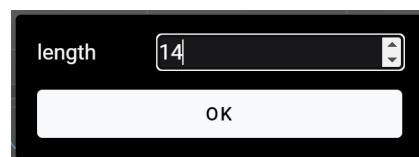


รูปที่ 3.11: การเปิดใช้งานตัวชี้วัดทางเทคนิคพื้นฐาน

หลังจากเปิดใช้งานตัวชี้วัดทางเทคนิคจะแสดงกราฟผลลัพธ์ที่ได้ด้านล่างกราฟตลาดดังรูป 3.12 และผู้ใช้สามารถปรับการตั้งค่าของตัวชี้วัดทางเทคนิคนั้นๆได้โดยกดที่รูปเพื่อจะแสดง Dialog การตั้งค่าขึ้นดังรูป 3.13

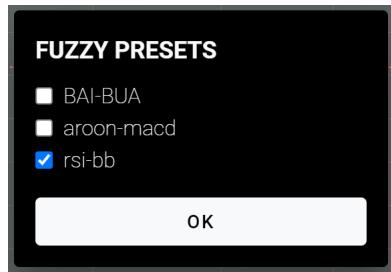


รูปที่ 3.12: กราฟแสดงผลลัพธ์ตัวชี้วัดทางเทคนิค RSI, MACD, AROON



รูปที่ 3.13: Dialog สำหรับตั้งค่าตัวชี้วัดทางเทคนิค RSI

และส่วนสุดท้ายคือการเปิดใช้งานตัวชี้วัดทางเทคนิคจากระบบ Fuzzy โดยกดที่ปุ่ม FUZZY PRESETS จะแสดง Dialog สำหรับการเลือกเปิดใช้งานตัวชี้วัด Fuzzy ตาม Presets ต่างๆที่เราสร้างไว้ ดังรูป 3.14 และ 3.15



รูปที่ 3.14: Dialog สำหรับการเลือกเปิดใช้งานตัวชี้วัด Fuzzy จาก Preset



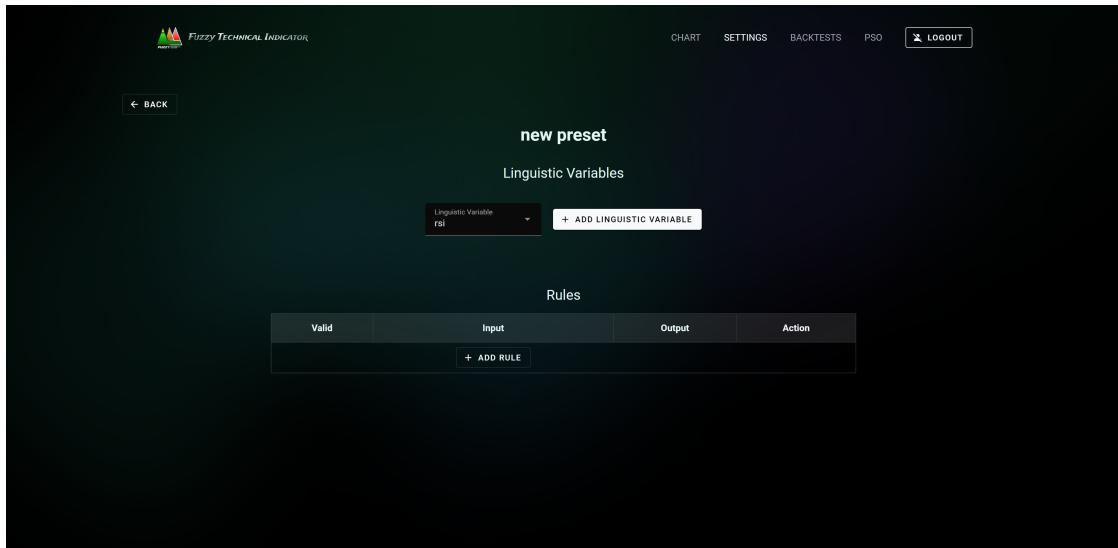
รูปที่ 3.15: กราฟแสดงผลลัพธ์ตัวชี้วัดทางเทคนิคที่ได้จากระบบ Fuzzy

การใช้งานหน้า Settings

หน้า Settings จะใช้สำหรับการ สร้าง/แก้ไข/ลบ Fuzzy Preset ของเราโดยเมื่อเข้ามาแล้วจะแสดง Fuzzy Preset ทั้งหมดของเราระหว่างที่มีดังรูป 3.16

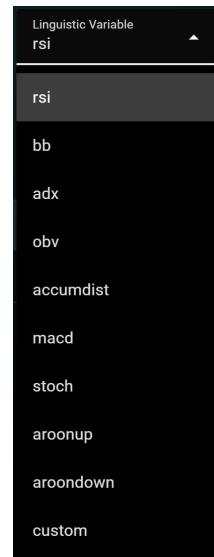
รูปที่ 3.16: เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Settings

ในการสร้าง Fuzzy Preset ใหม่ให้ทำการพิมพ์ชื่อลงในช่อง Preset และกดปุ่ม ADD NEW PRESET โดยจะทำการสร้างและนำพาไปยังหน้าตั้งค่าตัวแปรภาษาและกฎฟื้นฟูดังรูป 3.17



รูปที่ 3.17: Settings ในส่วนหน้าตั้งค่าตัวแปรทางภาษาและกฎฟuzzi

โดยเริ่มแรกใน Preset ที่สร้างใหม่จะยังไม่มีตัวแปรทางภาษาและกฎ จะต้องทำการเพิ่มโดยใช้ตัวเลือก Dropdown ในการเลือกตัวชี้วัดพื้นฐานเป็นตัวแปรทางภาษา Input และเลือก custom เพื่อสร้างตัวแปรทางภาษา Output โดยจะต้องใส่ชื่อ long/short ดังรูป 3.18 และ 3.19

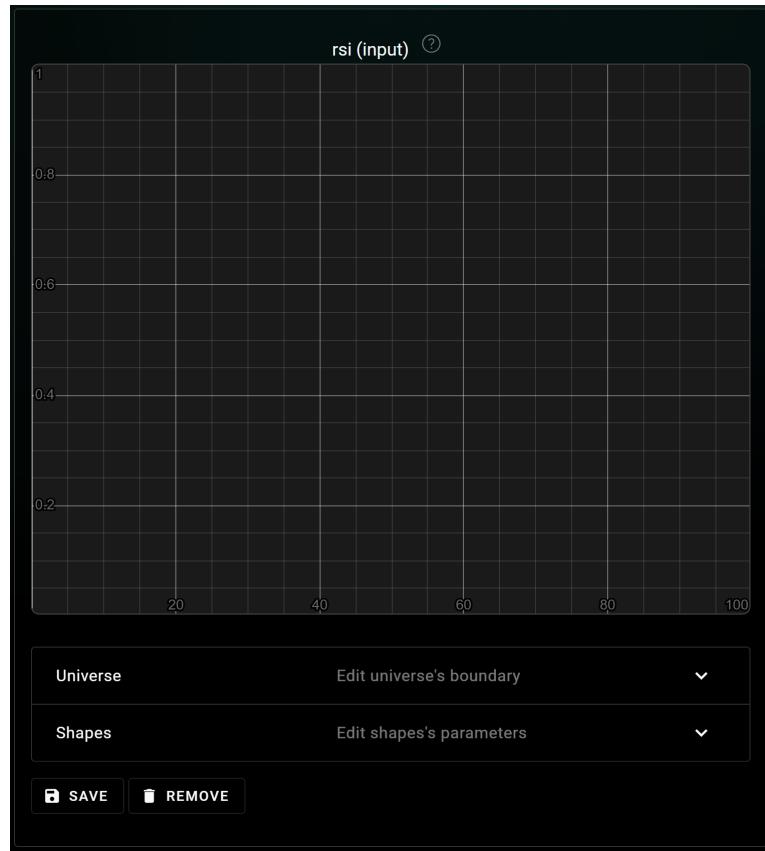


รูปที่ 3.18: Dropdown สำหรับเลือกตัวชี้วัดพื้นฐานเป็นตัวแปรทางภาษา

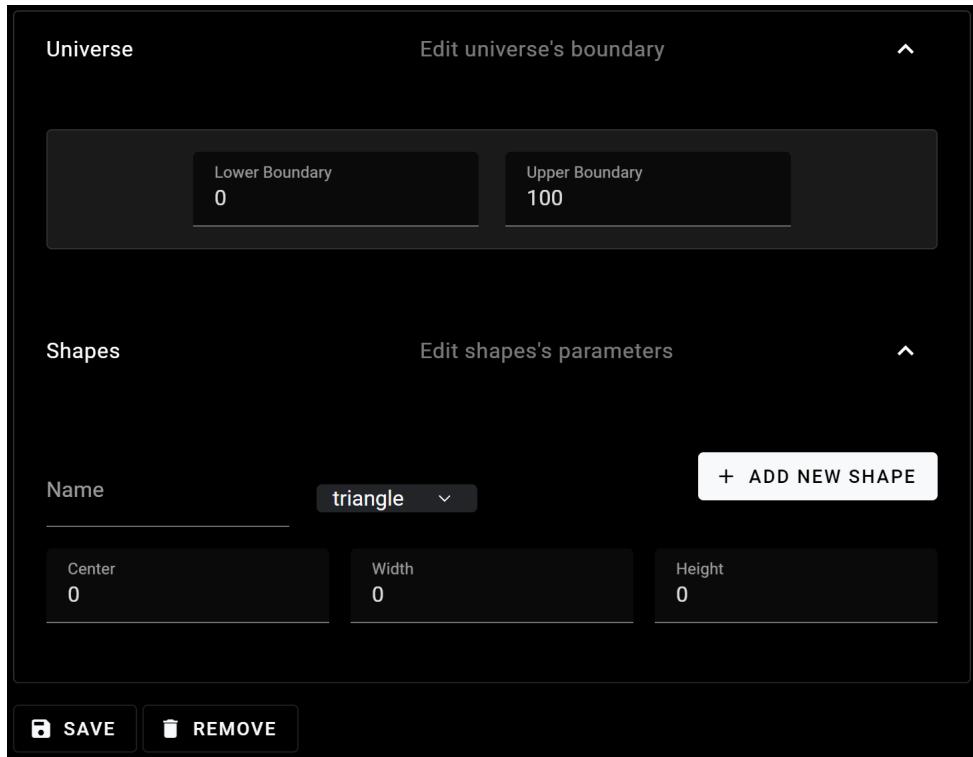


รูปที่ 3.19: การเพิ่มตัวแปรทางภาษา Output

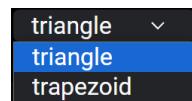
และเมื่อทำการกดปุ่ม ADD LINGUISTIC VARIABLE และจะมีกราฟแสดงในส่วนของรูปว่าของตัวแปรทางภาษาดังรูป 3.20 ซึ่งจะยังไม่มีข้อมูลผู้ใช้งานต้องทำการปรับเปลี่ยนในส่วนของ Universe และ Shapes ของตัวแปรทางภาษาโดยจะสามารถเพิ่ม Shape ได้ 2 แบบคือ Triangle, Trapezoid ดังรูป 3.21, 3.22



รูปที่ 3.20: กราฟตัวแปรทางภาษา Input RSI ที่ยังไม่ได้ตั้งค่า

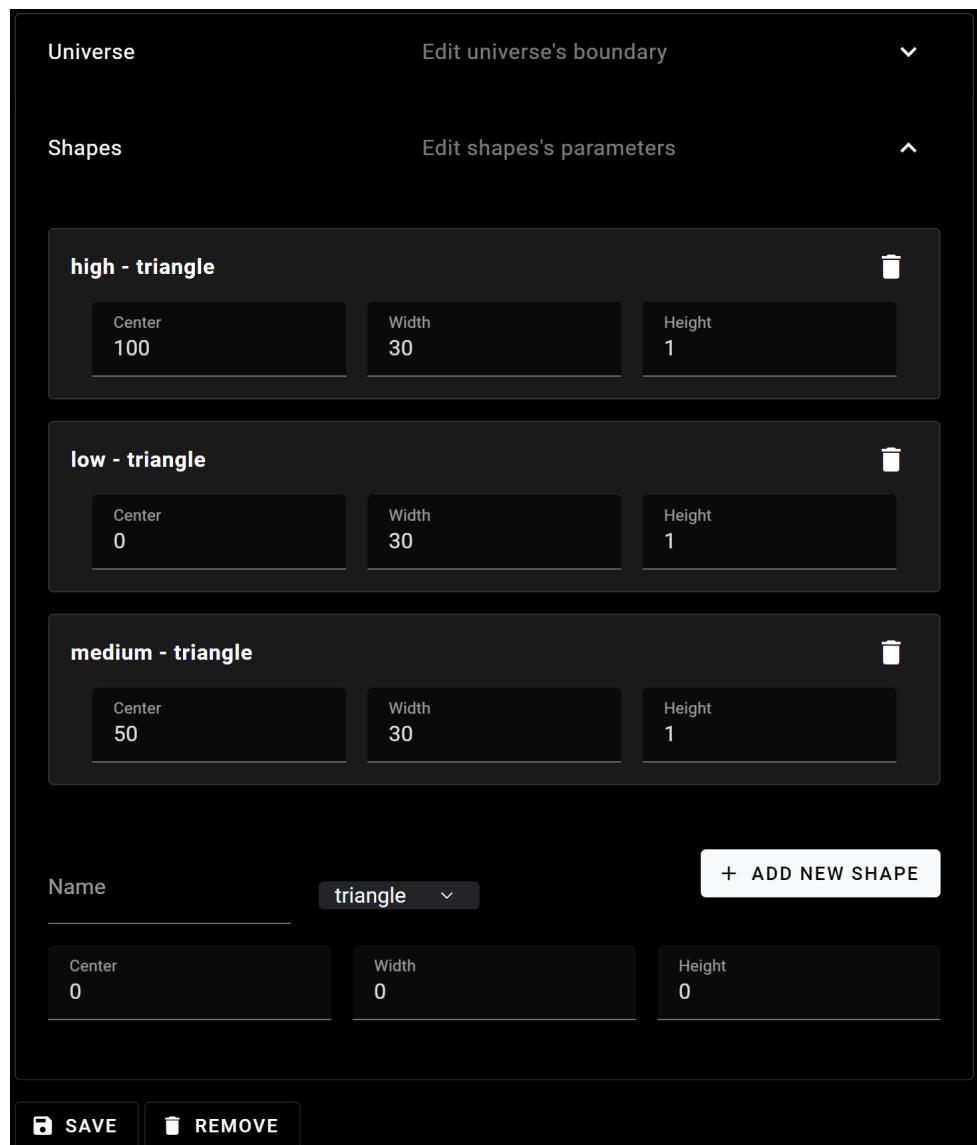


รูปที่ 3.21: เมนูการตั้งค่า Universe และ Shapes ของตัวแปรทางภาษา



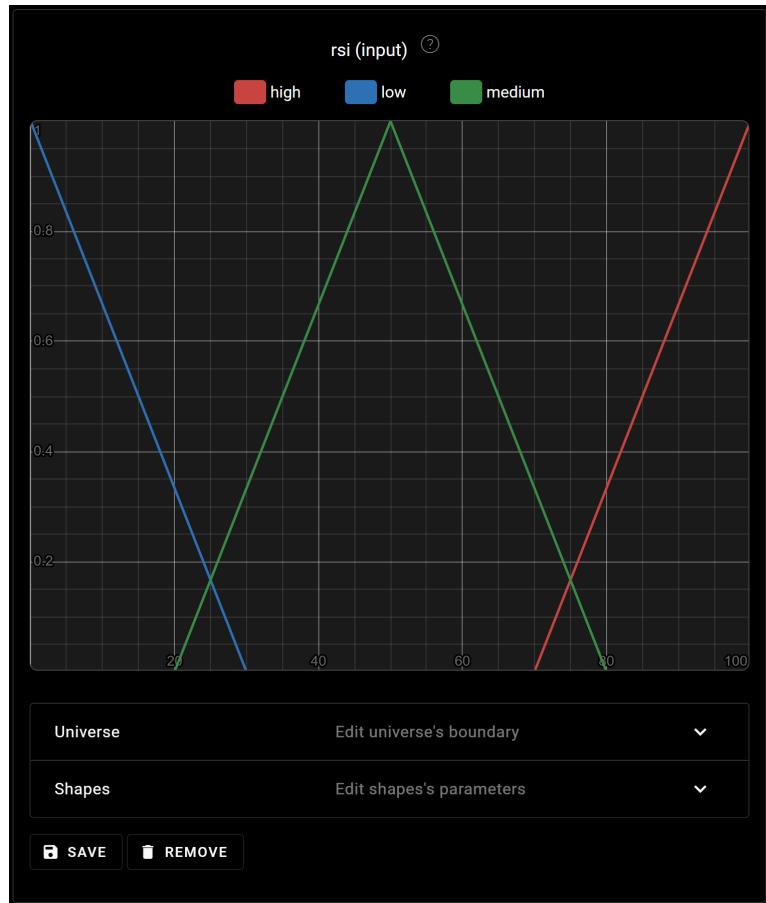
รูปที่ 3.22: Dropdown สำหรับการเลือกเพิ่ม Shape ในตัวแปรทางภาษา

โดยเมื่อทำการปรับเปลี่ยน Universe และ Shapes แล้วจะต้องทำการกดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลง หรือปุ่ม Remove เพื่อลบตัวแปรทางภาษาได้ โดยเมื่อทำการปรับเปลี่ยนแล้วจะได้ดังรูป 3.23



รูปที่ 3.23: เมนู Universe และ Shapes เมื่อปรับตั้งค่าแล้ว

และกราฟจะแสดง Shapes ที่ผู้ใช้สร้างเข้าไปดังรูป 3.24



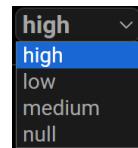
รูปที่ 3.24: กราฟตัวแปรทางภาษาเมื่อปรับตั้ง Universe และ Shapes แล้ว

ในส่วนสุดท้ายจะเป็นการเพิ่มกฎพื้นฐานโดยจะเพิ่มได้อย่างสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานทำการสร้างตัวแปรทางภาษาทั้ง Input และ Output แล้ว โดยจะสามารถเลือกระดับตัวแปรทางภาษาในแต่ละตัวแปรทางภาษา Input, Output และทำการกดปุ่ม ADD RULE เพื่อเพิ่มกฎ หากกฎที่เพิ่มสมบูรณ์ในคอลัมน์ Valid จะแสดงคำว่า true ด้านหน้ากฎนั้นๆ ดังรูป 3.25 และ 3.26

Rules					
Valid	Input		Output		Action
	bb	rsi	long	short	
true	long	high	weak	weak	REMOVE
true	wait	high	weak	strong	REMOVE
true	short	high	weak	verystrong	REMOVE
true	long	medium	weak	strong	REMOVE
true	wait	medium	weak	weak	REMOVE
true	short	medium	strong	weak	REMOVE
true	long	low	verystrong	weak	REMOVE
true	wait	low	strong	weak	REMOVE
true	short	low	weak	weak	REMOVE

long ▾
 high ▾
 strong ▾
 strong ▾
 + ADD RULE

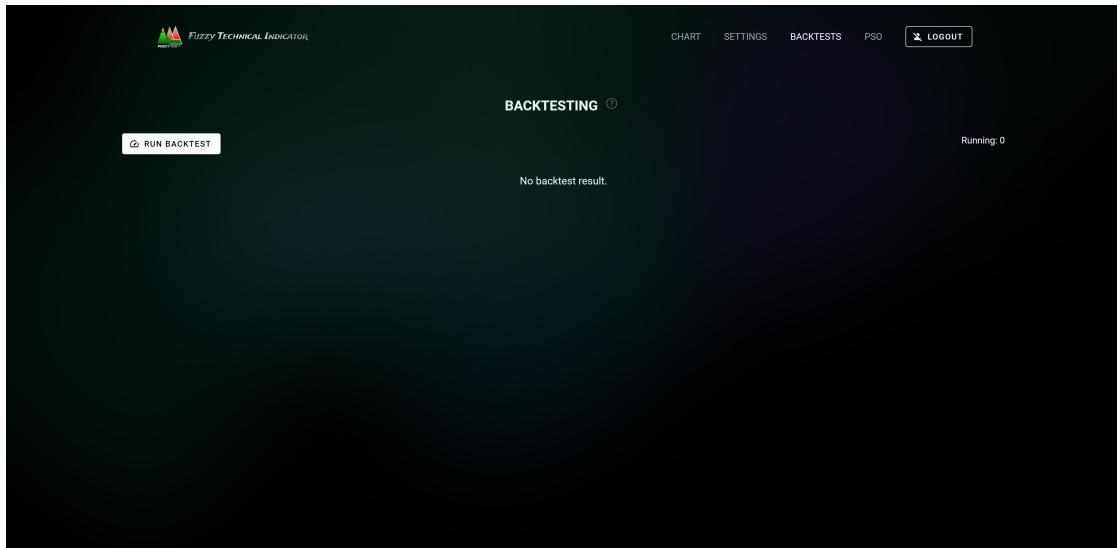
รูปที่ 3.25: เมนูเพิ่ม/ลบ กฎพื้นฐานใน Preset



รูปที่ 3.26: Dropdown การเลือกระดับตัวแปรทางภาษาตาม Shapes ที่ผู้ใช้งานสร้างไว้ในตัวแปรทางภาษา

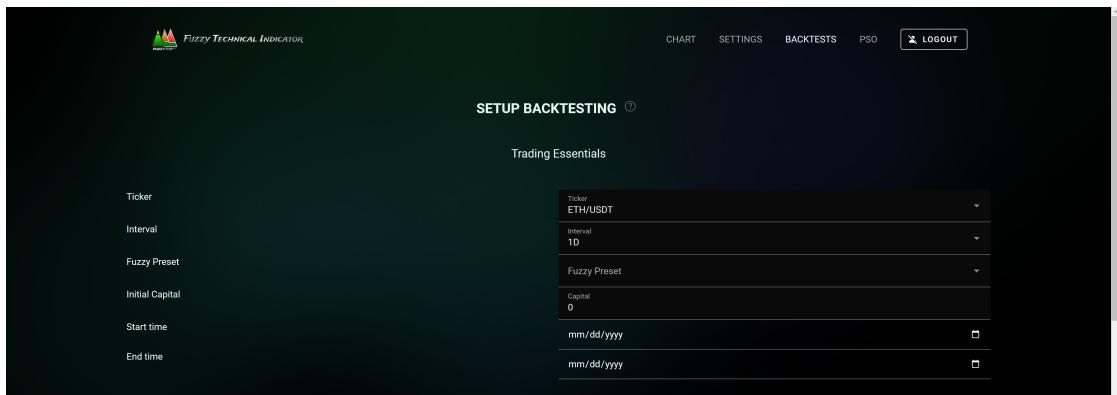
การใช้งานหน้า Backtests

หน้า Backtests จะใช้สำหรับการทดสอบกลยุทธ์ย้อนหลังบน Fuzzy Preset และดูผลลัพธ์การทดสอบ 3.27



รูปที่ 3.27: เว็บแอปพลิเคชัน หน้า Backtests (ยังไม่มีผลลัพธ์การทดสอบ)

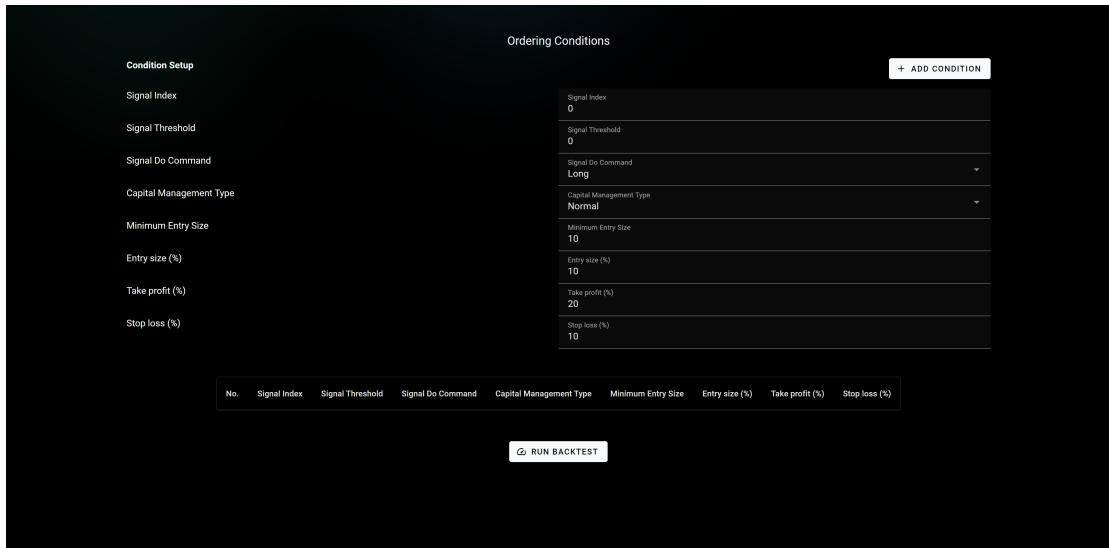
สามารถกดปุ่ม RUN BACKTEST เพื่อเข้าสู่หน้าการตั้งค่าการทดสอบ โดยเมื่อเข้ามาแล้วจะต้องมีการตั้งค่า 2 ส่วนคือ Trading Essentials และ Ordering Conditions



รูปที่ 3.28: Backtest การตั้งค่าการทดสอบในส่วน Trading Essentials

การตั้งค่า Trading Essentials จะประกอบไปด้วย

1. Ticker สำหรับเลือกสินทรัพย์ในตลาดที่ต้องการทดสอบ
2. Interval เลือก Timeframe ของสินทรัพย์ (1H, 4H, 1D)
3. Fuzzy Preset เลือก Preset ที่เราสร้างไว้เพื่อใช้ในการทดสอบ
4. Initial Capital กำหนดจำนวนเงินทุนตั้งต้น (USD)
5. Start time วันที่เริ่มทดสอบ
6. End time วันที่จบการทดสอบ



รูปที่ 3.29: Backtest การตั้งค่าการทดสอบในส่วน Ordering Conditions

การตั้งค่า Ordering Conditions เพื่อกำหนดเงื่อนไขการ Entry และ Exit Order จะประกอบไปด้วย

1. Signal Index เลขดัชนีสัญญาณ Fuzzy
2. Signal Threshold ระดับในการสั่งการสัญญาณ
3. Signal Do Command คำสั่งที่จะทำเมื่อสัญญาณถึงระดับ Threshold
4. Capital Management Type รูปแบบการจัดการเงินทุน (Normal, Liquid-F)
5. Minimum Entry Size จำนวนเงินในการ Entry ต่ำสุด (USD)
6. Entry Size ขนาด Entry จากจำนวนเงินต้นทุน
7. Take Profit ขนาด Profit จากจุดที่ซื้อ/ขาย เพื่อทำการปิด Order
8. Stop Loss ขนาด Loss จากจุดที่ซื้อ/ขาย เพื่อทำการปิด Order

โดยจะสามารถเพิ่ม Conditions ได้หลายเงื่อนไขโดยเมื่อตั้งค่าดังกล่าวแล้วให้ทำการกดปุ่ม ADD CONDITION เงื่อนไขทั้งหมดที่ตั้งค่าจะแสดงในตารางดังรูป 3.30 จากนั้นทำการกดปุ่ม RUN BACKTEST เพื่อเริ่มการทดสอบ

No.	Signal Index	Signal Threshold	Signal Do Command	Capital Management Type	Minimum Entry Size	Entry size (%)	Take profit (%)	Stop loss (%)
1	1	20	short	Normal	10	10	20	10
2	0	20	long	Normal	10	10	20	10

รูปที่ 3.30: ตารางแสดง Ordering Conditions

เมื่อทำการกดเริ่มการทดสอบแล้วจะกลับมาหน้าแสดงผลลัพธ์การทดสอบโดยจะมีสถานะการทดสอบแสดงดังรูป 3.31 ว่าขณะนี้มีการดำเนินการทดสอบอยู่กี่ตัว โดยเมื่อเสร็จสิ้นแล้วจะแสดงกราฟการปรับเปลี่ยนของจำนวนเงินทุนและข้อมูลอย่าง จำนวนการ Trades, ผลกำไร/ขาดทุน และอื่นๆ ดังรูป 3.32

Running: 1

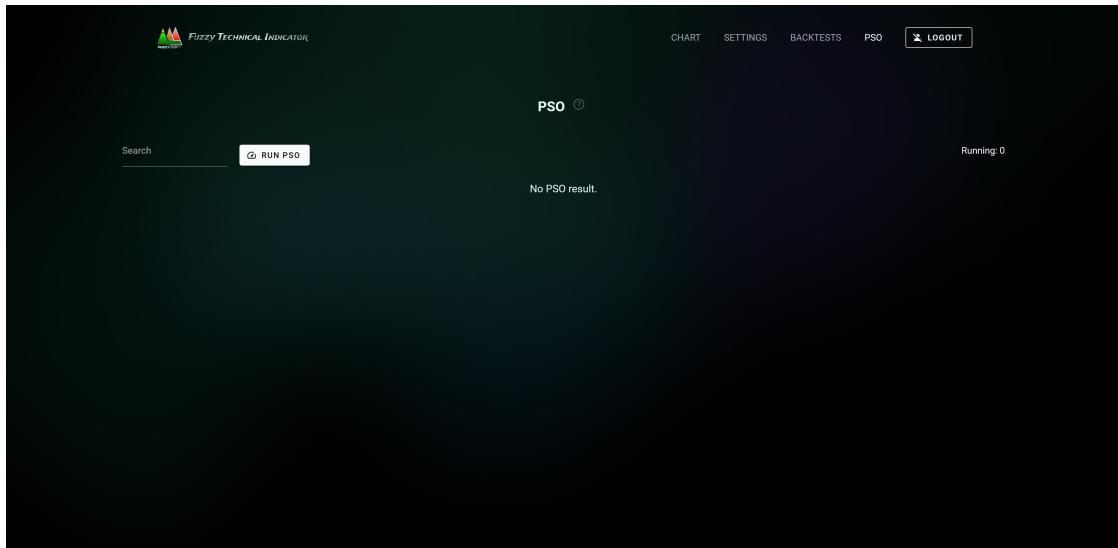
รูปที่ 3.31: สถานะแสดงจำนวนการทดสอบ Backtest ที่กำลังดำเนินการ



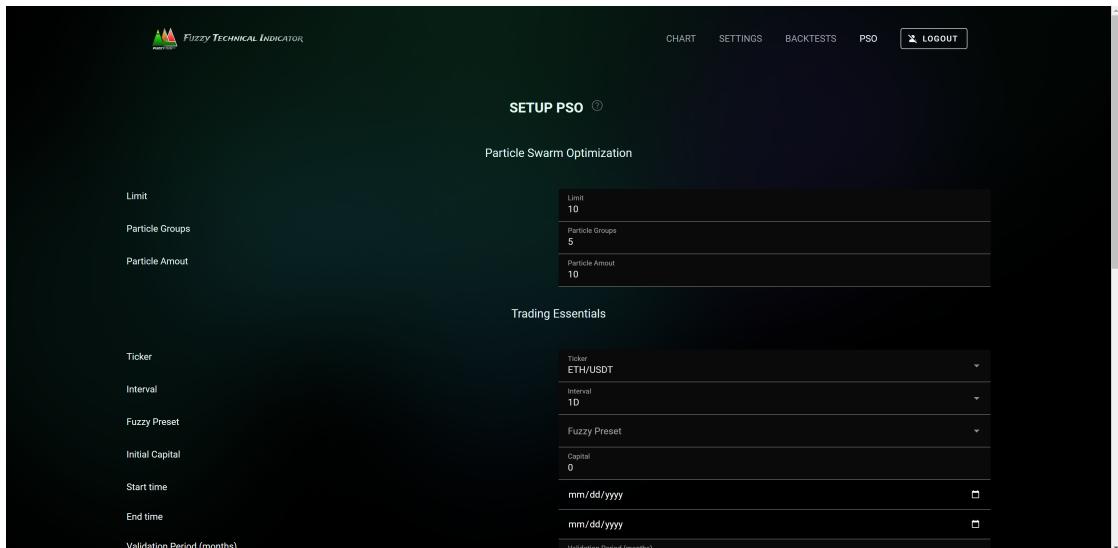
รูปที่ 3.32: กราฟแสดงผลลัพธ์การทดสอบ Backtest

การใช้งานหน้า PSO

หน้า PSO สำหรับการปรับจูนตัวแปรทางภาษาใน Fuzzy Preset ด้วย PSO โดยการใช้งานจะคล้ายกับหน้า Backtest แต่จะมีส่วนที่จะต้องตั้งค่าเพิ่มคือ PSO Parameters ทำการเข้าสู่หน้าตั้งค่าโดยกดที่ปุ่ม RUN PSO



รูปที่ 3.33: เว็บแอปพลิเคชัน หน้า PSO (ยังไม่มีผลลัพธ์)

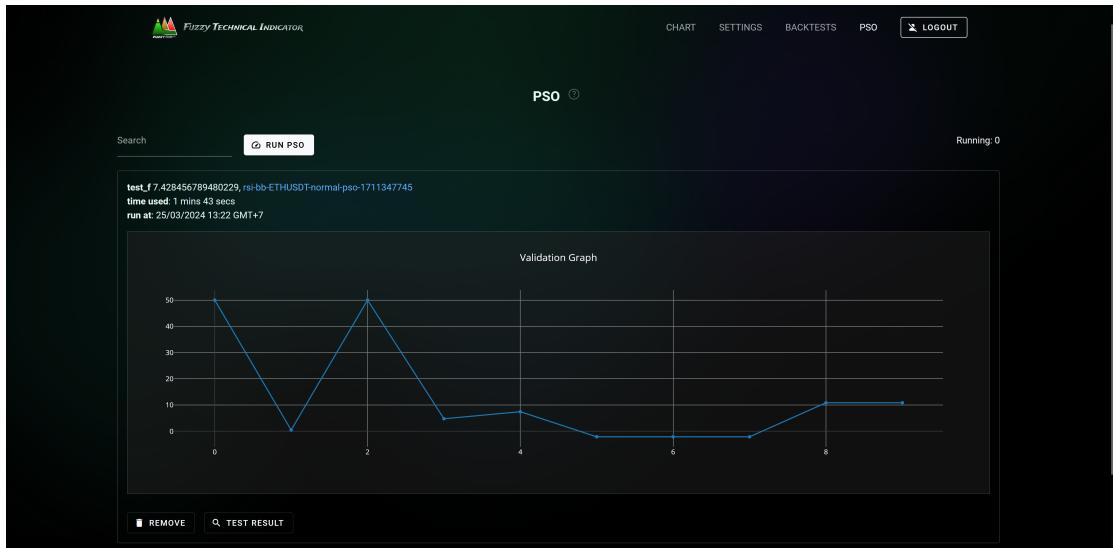


รูปที่ 3.34: การตั้งค่า PSO Parameters

การตั้งค่า Parameters ของ PSO จะประกอบไปด้วย

1. Limit จำนวน Iteration ที่จะหยุด
2. Particle Groups จำนวนกลุ่มของอนุภาค
3. Particle Amount จำนวนอนุภาคในกลุ่ม

และในส่วนของ Trading Essentials จะเหมือนกันกับ Backtest แต่จะมีการตั้ง Validation Period (months) เพิ่มเข้ามา คือระยะเวลาการทำ Validation เป็นจำนวนกี่เดือนก่อนหน้าซึ่งเวลาการทดสอบ (ก่อน Start time) เมื่อทำการตั้งค่าเสร็จสิ้นกดปุ่ม RUN PSO เพื่อดำเนินการ



รูปที่ 3.35: กราฟแสดงผลลัพธ์การปรับจูน PSO (Validation Graph)

เมื่อทำการดำเนินการเสร็จจะแสดงผลลัพธ์ของการปรับจูนด้วย PSO ดังรูป 3.35 และสามารถกดปุ่ม TEST RESULT เพื่อดูผลลัพธ์การทดสอบ Backtest บน Preset ที่ถูกปรับจูนตัวแปรทางภาษา PSO และ Validation ได้ดีที่สุด ดังรูป 3.36



รูปที่ 3.36: ผลการทดสอบ Backtest บน Preset ที่ถูกปรับจูนด้วย PSO และ Validation ได้ดีที่สุด

สามารถกดที่ชื่อ Preset (ตัวหนังสือสีฟ้า) คือ Preset ที่ถูกสร้างใหม่จากการปรับจูนตัวแปรทางภาษาด้วย PSO เพื่อเข้าไปดูลักษณะของ Shapes ตัวแปรทางภาษาที่ถูกปรับด้วย PSO ได้

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 ในการทำอินดิเคเตอร์ขั้นมา	✓		✓		✓
การจัดการเงินทุนโดยใช้ค่าของอินดิเคเตอร์จาก Fuzzy Logic (Liquidation F)		✓			✓
การใช้ Particle Swarm Optimization (PSO) ในการปรับค่าของตัวแปรทางภาษาของอินดิเคเตอร์			✓	✓	

ตารางที่ 4.1: ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการเข้าซื้อ

โดยสำหรับวิธี Classical นั้นเราจะใช้ค่าของอินดิเคเตอร์แต่ละตัวตรงๆ มาใช้ตัดสินใจเข้าซื้อ ส่วนด้านล่างนี้เป็นเงื่อนไขสำหรับการทดสอบ

- มีการเข้าซื้อขั้นต่ำอยู่ที่ 30 USD
- สำหรับการเข้าซื้อแบบที่ไม่ได้จากการจัดการเงินทุนจะเข้าซื้อที่ 5% ของเงินที่มีอยู่ขณะนั้น
- สำหรับตลาด Crypto Curreny 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 ซึ่งเป็นวิธีการซื้อขายที่ไม่ต้องมีการตัดสินใจใดๆ ไว้ด้วยจำนวนเงินทั้งหมด ตั้งแต่วันแรกที่ทดสอบไว้แล้วถือไว้โดยไม่ขายออกเป็นตัวไว้เปรียบเทียบ การทดสอบจะเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2023 ถึง 8 มีนาคม 2024 เป็นเวลาประมาณ 5 เดือน โดยใช้กรอบเวลาเป็น 1 ชั่วโมง (1h)

4.1 พารามิเตอร์ในการใช้ PSO

ในการใช้ PSO เราจะกำหนดให้มีพารามิเตอร์ตั้งนี้

- 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 และเราจะใช้กรอบเวลาของข้อมูลเป็นสี่ชั่วโมง (4h) จากนั้นเราจะเลือกตัวที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

MACD		AROONUP	AROONDOWN	Long	Short
If	($> 65 \& < 85$) ($> 35 \& < 65$)	> 80		1	
If	($> 15 \& < 35$) ($> 35 \& < 65$)		> 80		1

ตารางที่ 4.2: วิธีการเข้าชื่อแบบ Classical ของตัวชี้วัด AROON-MACD

4.2 AROON-MACD

สำหรับตัวชี้วัดตัวนี้จะมีตัวแปรทางภาษาตามรูปที่ 2 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 ซึ่งคือการที่เรารพยายามซื้อขายสินทรัพย์ตามแนวโน้มของตลาด ถ้าตลาดกำลังอยู่ในขาขึ้นก็จะมีการทำการทำเข้าชื่อแบบ long และถ้าตลาดกำลังอยู่ในขาลงก็จะมีการทำการทำเข้าชื่อแบบ short โดย MACD จะเป็นตัวที่บอกเราว่าควรเข้าชื่อ ณ เวลาไหน และ AROON จะเป็นตัวบอกเราว่าตลาดกำลังอยู่ในขาขึ้นหรือขาลง โดยเราจะเข้าชื่อเมื่อค่าของอินดิเคเตอร์มีค่าเกิน 30

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

ตารางที่ 4.3: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)

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

ตารางที่ 4.4: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3(a) เราจะเห็นว่าการใช้ตัวชี้วัดที่ใช้ Fuzzy Logic นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Classical ในตลาด Crypto Currency ซึ่งจะเห็นว่า Fuzzy PSO C ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยอาจจะมาจากการที่ PSO เรียนรู้ว่า Crypto Currency นี้มีแนวโน้มจะขึ้นตลอดดังตัวอย่างของตัวชี้วัดที่ได้จากรูปที่ 4 ทำให้มีการเข้าซื้อสินทรัพย์แบบ long position เ酵อะก้าวแบบ short position และในช่วงที่เราทดสอบก็เป็นขาขึ้นของตลาด Crypto Currency ซึ่งทำให้เราได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด แต่ก็จะให้เห็นว่ากำไรรวมของตัวชี้วัดที่ใช้ Fuzzy Logic แบบนั้นก็มีค่ามากกว่าแบบ Classical ถึงจะไม่มากเท่ากับแบบ Fuzzy C PSO แต่ในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4(a) แสดงให้เราเห็นว่าสำหรับในตลาดหุ้น NASDAQ การใช้ตัวชี้วัดที่ใช้ Classical นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Fuzzy Logic โดยเฉพาะในตัวหุ้น TSLA ซึ่งอาจจะมาจากการที่ตลาดมีความผันผวนน้อยกว่าตลาด Crypto Currency ทำให้ข้อดีของ Fuzzy Logic ในการจัดการกับความไม่แน่นอนของตลาดนั้นไม่ได้ช่วยให้ผลลัพธ์ดีขึ้น

4.3 RSI-BB

	RSI	BB	Long	Short
If	< 30	< -80	1	
If	> 70	> 80		1

ตารางที่ 4.5: วิธีการเข้าซื้อแบบ Classical ของตัวชี้วัด RSI-BB

สำหรับตัวชี้วัดตัวนี้จะมีตัวแปรทางภาษาตามรูปที่ 3 ในภาคผนวก และมี Fuzzy Rules ดังรูปที่ 4.2 ด้านล่างนี้

โดยสำหรับตัวชี้วัดนี้จะเป็นตัวชี้วัดแบบ Mean Reversion ซึ่งคือการที่เราคาดว่าราคาของสินทรัพย์จะมีแนวโน้มที่จะกลับมาสู่ราคาเฉลี่ย โดย Bollinger Band (BB) จะเป็นตัวบ่งบอกว่าราคาของสินทรัพย์นั้นสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเกินไปหรือไม่ และ RSI จะเป็นตัวที่บอกเราว่าควรเข้าซื้อ ณ ตอนไหน ถ้าราคาของสินทรัพย์นั้นต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และ RSI บอกว่าสินทรัพย์นั้นมีการขายอย่างมาก เรายังจะเข้าซื้อแบบ long และถ้าราคาของสินทรัพย์นั้นสูงกว่าค่าเฉลี่ย และ RSI บอกว่าสินทรัพย์นั้นมีการซื้อย่างมาก เรายังจะเข้าซื้อแบบ short โดย เราจะเข้าซื้อเมื่อค่าของอินดิเคเตอร์มีค่าเกิน 25

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5(a) รวมถึงตารางที่ 4.7 และ 4.6(a) จะเห็นว่าการใช้ตัวชี้วัดที่ใช้ Fuzzy Logic นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าตัวชี้วัดแบบ Classical ทั้งในตลาด Crypto Currency และตลาดหุ้น NAS-

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 4.2: 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	1466.41
ETH	-84.48	-24.46	-49.72	1261.53	-49.72
BNB	-109.26	28.17	20.36	28.17	1044.98
TOTAL	-304.38	-101.87	-125.76	2671.50	2461.67

ตารางที่ 4.6: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency (หน่วยเป็น USD)

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

ตารางที่ 4.7: ผลกำไรขาดทุนของการทดสอบตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ (หน่วยเป็น USD)

DAQ โดยในตลาด Crypto Currency ตัว Fuzzy PSO จะทำงานได้ดีที่สุดซึ่งเหตุผลก็คล้ายๆ กับที่กล่าวในหัวข้อ AROON-MACD ด้านบนก็คือ PSO นั้นเรียนรู้ว่า Crypto Currency มีแนวโน้มที่จะขึ้นตลอดทำให้มีการเข้าซื้อสินทรัพย์แบบ long มากกว่าแบบ short ทำให้ได้กำไรที่ดีกว่ามาก แต่ในตลาดหุ้น NAS-

DAQ นั้นหุ้นแต่ละตัวไม่ได้มีแนวโน้มที่จะขึ้นหรือลงกันทำให้ PSO ไม่ได้เรียนรู้วิธีแบบตลาด Crypto Currency ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ได้ดีกว่าการใช้แค่ Fuzzy Logic อย่างเดียว ดังนั้นตัว Fuzzy จึงทำงานได้ดีกว่าในตลาดหุ้น NASDAQ

4.4 การใช้กรอบของเวลาที่ต่างกัน (1h กับ 1d)

จากการทดลองด้านบนที่เราใช้กรอบเวลาเป็น 1 ชั่วโมง (1h) เราจะทำการทดลองแบบเดียวกันแต่ใช้กรอบเวลาเป็น 1 วัน (1d) แทน เพื่อสังเกตุความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้กรอบเวลาที่ต่างกัน โดยจากรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 เราจะเห็นว่าการใช้กรอบเวลาที่ต่างกัน ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากกันมาก เราจะสังเกตุได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันก็คืออันที่ให้ผลลัพธ์ใน 1h ดีอยู่แล้วก็จะให้ผลลัพธ์ใน 1d ดีเช่นกัน แต่ก็จะมีบางอันที่ให้ผลลัพธ์แยกกันเดินเช่นในรูปที่ 4.6 จะสังเกตุเห็นว่า Fuzzy C ใน 1h นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าใน 1d ซึ่งอาจมาจากความถี่ของการเข้าซื้อขายที่สินทรัพย์น้อยกว่าทำให้วิธีจัดการเงินทุนแบบ Liquidation F ส่งผลไม่ดี

4.5 การทดลองกับตลาดที่มีทิศทางไม่แน่นอน และตลาดขาลง

โดยเราจะทดสอบบนตลาด Crypto Currency โดยใช้เหรียญ ETH/USDT อย่างเดียวโดยจะใช้การทดสอบแบบเดียวกับการทดสอบก่อนหน้า โดยมีเงินเริ่มที่ 3,000 USD มาใช้กับ ETH อย่างเดียวมาทดสอบในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยที่ช่วงเวลาของแต่ละการทดสอบจะเป็น

- ช่วงที่ตลาดมีทิศทางไม่แน่นอนจะเริ่มที่ 15 พฤษภาคม 2021 ถึง 16 เมษายน 2022 เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน
- ช่วงที่ตลาดเป็นขาลงจะเริ่มที่ 16 กรกฎาคม 2022 ถึง 5 มกราคม 2023 เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน

สำหรับในตลาดขาลง (downtrend) จะเห็นว่าจากรูปที่ 4.5 และ 4.8(b) จะเห็นว่าทั้งแบบ Fuzzy และ Classical นั้นก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการ Buy & Hold ไว้ซึ่งก็จะสังเกตุเห็นว่าเส้นกราฟสีเขียว (Fuzzy) นั้นจะเป็นตัวที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดของทั้ง 2 ตัวชี้วัด แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดแบบ Fuzzy ของเรามีความสามารถจัดการกับตลาดขาลงได้

ในส่วนของตลาดที่มีทิศทางไม่แน่นอน (sideway) จากรูปที่ 4.7(a) นั้นตัวเส้นกราฟสีฟ้า (Fuzzy C PSO) นั้นจะให้ผลลัพธ์ดีที่สุดแต่ก็ไม่สามารถทำกำไรได้มากกว่าการ Buy & Hold แต่ในรูปที่ 4.8(a) จะเห็นว่าแบบ Classical นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Fuzzy อีก 1 และการ Buy & Hold ด้วย แต่ก็จะเห็นว่าพวกตัวอื่นๆ ก็จะพยายามตามแนวโน้มของตลาดทำให้ไม่ได้ขาดทุนเยอะมาก แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดแบบ Fuzzy ของเรามีความสามารถจัดการกับตลาดที่มีทิศทางไม่แน่นอนได้เช่นกัน



(a) 1h



(b) 1d

รูปที่ 4.3: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency ในแต่ละกรอบเวลา



(a) 1h



(b) 1d

รูปที่ 4.4: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาดหุ้น NASDAQ ในแต่ละกรอบเวลา



(a) 1h



(b) 1d

รูปที่ 4.5: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency ในแต่ละกรอบเวลา



(a) 1h



(b) 1d

รูปที่ 4.6: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาดหุ้น NASDAQ ในแต่ละกรอบเวลา



(a) sideway



(b) downtrend

รูปที่ 4.7: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด AROON-MACD ในตลาด Crypto Currency ในแนวโน้มตลาดแบบทิศทางไม่แน่นอน (sideway) และแบบขาลง (downtrend)



(a) sideway



(b) downtrend

รูปที่ 4.8: ความเปลี่ยนของเงินลงทุนของตัวชี้วัด RSI-BB ในตลาด Crypto Currency และแนวโน้มตลาดแบบทิศทางไม่แน่นอน (sideway) และแบบขาลง (downtrend)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลลัพธ์ของการทดลองจะเห็นว่าตัวชี้วัดที่ใช้ Fuzzy Logic ในการสร้างขึ้นมาจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Classical เป็นส่วนใหญ่ และการใช้ PSO ในการปรับแต่งตัวแปรทางภาษาเก็มีส่วนช่วยในการสร้างกำไรที่มากขึ้น ถ้า PSO สามารถเรียนรู้ดึงแนวโน้มของตลาดโดยรวมได้ ซึ่งไม่เป็นจริงเสมอไป เพราะในตลาดบางอัน เช่น ตลาดหุ้น NASDAQ นั้นมีแนวโน้มที่ชัดเจน ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่เราไม่ขออนุญาติ กว่า ตลาด Crypto Currency และอาจจะเกิดจากการตั้งต่างของพารามิเตอร์ต่างๆ ในกรณีใช้ PSO ที่ยังครอบคลุมไม่พอ นอกจากนี้เรายังพบอีกว่าการใช้การจัดการเงินทุนแบบ Liquidation F ที่หากล่วงถึงไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่กว่าการตั้งค่าของขนาดที่เราตั้งขึ้นมาเองที่ 5% ของเงินทุน

ดังนั้นด้วยความสามารถของ Fuzzy Logic ในการจัดการกับข้อมูลที่มีความผันผวนและความไม่แน่นอนของข้อมูล ทำให้เราเห็นว่าการใช้ Fuzzy Logic ในการสร้างตัวชี้วัดใหม่นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ Classical รวมถึงการที่เราได้สังเกตุถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าของตัวชี้วัดใน เว็บแอพพลิเคชั่นของเรา จากตัวอย่างในรูปที่ 3.15 เราจะเห็นถึงความมั่นใจของสัญญาณได้ตามค่าที่มากขึ้น ซึ่งถ้าเป็น Classical ก็จะมีแค่ 1 และ 0 ซึ่งไม่แสดงถึงความมั่นใจของสัญญาณที่ไม่เท่ากันในสถานการณ์ที่ต่างกันได้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

โดยเราจะมีปัญหาหลักๆ ดังนี้

- ข้อมูลของตลาดหุ้น NASDAQ มีน้อย เนื่องจากเราไม่ได้เชื่อม API มาใช้ ซึ่งจริงๆ แล้วเราสามารถเบิกเงินมาใช้ตรงนี้ได้
- การใช้ PSO นั้นใช้ความสามารถในการคำนวณของ CPU เยอะโดยอาจจะพัฒนาขึ้นโดยการใช้ GPU ในการคำนวณแทนถ้าเป็นไปได้
- การที่เราไม่ได้แยก development environment ออกจาก production environment ทำให้การเปลี่ยนแปลงหน้าตาข้อมูลทำให้เว็บไซต์ของเราบน production พัง ซึ่งแก้ไขได้โดยการแยก environment ออกจากกัน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

เราจะมีข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไปดังนี้

- เพิ่มตลาดแบบอื่นๆ เช่น ตลาดหุ้นไทย SET, ตลาดหุ้นญี่ปุ่น Nikkie, ตลาดการแลกเปลี่ยนเงินตรา Forex เป็นต้น
- ใช้ PSO ในการปรับตัว Fuzzy Rules และตัววิธีการเข้าข้อตัวย เพื่อให้ทุกอย่างเป็นระบบอัตโนมัติ เราใช้งานร้อนนึงก็ได้อันที่ดีที่สุด
- ใช้ Computational Intelligence แบบอื่นๆ เช่น Genetic Algorithm ในการปรับตัวชี้วัดที่สร้างมาจาก Fuzzy Logic ของเรา

- เพิ่มการจัดการเงินทุนแบบอื่นๆ
- เพิ่มตัวแปรทางภาษาแบบอื่น ซึ่งอาจจะไม่ใช่ตัวชี้วัดทางเทคนิค เช่น ความสามารถในการรับความเสี่ยงของคน, ความเสี่ยงของสินทรัพย์, แนวโน้มของข่าวของสินทรัพย์, อันดับของสินทรัพย์เทียบกับสินทรัพย์อื่น เป็นต้น เพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลที่เรานำมาใช้ตัดสินใจ

បរទេសាណករម

- [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 Auephanwiriyakul. *Introduction to Computational Intelligence for Computer Engineering*. 2013.
- [4] Ralph Vince. *Portfolio management formulas*. Wiley, 1990.

ภาคผนวก

StockMarket.AAPL/USD

STORAGE SIZE: 640KB LOGICAL DATA SIZE: 1.05MB TOTAL DOCUMENTS: 8502 INDEXES TOTAL SIZE: 848KB

Find Indexes Schema Anti-Patterns Aggregation Search Indexes **INSERT DOCUMENT**

FILTER { field: 'value' } **OPTIONS** **Apply** **Reset**

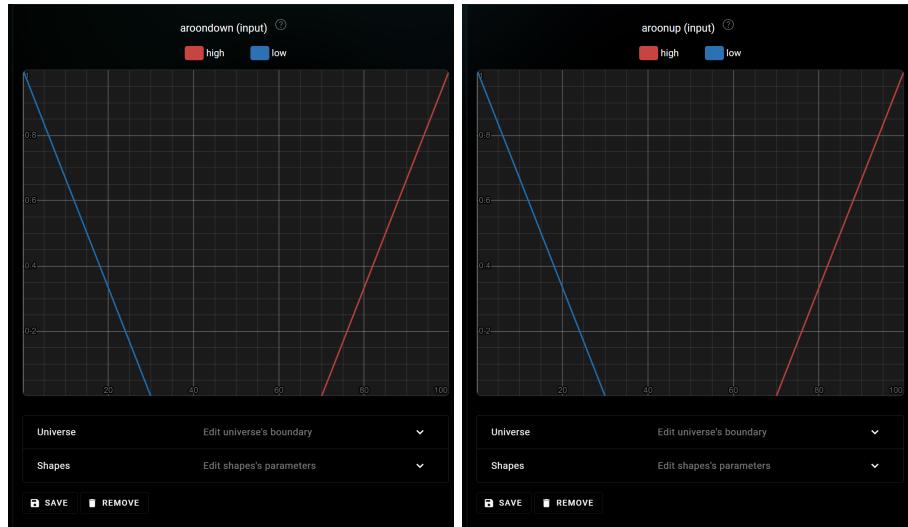
QUERY RESULTS: 1-20 OF MANY

```
_id: ObjectId('63c6774a38faf82fccc483ad')
ticker: "AAPL/USD"
time: 2023-01-13T20:00:00.000+00:00
open: 134.53
close: 134.55
high: 134.6
low: 134.5
volume: 36689
```

```
_id: ObjectId('63c6774a38faf82fccc483ae')
ticker: "AAPL/USD"
time: 2023-01-13T19:00:00.000+00:00
open: 134.58
close: 134.56
high: 134.58
low: 134.52
volume: 12499
```

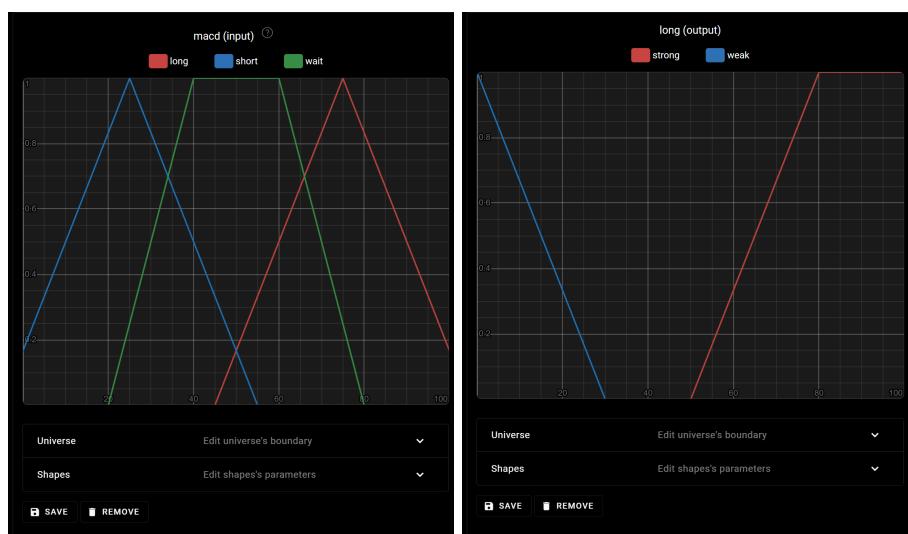
PREVIOUS **1-20 of many results** NEXT >

รูปที่ 1: ตัวอย่างข้อมูลตลาดหุ้นในฐานข้อมูล



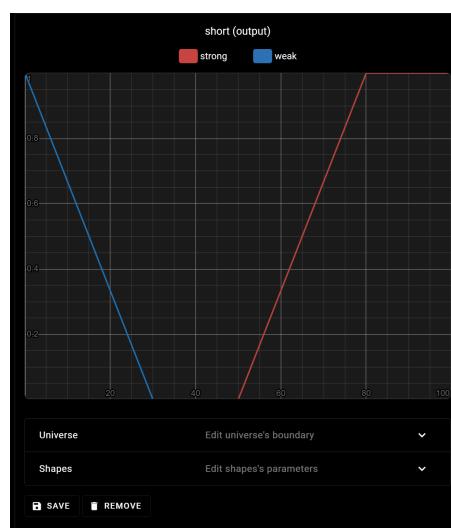
(a) aroon up

(b) aroon down



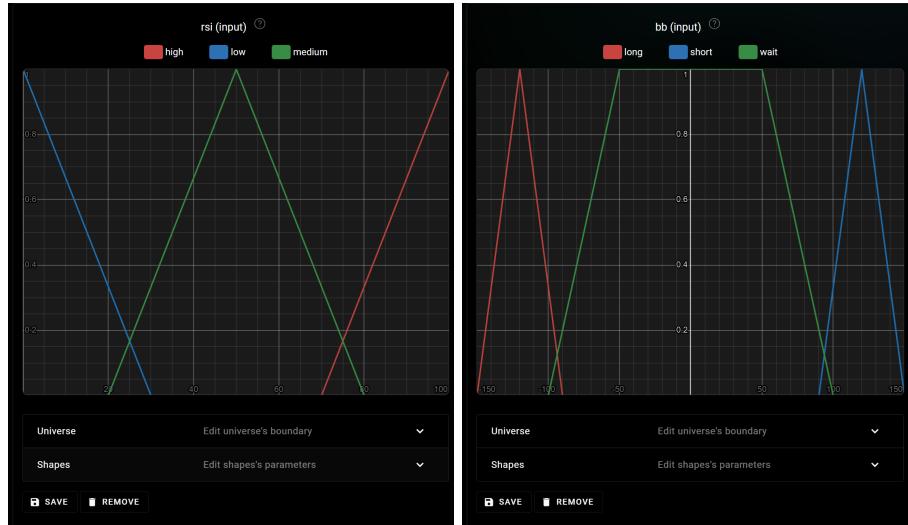
(c) macd

(d) long



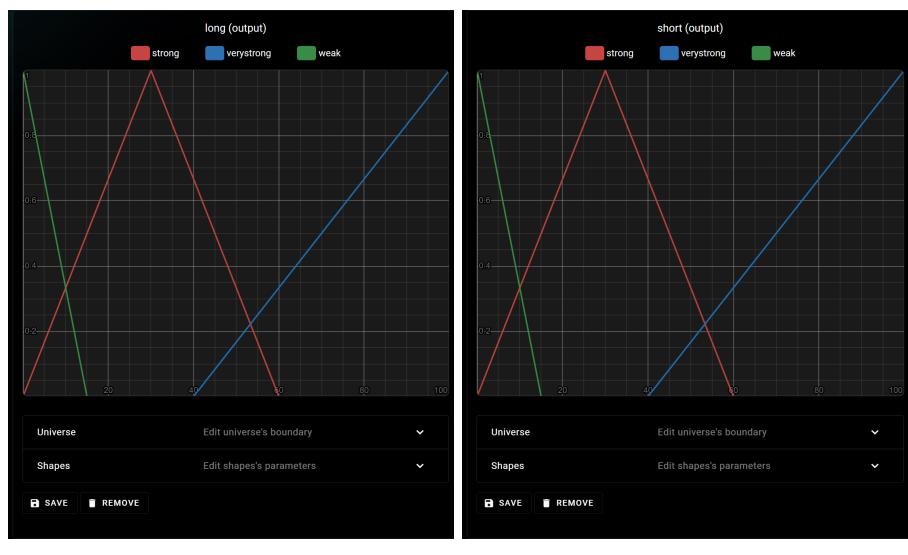
(e) short

รูปที่ 2: ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด AROON-MACD จากในระบบของเรา



(a) bollinger band

(b) rsi



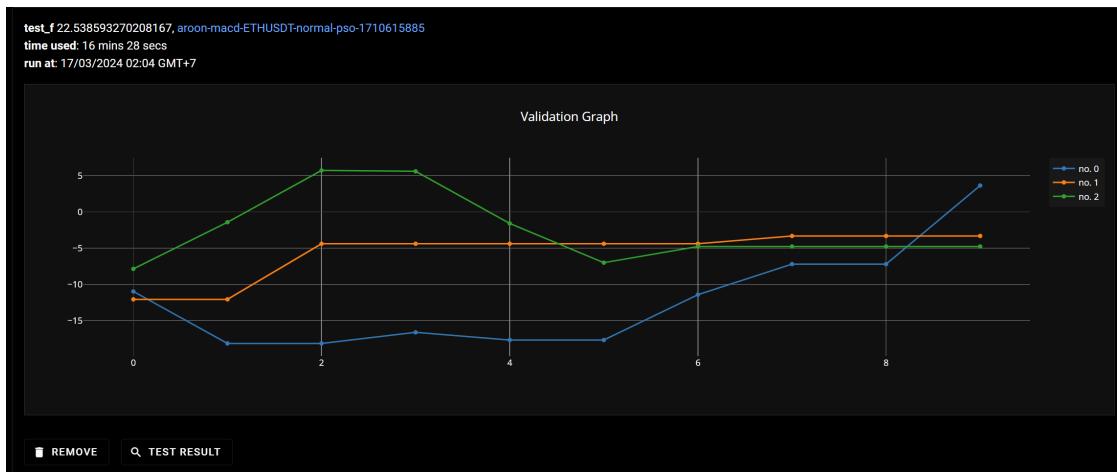
(c) long

(d) short

รูปที่ 3: ตัวแปรทางภาษาของตัวชี้วัด RSI-BB จากในระบบของเรา



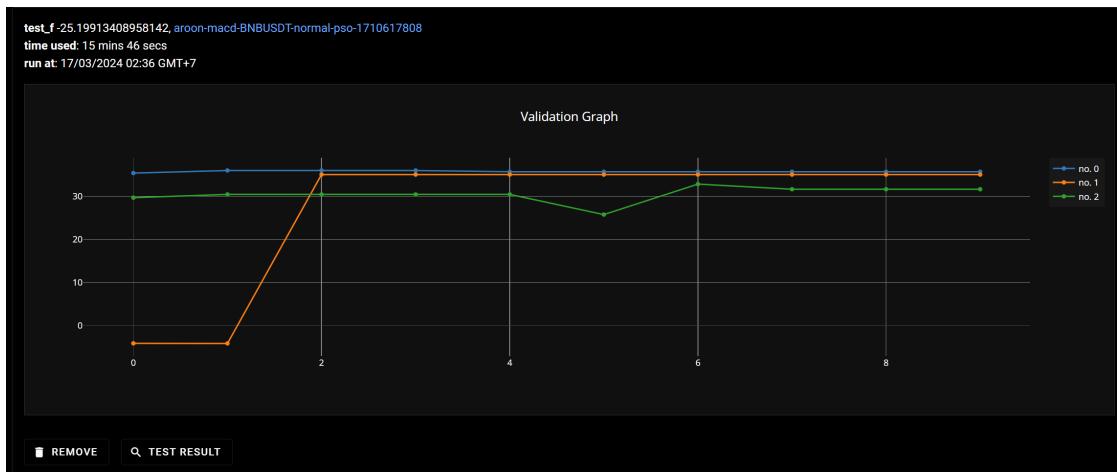
รูปที่ 4: ตัวอย่างผลลัพธ์ของ AROON-MACD แบบ Fuzzy C PSO



รูปที่ 5: ผลลัพธ์ของการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (ETH)



รูปที่ 6: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BTC)



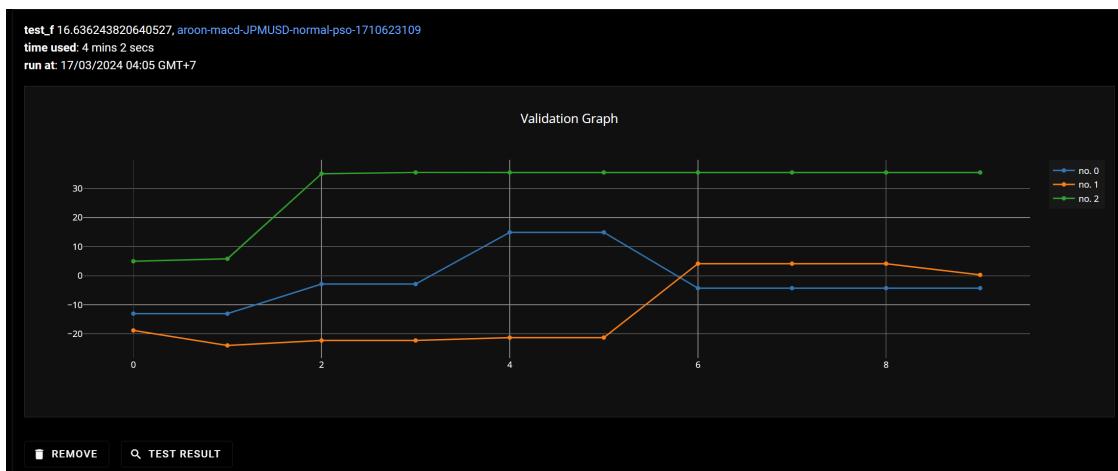
รูปที่ 7: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BNB)



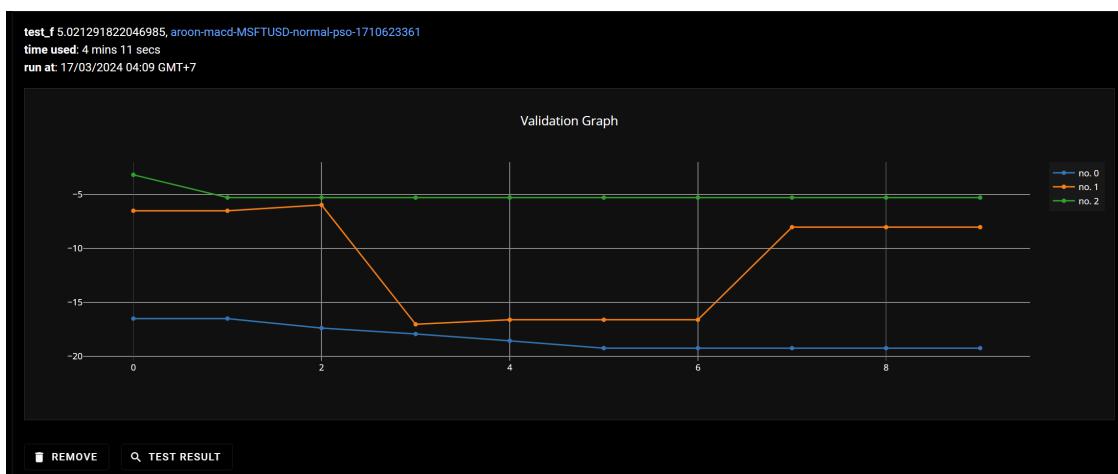
รูปที่ 8: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (AAPL)



รูปที่ 9: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (IBM)



รูปที่ 10: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (JPM)



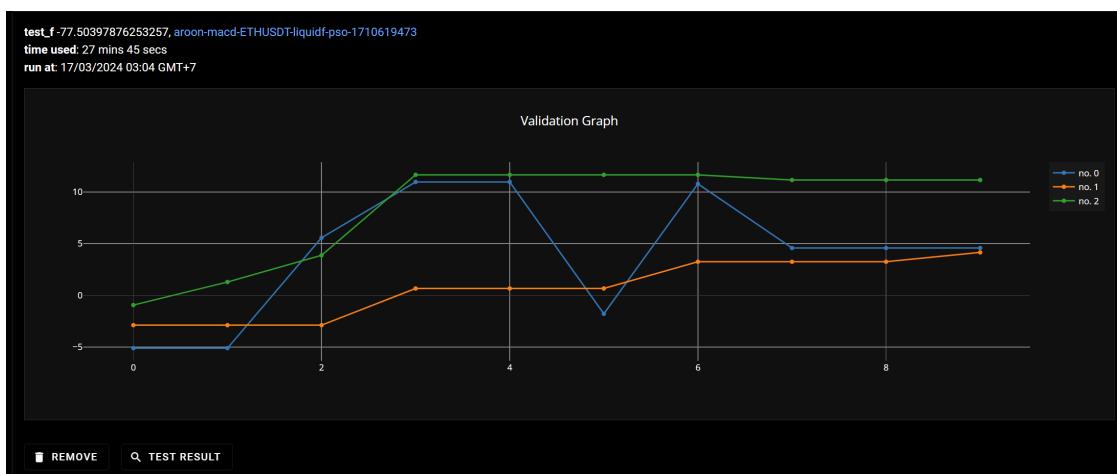
รูปที่ 11: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (MSFT)



รูปที่ 12: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (NKE)



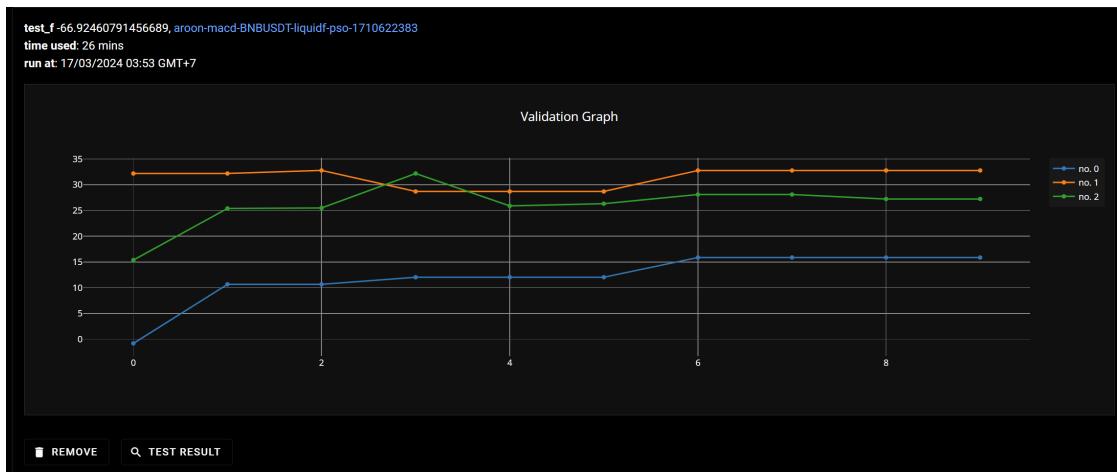
รูปที่ 13: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (TSLA)



รูปที่ 14: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (ETH)



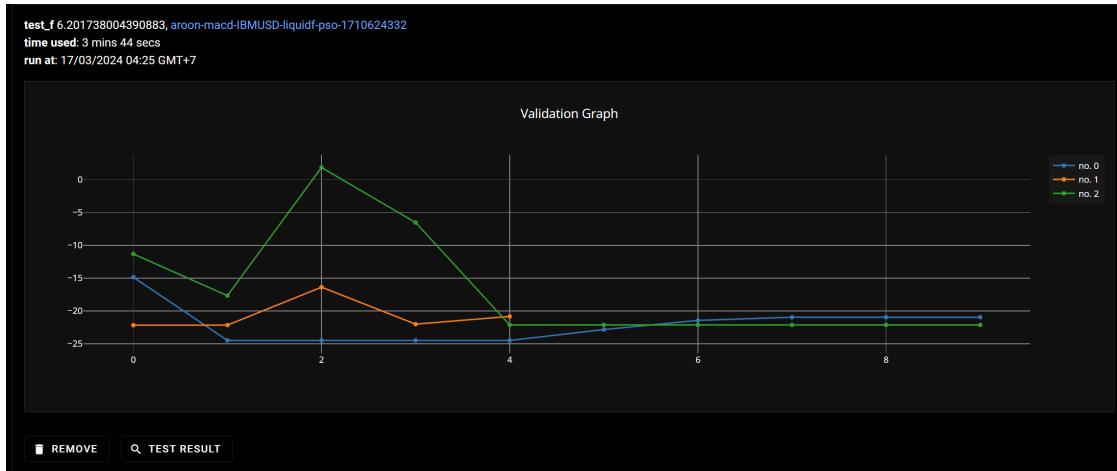
รูปที่ 15: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (BTC)



รูปที่ 16: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (BNB)



รูปที่ 17: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (AAPL)



รูปที่ 18: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (IBM)



รูปที่ 19: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (JPM)



รูปที่ 20: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (MSFT)



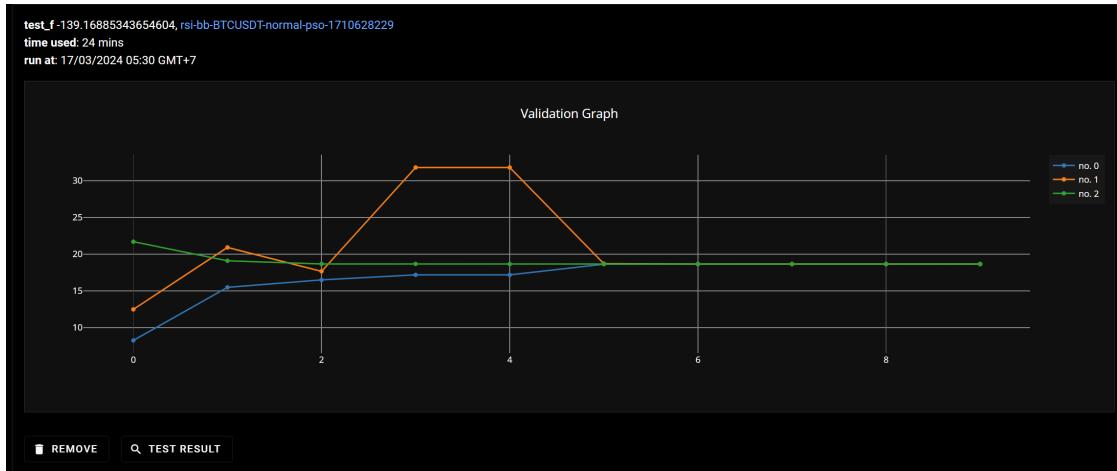
รูปที่ 21: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (NKE)



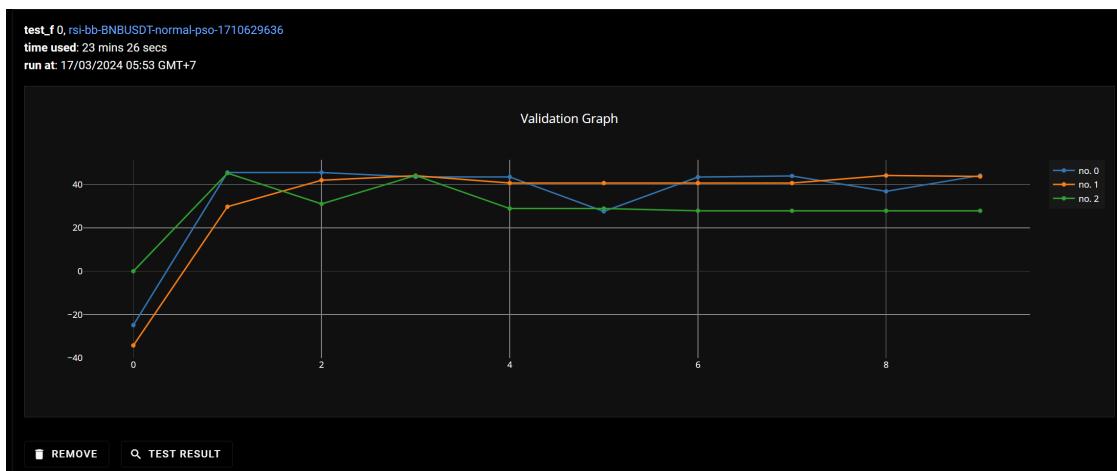
รูปที่ 22: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ AROON-MACD แบบมีการจัดการเงินทุน (TSLA)



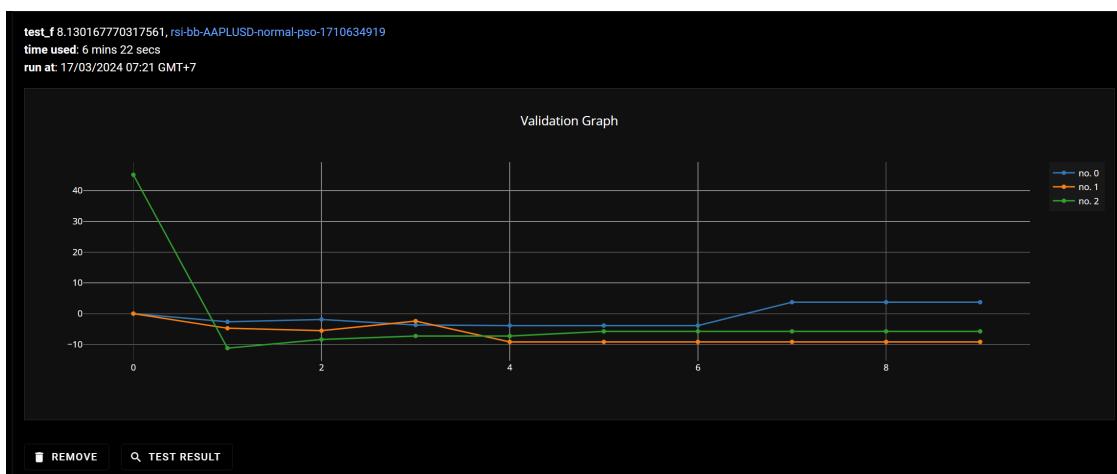
รูปที่ 23: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (ETH)



รูปที่ 24: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BTC)



รูปที่ 25: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (BNB)



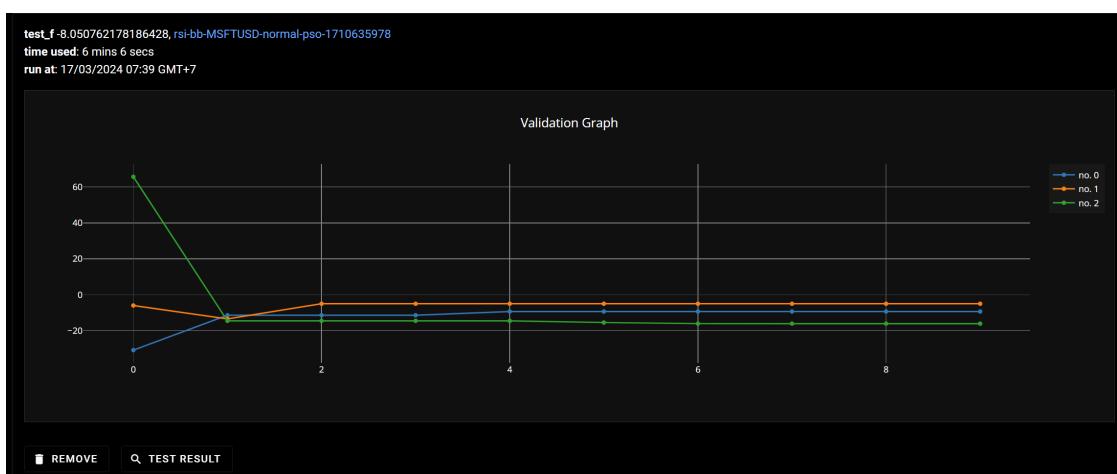
รูปที่ 26: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (AAPL)



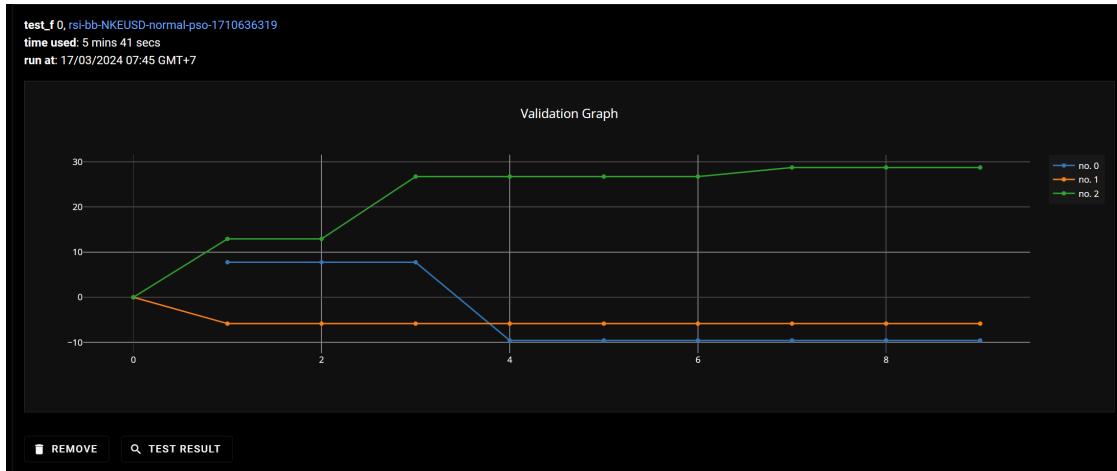
รูปที่ 27: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (IBM)



รูปที่ 28: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (JPM)



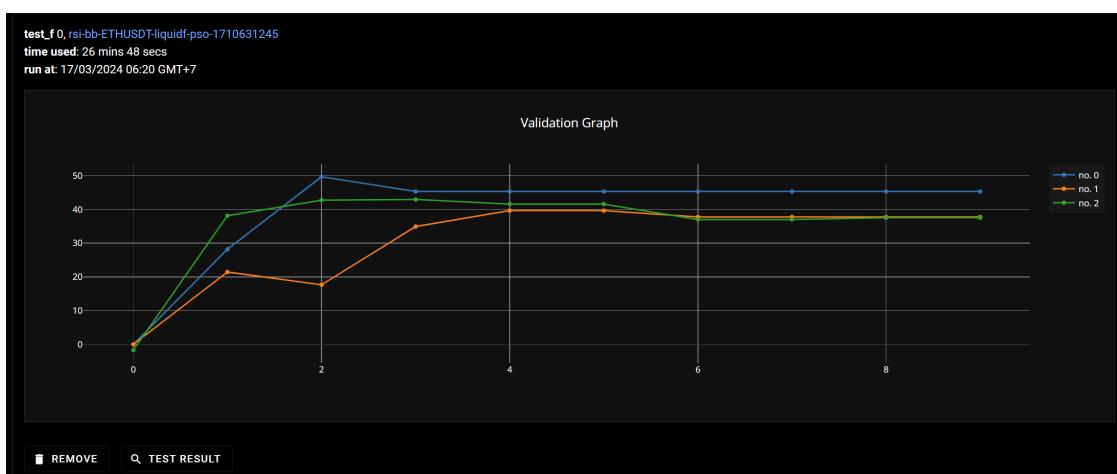
รูปที่ 29: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (MSFT)



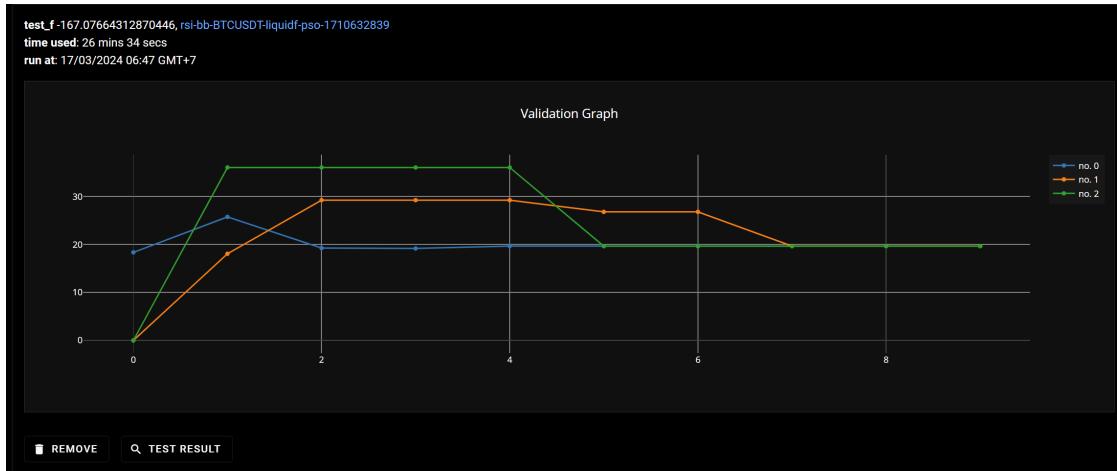
รูปที่ 30: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (NKE)



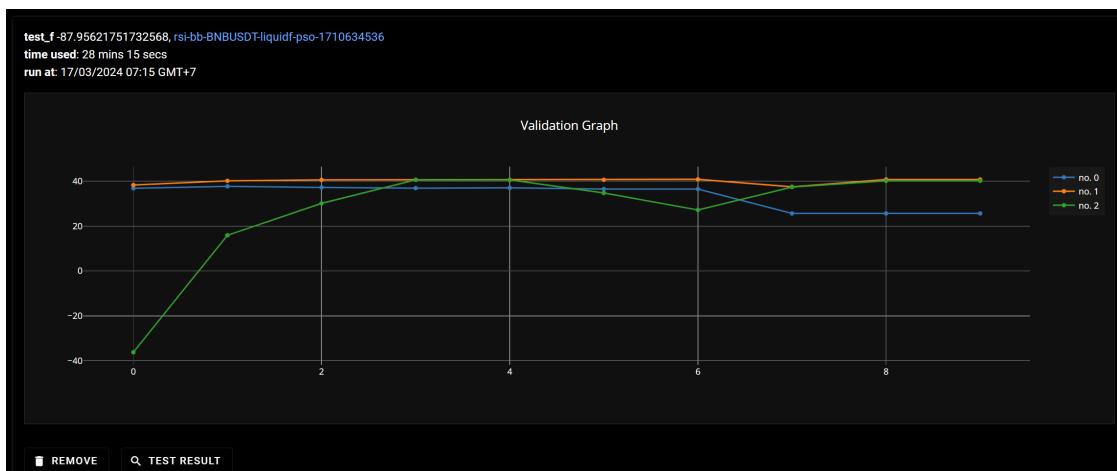
รูปที่ 31: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบไม่มีการจัดการเงินทุน (TSLA)



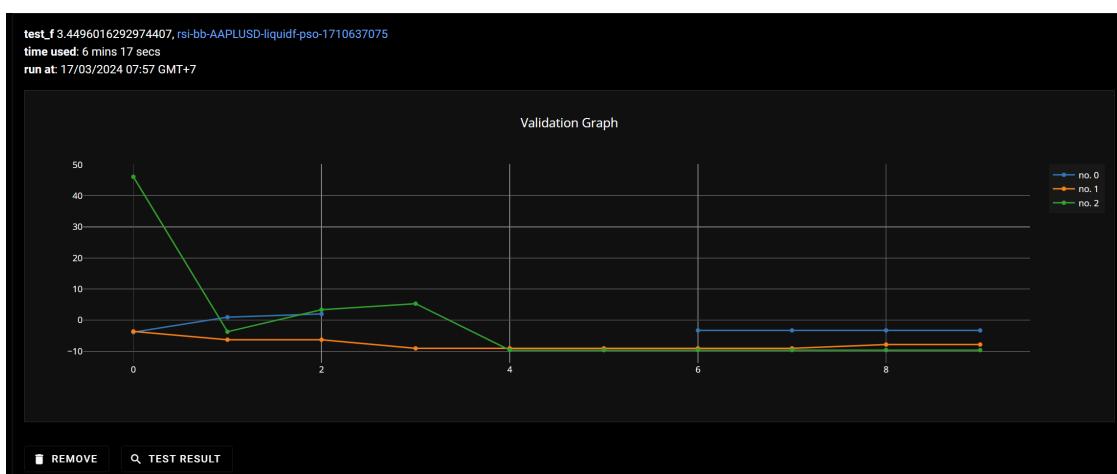
รูปที่ 32: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (ETH)



รูปที่ 33: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (BTC)



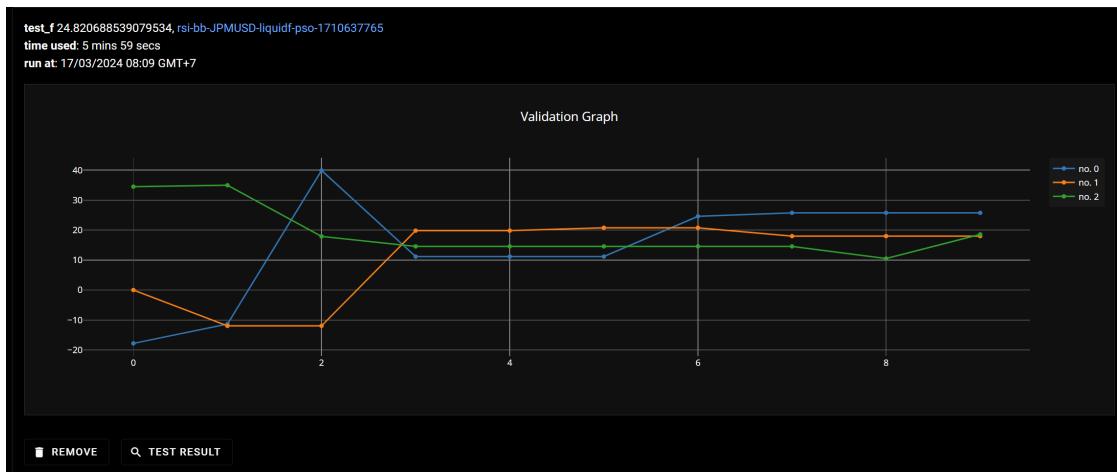
รูปที่ 34: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (BNB)



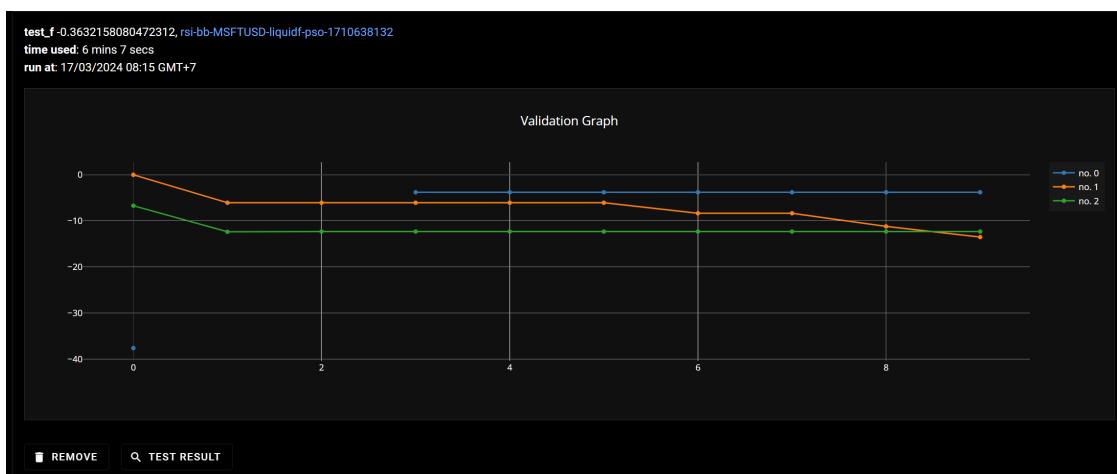
รูปที่ 35: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (AAPL)



รูปที่ 36: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (IBM)



รูปที่ 37: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (JPM)



รูปที่ 38: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (MSFT)



รูปที่ 39: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (NKE)



รูปที่ 40: ผลลัพธ์ของการการใช้ PSO กับ RSI-BB แบบมีการจัดการเงินทุน (TSLA)

ประวัติผู้เขียน



นายธนัตถ์ ตั้งอัน รหัส 630610737 นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [My Github](#), [My Personal Blog](#) ติดต่อได้ที่ ttangun1@gmail.com