รายงานการวิเคราะห์พฤติกรรมบอทเทรดอัจฉริยะ
การประเมินผล A2C Agent สถาปัตยกรรมมาตรฐาน (26 Features) และความสำเร็จในการจัดการความเสี่ยงเชิงรับ (Defensive Growth)

1. บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

รายงานฉบับนี้ประเมินผลการเรียนรู้ของบอทเทรดอัจฉริยะ (Trading Agent) บนสถาปัตยกรรม **PPO (Proximal Policy Optimization)** โดยใช้ชุดข้อมูลพื้นฐาน **26 มิติ (Features)** ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัดทางเทคนิค (Technical Indicators) และข้อมูลเศรษฐกิจมหภาค (Macroeconomic Indicators) โดยระบบได้ **ปิดการใช้งาน Multi-timeframe** เพื่อรักษาความสมบูรณ์และเสถียรภาพของข้อมูล
จากผลการรันจำลองการเรียนรู้กว่า 300,000 Timesteps พบว่า โครงข่ายประสาท (Neural Network) **มีเสถียรภาพสูงมาก ไม่พบปัญหา Policy Collapse หรือ Gradient Explosion** บอทสามารถเรียนรู้และพัฒนาพฤติกรรมการเทรดได้อย่างเป็นลำดับขั้น จนสามารถนำไปรันบนชุดข้อมูลสภาวะตลาดจริง (Out-of-Sample) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสร้าง**กำไรสะสม 22.30% (CAGR 12.10%)** และมีจุดเด่นสูงสุดในด้านการป้องกันพอร์ตโฟลิโอ โดยจำกัด **Max Drawdown ไว้ที่เพียง -11.21%** ถือเป็นสถาปัตยกรรมที่พร้อมสำหรับการต่อยอดสู่การใช้งานจริง (Production-ready)

2. การตั้งค่าข้อมูลและโครงสร้าง (Data & Framework Setup)

ระบบทำงานบนชุดข้อมูลที่มีความสะอาดและสมบูรณ์แบบ เนื่องจากการปิดโหมด Multi-timeframe ทำให้ไม่ต้องเผชิญกับ Noise จากข้อมูลที่สูญหาย (NaN) ในสเกลรายเดือน

ชุดข้อมูล (Dataset)	ช่วงเวลา (Period)	สถานะของข้อมูล
1. Training Set	เม.ย. 1999 – ธ.ค. 2019	สมบูรณ์ (ตัด Warm-up 1,074 แถว)
2. Validation Set	ม.ค. 2020 – ธ.ค. 2023	สมบูรณ์ (ตัด Warm-up 597 แถว)
3. Testing Set	ม.ค. 2024 – ก.ค. 2026	สมบูรณ์ สำหรับการทำ Out-of-Sample

หมายเหตุ: แม้ใน Log ฝั่ง Testing จะมีการแจ้งเตือน (Warning) เกี่ยวกับข้อมูล Multi-timeframe แต่สถาปัตยกรรมหลักได้จำกัด State Space ไว้ที่ 26 Features พื้นฐานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3. วิเคราะห์วิวัฒนาการและเสถียรภาพการเรียนรู้ (Evolutionary & Stability Analysis)

พัฒนาการของบอทแบ่งออกเป็น 3 ระยะอย่างชัดเจน สะท้อนถึงการทำงานของ PPO ที่มีเสถียรภาพ (Stable Convergence):

- **เฟสที่ 1: การสังเกตการณ์เชิงรับ (Timesteps 2,048 – 8,192)**
  บอทเริ่มต้นด้วยความระมัดระวังสูงสุด โดยมีจำนวนการเทรดเป็น 0 (mean_reward = 0) เพื่อหลีกเลี่ยงการขาดทุนและค่าธรรมเนียมในช่วงที่ยังไม่ค้นพบ Pattern ของตลาด
- **เฟสที่ 2: จุดเบรกเอาท์และเริ่มต้นค้นพบกำไร (Timesteps 10,240)**
  บอทเริ่มเข้าใจจังหวะตลาด ค่า mean_reward ก้าวกระโดดขึ้นมาที่ **20.03** ในทันที (ทำกำไรใน Episode 40 ได้ +20.54%) แสดงถึงการเรียนรู้ (Breakthrough) ที่มีนัยสำคัญ
- **เฟสที่ 3: จุดบรรลุประสิทธิภาพสูงสุดและอิ่มตัว (Timesteps 83,968 เป็นต้นไป)**
  โครงข่ายประสาทค้นพบน้ำหนัก (Weights) ที่ดีที่สุดในสเตปที่ **83,968** โดยดันค่า mean_reward ขึ้นไปแตะระดับสูงสุดที่ **26.61** (ทำกำไรใน Episode 250 ได้ +27.15% หรือ 271,580.52 USD จากการเทรดเพียง 667 ครั้ง)
- **เสถียรภาพของโครงข่าย (Network Stability):**
  ตลอดการฝึกสอนจนจบ 300,000 สเตป ค่าความคลาดเคลื่อน (value_loss เฉลี่ย 10-150) และ (policy_loss) แกว่งตัวอยู่ในกรอบพารามิเตอร์ที่ควบคุมได้ **ไม่พบการระเบิดของสมการ (No Gradient Explosion)** เป็นเครื่องยืนยันว่าบอทไม่ได้ยึดติดกลยุทธ์เดิมแบบผิดปกติ แต่เป็นการรักษาเสถียรภาพของกลยุทธ์ที่ดีที่สุดไว้

4. ผลการทดสอบในสภาวะตลาดจริง (Out-of-Sample Testing & Generalization)

เมื่อนำโมเดลที่ดีที่สุดมาทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงช่วงปี 2024–2026 โมเดลแสดงศักยภาพการเป็น "ระบบบริหารสินทรัพย์เชิงรุกแบบป้องกันความเสี่ยง (Defensive Active Manager)" อย่างชัดเจน:

- **ด้านการทำกำไร (Return):**
  - กำไรสะสมตลอดการทดสอบ (Total Return): **22.30%**
  - ผลตอบแทนทบต้นเฉลี่ยรายปี (CAGR): **12.10%**
  - ✅ *วิเคราะห์:* ผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก สามารถเอาชนะอัตราเงินเฟ้อและผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาลได้อย่างเด็ดขาด
- **ด้านความเสี่ยงและการปกป้องเงินทุน (Risk Management):**
  - จุดขาดทุนสูงสุด (Max Drawdown): **-11.21%**
  - ✅ *วิเคราะห์:* ถือเป็น **ผลลัพธ์ที่โดดเด่นที่สุดของโมเดลนี้** บอทสามารถจำกัดความเสียหายของพอร์ตให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยมาก (ไม่เกิน 15%) ทนทานต่อสภาวะตลาดผันผวนได้อย่างยอดเยี่ยม
- **ด้านประสิทธิภาพความคุ้มค่า (Efficiency):**
  - Sharpe Ratio: **0.91**
  - ความแม่นยำรายวัน (Daily Win Rate): **55.86%**
  - ✅ *วิเคราะห์:* อัตรา Win Rate ถือว่าสูงสำหรับระบบเทรดโมเมนตัม ค่า Sharpe ที่ระดับ 0.91 สะท้อนถึงความคุ้มค่าของผลตอบแทนที่สมน้ำสมเนื้อกับระดับความเสี่ยงที่แบกรับ

5. บทสรุปเชิงกลยุทธ์ (Strategic Recommendations)

บอทเทรดเวอร์ชันนี้จัดว่าเป็น **โมเดลที่ประสบความสำเร็จทางวิศวกรรมข้อมูล** การจำกัด Feature ไว้ที่ 26 ตัว ช่วยตัดเสียงรบกวน (Noise) ออกไป ทำให้โครงข่ายประสาทลู่เข้าสู่จุดสมดุล (Convergence) ได้อย่างราบรื่น ผลลัพธ์เชิงตัวเงินสะท้อนสไตล์การลงทุนแบบ "โตอย่างมั่นคงและปลอดภัย"

ข้อเสนอแนะสำหรับการต่อยอด:

1. **นำไปทดสอบ Live/Paper Trading:** สถาปัตยกรรมนี้มีความพร้อมสูง สามารถนำไปจำลองเทรดแบบ Forward-test (Paper Trading) กับข้อมูล Real-time เพื่อประเมินค่า Slippage และการตอบสนองเชิงระบบได้ทันที
2. **Fine-tuning สัดส่วน Reward:** หากต้องการดัน CAGR ให้ทะลุ 15% อาจพิจารณาปรับ Reward Function ให้กล้าเสี่ยงมากขึ้นในจังหวะที่มีสัญญาณ EMA_golden_cross ผสมกับค่า vix ที่ต่ำลง
3. **การรักษาสถาปัตยกรรมนี้ไว้เป็น Baseline:** ควรบันทึกโมเดลและ Hyperparameters ชุดนี้ไว้เป็น " มาตรฐานตั้งต้น (Baseline)" เพื่อใช้เทียบเคียงหากมีการพัฒนาโมเดลใหม่ในอนาคต