**แบบเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์**

**1.ชื่อโครงงานวิทยาศาสตร์**

วิธีแบบเมตาฮิวริสติกสําหรับการลงทุนทางการเงิน

Metaheuristics for Financial Investing

**2.ชื่อผู้ทำโครงงาน**

2.1 นายอภิสัณห์ จงเพิ่มวัฒนะผล

2.2 นายนันทภัค กว้านเมธากุล

2.3 นายธิติ ทรงพลวารินทร์

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดรุณสิกขาลัย (โครงการ วมว.)

**3.ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**

3.1 รศ.ชูเกียรติ วรสุชีพ อาจารย์สถาบันการเรียนรู้ มจธ. (ที่ปรึกษาภายนอก)

3.2 อ.ขวัญชีวา วัฒนตรีภพ อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักงานห้องเรียนวิศว์-วิทย์

มหาวัทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ที่ปรึกษาภายใน)

**4.ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน**

ในช่วงที่ผ่านมาดอกเบี้ยจากการออมเงินในธนาคารถูกลดลงเรื่อย ๆ อย่างมีนัยสําคัญเมื่อเทียบกับเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา ในทางกลับกันภาวะเงินเฟ้อกลับเพิ่มขึ้นอยู่เสมอ ทำให้เงินเก็บในธนาคารนั้นมีค่าลดลงไปตามเวลา ในสถานการณ์ที่เงินเก็บของคนส่วนใหญ่ลดน้อยลงพร้อมกับราคาสินค้าต่างๆที่สูงขึ้น การลงทุน (Investment) จึงเป็นทางเลือกที่หลายคนให้ความสนใจ ไม่ว่าจะเป็นการลงทุนในตลาดหุ้น (Stock) การลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) การแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Forex) เพื่อเป็นการนำเงินที่เก็บสะสมไปสร้างผลตอบแทนที่สูงกว่าการออม การใช้เงินไปกับลงทุนมาพร้อมกับความเสี่ยงที่สูงขึ้น ดังนั้นการตัดสินใจลงทุนจึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ และศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี

โครงงานนี้จึงให้ความสนใจในเรื่องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวชี้วัดทางเทคนิค (Technical Indicators) ในเเต่ละการลงทุนหรือ ใช้การเรียนรู้ข้อมูลพื้นฐานของสิ่งที่จะลงทุน เพื่อให้สามารถหาจุดที่ควรซื้อและจุดที่ควรจะขาย การใช้ข้อมูลที่ครบถ้วนเเละเเม่นยําในเเบบที่เหมาะสมที่สุด อีกทั้งลดเวลาที่ใช้ในการตัดสินใจโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลมาตัดสินใจอย่างเที่ยงตรง เพื่อจะสามารถเพิ่มผลกําไรจากการลงทุนเเต่ละครั้งได้

การรู้ถึงจุดซื้อจุดขายที่เหมาะสมจะทำให้ผู้ที่สนใจในการลงทุนสามารถตัดสินใจได้ง่ายขึ้นในการลงทุน พร้อมทั้งลดความเสี่ยงจากซื้อหรือขายเบื้องต้นจากการที่สามารถรู้เเนวโน้มการขึ้นลงของราคา ณ ขณะใดขณะนึงได้ เพื่อหวังจะได้กําไรสูงสุดจากการลงทุน ซึ่งถ้าเปรียบกับการเดินทางการลงทุนก็เหมือนกับการเดินทางที่ต้องผ่านอุปสรรคมากมายจนจะถึงจุดหมาย โครงงานนี้จะไม่ได้นํานักลงทุนไปสู่จุดหมายเเต่จะพยายามลดความเสี่ยงและสามารถหาวิธีเดินทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อตอบสนองการเดินทางของเเต่ละคน

**5. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง**

5.1 ตลาดหลักทรัพย์ (Stock Market)

ตลาดหลักทรัพย์หรือตลาดหุ้นคือพื้นที่การลงทุนที่คนทั่วไปเข้ามาร่วมลงทุนกับบริษัทต่างๆ ผ่านการซื้อและขายหุ้นของบริษัทโดยทางบริษัทจะทำการลงรายการหุ้นผ่านทางตลาดหลักทรัพย์โดยตรงเพื่อเป็นการเสนอหุ้นใหม่แก่ประชาชนทั่วไปซึ่งเป็นวิธีการระดมทุนสําหรับบริษัทที่ต้องการเข้าตลาดหลักทรัพย์ เรียกว่า IPO (Initial Public Offering) โครงงานนี้จะสนใจตลาดหลักๆอยู่สองตลาด คือ

1. ตลาดหลักทรัพย์ในสหรัฐ ประกอบด้วยสองตลาดหลักๆ คือ New York Stock Exchange (NYSE) มูลค่า 760 ล้านล้านบาท และ Nasdaq มูลค่า 340 ล้านล้านบาท ทั้งสองตลาดนี้มีธุรกิจมาจดทะเบียนรวมกันราว 5,700 บริษัท โดยปกติแล้ว นักลงทุนมักจะติดตามความเคลื่อนไหวของดัชนีตลาดหุ้นสหรัฐเช่น ดัชนี Dow Jones, ดัชนี S&P 500 และ ดัชนี Nasdaq เพราะเชื่อว่าดัชนีเหล่านี้มีอิทธิพลต่อภาวะการซื้อขายของตลาดหุ้นทั่วโลก

2. ตลาดหลักทรัพย์ในไทย ประกอบด้วยสองตลาดคือ ตลาด SET (Stock Exchange of Thailand) เป็นตลาดหลักทรัพย์แห่งแรกของประเทศไทยและตลาด MAI (Market for Alternative Investment) เป็นตลาดหลักทรัพย์แห่งที่สองของประเทศไทย โดย SET เน้นไปที่บริษัทขนาดใหญ่ซึ่งมีทุนชำระแล้ว หลัง IPO ตั้งแต่ 300 ล้านบาทขึ้นไป  ตลาด MAI เน้นไปที่กิจการขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งมีทุนชำระแล้ว หลัง IPO ตั้งแต่ 50 ล้านบาทขึ้นไป โดยเน้นไปที่ธุรกิจที่มีแนวโน้มการเติบโตดี มีศักยภาพ

5.2 ตัวชี้วัดทางเทคนิค (Technical Indicators)

Technical Indicators คือเครื่องมือประเภทหนึ่งที่ผ่านการคำนวณตามหลักทางคณิตศาสตร์จากข้อมูล ราคาหุ้น จำนวนการซื้อขาย หรือ ดัชนีอ้างอิงการซื้อขายของหุ้นในตลาด ณ ขอบเขตเวลาที่สนใจเพื่อนำเสนอ แบ่งแยก หรือจัดเรียงข้อมูลตัวเลขนั้นๆ ออกมาให้เราได้ศึกษาได้อย่างเข้าใจมากยังขึ้น ตัวอย่างเช่น

1. ดัชนีชี้วัดทิศทางแนวโน้ม (Trend Following Indicators) ช่วยให้เข้าใจถึงแนวโน้มการเคลื่อนที่ของหุ้นที่สนใจ และเป็นการชี้ให้เห็นว่าตลาดในขณะนั้นเป็นอย่างไร ซึ่งเครื่องมือลักษณะนี้ค่อนข้างสะดวกเเละเข้าใจง่าย เพราะเป็นการประเมินภาพรวมของราคาที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น MACD, Moving Average, SAR เป็นต้น

2. ดัชนีชี้วัดแรงเหวี่ยงของราคา (Momentum Indicators) เป็นดัชนีที่นำมาใช้ในการพิจารณาราคาล่าสุดกับราคาก่อนหน้า โดยระยะห่างระหว่างจะมีค่าอยู่ที่ 0 ถึง 100 และนำเสนอสัญญาณของ  Overbought (โซนที่มีการซื้อเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงขายกลับคืนมา) กับ Oversold (โซนที่มีการขายเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงซื้อกลับคืนมา) เครื่องมือประเภทนี้จะเป็นพวก RSI, CCI และ Stochastics เป็นต้น ซึ่งถ้าค่าของ Momentum มีค่าต่ำกว่า 100 เป็นสัญญาณว่าราคาอาจต่ำลง ในทางกลับกันถ้าค่าของ Momentum มีค่าสูงกว่า 100 นั่นคือสัญญาณว่าราคาอาจสูงขึ้น

3. ดัชนีชี้วัดความผันผวนของราคา (Volatility Indicators) จะนำมาใช้ในการวัดความผันผวนหรือ วัดการแกว่งตัวของราคาว่ามีขนาดเท่าไร่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย โดยนักลงทุนจะอาศัยเครื่องมือเหล่านี้ในการหาโอกาสเพื่อทำการซื้อขาย โดยส่วนใหญ่จะใช้อ้างอิงร่วมกับ Trend Following Indicators เพื่อยืนยันแนวโน้มให้ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ATR, Bollinger Bands เป็นต้น

5.3 ชุดข้อมูลตัวอย่าง (Dataset)

Dataset คือ ข้อมูลต่างๆไม่ว่าจะเป็น ตัวเลข รูปภาพ วีดีโอ เสียง ข้อความ ฯลฯ โดยสามารถ

เเยกออกมาเป็น 2 รูปเเบบ คือ

1. ชุดข้อมูลฝึกสอน (Training dataset) เป็น dataset สำหรับสอนโมเดล(model) ให้เรียนรู้ ประกอบด้วย 2 ส่วน

1.1Train set คือ ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียนรู้โดย model กล่าวคือ เพื่อให้เหมาะสมกับพารามิเตอร์

1.2Validation set คือ ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับประเมิน model ระหว่างการ train model เพื่อปรับ model ให้ทำนายได้ดีขึ้น

2. ชุดข้อมูลทดสอบ (Test dataset) เป็น dataset ไว้ทดสอบความสามารถในการทำนายของ model

5.4 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

Optimizationคือหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการช่วยตัดสินใจซึ่งจะสอดคล้องกับจุดประสงค์ตามเเต่ละสถานการณ์ โดยจะทําการหาข้อมูลเข้า(input) เพื่อส่งเข้าไปในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) เพื่อหาค่าผลลัพธ์ของฟังก์ชันนั้นมีค่าสูงสุดหรือตํ่าสุด เเบ่งกว้างๆได้เป็น 2 กลุ่ม ได้เเก่

1.การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันค่าต่อเนื่อง (Continuous function optimization) ใช้เมื่อตัวเเปร input เเละ ผลลัพธ์ทั้งหมดของฟังก์ชันเป็นตัวเลขจะมีองค์ประกอบหลักๆดังนี้

1.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function, Fitness function) คือตัวเเทนหรือนิยามของค่าที่เราต้องการให้มีค่าสูงสุดหรือตํ่าสุด

1.2 ตัวเเปรตัดสินใจ (Decision variables) คือตัวเเปรที่มีผลต่อ Objective function

1.3 เงื่อนไขบังคับ (Constraints) คือสิ่งที่จํากัดความเป็นไปได้ของเเต่ละตัวเเปร

2.การหาค่าเหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discrete optimization) ใช้เมื่อตัวเเปร input เป็นจํานวนเต็มหรือข้อมูลเชิงการจัด (integers or combinatorial variables)

5.5 โปรแกรมแบบศึกษาสำนึก (Heuristics)

Heuristics เป็นวิธีการสำหรับการค้นหาคำตอบอย่างชาญฉลาด เพื่อให้ได้คําตอบที่เกือบจะดีที่สุด ในเวลาที่เหมาะสม ซึ่งจะต่างจากขั้นตอนวิธีอย่างเเม่นยํา (Accurate Algorithm) ที่ทำตามขั้นตอนเเละใช้เวลานาน

5.6 วิธีแบบเมตาฮิวริสติก (Metaheuristics)

Metaheuristics เป็น algorithm ที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในศตวรรษที่ผ่านมาเพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลที่มีปริมาณมาก เช่น เรื่องการขนส่ง การติดต่อสื่อสารและ การเงิน ด้วยพลังการคำนวณที่มากและความก้าวหน้าในอัลกอลิทึมที่สามารถรองรับตัวแปรได้มากมายในการแก้ไขปัญหา ทำให้เมตาฮิวริสติกจึงเป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพในการลงทุนเพื่อให้ได้ผลกำไรให้ได้มากที่สุด เมตาฮิวริสติกสามารถให้คำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดในเวลาที่รวดเร็ว ในขณะที่การคำนวณหาคำตอบให้ตรงใช้เวลานาน วิธีแบบเมตาฮิวริสติกนั้นเป็นเป็นกลยุทย์ระดับสูงที่ออกแบบมาเพื่อค้นหา สร้าง หรือเลือก algorithm ที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการเเก้ปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปัญหาซึ่งมีข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์หรือมีความสามารถในการคำนวณที่จำกัด อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์เเละคำนวณปัญหาโดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงรูปเเบบของปัญหา ทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยน algorithm เมื่อปัญหาเปลี่ยนไป แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1.Neighborhood-based Algorithms เป็น algorithm เพื่อค้นหาโดยใช้เเนวคิดเรื่องเพื่อนบ้านซึ่งจะระบุผลลัพธ์ของเพื่อนบ้าน เเละเมื่อ algorithm วนซ้ำผลลัพธ์ก็จะเข้าใกล้ผลลัพธ์ของเพื่อนบ้าน เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์

2.Population-based Algorithms เป็น algorithm ที่ทำงานโดยใช้ข้อมูลผลลัพธ์หรือประชากร ซึ่งได้เเรงบัลดาลใจมาจากหลักธรรมชาติ เนื่องจากการทำงานของอัลกอรึธึมส่วนใหญ่มีพื้นฐานมาจากหลักปรัชญาของธรรมชาติ ซึ่งสามารถเเบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 Swarm Intelligence (SI) คือเทคนิคที่มีการอิงจากพฤติกรรมการเข้าสังคมของสัตว์สายพันธ์ต่างๆในธรรมชาติ ซึ่ง algorithm จะติดตามการกระทำของสัตว์เเต่ละสายพันธ์ โดย algorithm ที่นิยมใช้ตัวอย่างเช่น Ant Colony Optimization (2006), Particle Swarm Optimization (1995) และArtificial Bee Colony Optimization (2007)

  2.2 Evolutionary Algorithms (EA) คือเทคนิคที่อ้างอิงตามทฤษฎีการพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดย algorithm ที่นิยมใช้กันคือ Evolutionary Programming (1960), Genetic Algorithm (1957) Genetic Programming (1992), Evolutionary Strategies (1964) และ Differential Evolution (1995)

5.7 วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution)

Differential Evolution เป็นวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีประสิทธิภาพเเละเเม่นยำอย่างมากโดยจะทำการปรับปรุงผลลัพธ์ซ้ำๆเพื่อให้เข้าใกล้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างมีข้อดีมากมาย ได้เเก่ สามารถจัดการปัญหาที่เป็นสมการรูปร่างไม่เเน่นอนได้ และคำนวณปัญหาที่ซับซ้อนด้วยการคำนวณเเบบคู่ขนาน อีกทั้งยังใช้งานง่าย โดยหลักการทำงานของ DE นั้นสามารถเเบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ

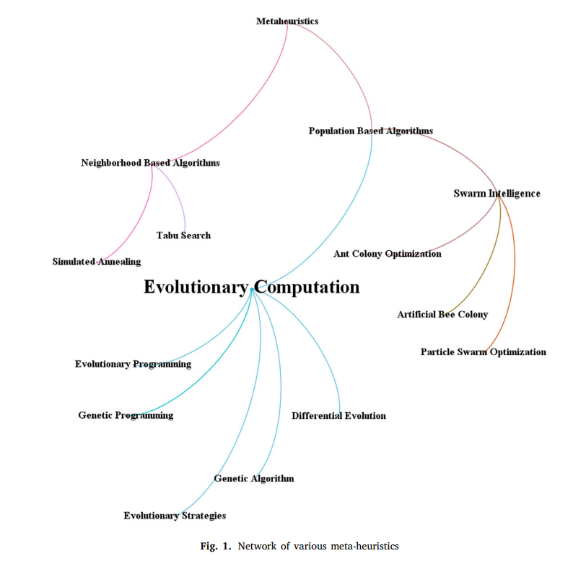
1. ขั้นตอนเริ่มต้น (Initialization) คือ ขั้นตอนที่จะทำการสุ่มเซ็ตประชากรเริ่มเเรกหรือที่เรียกว่าเวคเตอร์พ่อเเม่ (parent vectors) เพื่อที่จะนำมาทำงานในขั้นต่อไป

2. ขั้นตอนวิวัฒนาการ (Evolution) คือ ขั้นตอนการทำงานหลักของalgorithmนี้โดยจะเเบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อยได้แก่

2.1 การกลายพันธ์ุ (Mutation) คือ การคำนวณหาค่าเวคเตอร์ใหม่ซึ่งเรียกว่าเวคเตอร์กลายพันธุ์โดยใช้เวคเตอร์พ่อเเม่จากขั้นตอนเริ่มต้น

2.2 การข้าม (Crossover) คือ การสร้างเวคเตอร์ทดลอง จากเวคเตอร์กลายพันธ์เเละเวคเตอร์ที่ได้มาจากการสุ่มหรือเวคเตอร์เป้าหมาย

2.3 การเลือก (Selection) คือ ขั้นตอนการเลือกระหว่างเวคเตอร์ทดลองเเละเวคเตอร์เป้าหมายว่าอันไหนเหมาะสมกว่ากัน จากนั้นหากเวคเตอร์ทดลองเหมาะสมกว่า เวคเตอร์เป้าหมายจะถูกเเทนที่โดยเวคเตอร์ทดลอง เเต่หากเวคเตอร์เป้าหมายเหมาะสมกว่าจะไม่เกิดการเเทนที่



**รูปที่1** เครือข่ายของวิธีแบบเมตาฮิวริสติกแบบต่างๆ

**6.วัตถุประสงค์ของโครงงาน**

6.1 เพื่อบอกถึงความเหมาะสมของการใช้ Technical Indicator แต่ละชนิดในการช่วยพิจารณาหุ้น

6.2 เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการเข้าซื้อและขายสำหรับหุ้นที่สนใจ เพื่อให้ได้กำไรจากการลงทุนสูงสุด

**7.ขอบเขตของการศึกษา**

7.1 ผู้วิจัยจะใช้ฐานข้อมูลหุ้นย้อนหลังจาก Yahoo Finance พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของบริษัท (Fundamental of stock) เเละข้อมูล Technical Indicator จาก TA-Lib (Technical Analysis Library) มาทำการนำเข้าในรูปแบบ ipynb

7.2 ใช้ library ที่มีความสามารถในการ optimization เช่น Scipy ในการ optimize objective function ที่เหมาะสมที่สุดสําหรับเเต่ละการลงทุนด้วย algorithm DE

**8.แผนการดำเนินงาน**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| กิจกรรม | สัปดาห์ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1.เลือกหัวข้อโครงงาน |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. ศึกษาข้อมูลจากโครงงานอื่นที่เกี่ยวข้อง |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำข้อมูลต่างๆมาใช้ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.เรียบเรียง Proposal  (First draft) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.แก้ไข Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6.เรียบเรียง Proposal  (Final draft) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7.นำเสนอ Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8.หาข้อมูลเกี่ยวกับการ optimization ด้วย DE |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9.ทดสอบการ optimization แต่ละแบบ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10.นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์และเรียบเรียง |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11.ทำรูปเล่มรายงานโครงงาน |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12.ส่งเล่มรายงานโครงงาน (First Draft) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13.แก้ไขเล่มรายงาน |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14.ส่งเล่มรายงานโครงงาน (Final Draft) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15.นำเสนอโครงงาน |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**9.**     **ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

9.1 ทราบถึงความเหมาะสมของการใช้ Technical Indicator และนำไปสร้างเป็น objective function ที่เหมาะสมของการลงทุนได้

9.2 ทราบจุดที่ควรซื้อของตลาดหุ้นได้เพื่อกำไรพร้อมทั้งลดความเสี่ยง และ ขายในเวลาที่เหมาะสมเพื่อลดสูญเสียให้ได้มากที่สุด

**10.**  **นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย**

10.1 Dataset:ชุดข้อมูลตัวอย่าง คือ ข้อมูลต่างๆไม่ว่าจะเป็น ตัวเลข รูปภาพ วีดีโอ เสียง ข้อความ ฯลฯ

10.2 Optimization: คือปัญหาในการหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดจากแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ทั้งหมด

10.3 Algorithm:วิธีกระบวนการที่นำมาแก้ไขปัญหาเพื่อหาคำตอบ

10.4 Dataset:ชุดข้อมูลต่างๆ ที่สามารถเป็นประเภทใดก็ได้

10.5 Model: ข้อมูลที่ถูกฝึกมาเพื่อจดจำลักษณะต่างๆ ของชุดข้อมูลที่นำไปฝึก

10.6 Technical Indicators:เป็นตัวชี้วัดที่เกิดจากข้อมูล ราคาหุ้น จำนวนการซื้อขายที่ผ่านการคำนวณตามหลักทางคณิตศาสตร์

10.7 Open price: เป็นราคาที่หุ้นได้เปิดตัวในวันใดวันหนึ่ง

10.8 Close price: เป็นราคาที่หุ้นได้ปิดตัวในวันใดวันหนึ่ง

10.9 Volume traded: เป็นปริมาตรที่หุ้นนั้นได้ทำการซื้อขายในวันใดวันหนึ่ง

10.11 High: เป็นจุดที่ราคาของหุ้นได้ถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

10.12 Low: เป็นจุดที่ราคาของหุ้นได้ถึงจุดต่ำสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

**11.**  **เอกสารอ้างอิง**

Amparo, S., Angel, A.J., and Renatas, K., 2017, A Survey on Financial Applications of Metaheuristics, ACM Computing Survey, Vol.50, Issue 1, Article 15, pp.1-23

Ahmad, M.F., Isa, N.A.M., Lim, W.H.,  Ang, K.M., 2022, Differential evolution: A recent review based on state-of-the-art works, Alexandria Engineering Journal, Vol. 61, Issue 5, pp. 3831-3872

Basak, S., Kar, S., Saha, S., Khaidem, L., Dey, S.R., 2019, Predicting the direction of stock market prices using tree-based classifiers, The North American Journal of Economics and Finance, Vol. 47, pp 552-567

Bilal,  Pant, M., Zaheer, H., Laura G.H., Abraham, A., 2020, Differential Evolution: A review of more than two decades of research, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol 90, 103479

Das, S. and  Suganthan, P. N., 2011, "Differential Evolution: A Survey of the State-of-the-Art,", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 15, no. 1, pp. 4-31

Ertenlice, O., Kalayci, C.B., 2018, A survey of swarm intelligence for portfolio optimization: Algorithms and applications, Swarm and Evolutionary Computation, Vol. 39, pp. 36-52

Jana, D., Renatas, K., Angel, A.J., Àngels, F., and Onur, P., 2019, Metaheuristics for rich portfolio optimisation and risk management: Current state and future trends, Operations Research Perspectives, Vol. 6, 100121

Misix, ม.ป.ป, ความแตกต่างระหว่างตลาดหลักทรัพย์ MAI และ SET [ออนไลน์], แหล่งข้อมูล: https://www.mi-six.com/blog/ความแตกต่างระหว่างตลาดหลักทรัพย์-MAI-และ-SET [20 มิถุนายน 2565]

Patel, J., Shah S., Thakkar, P., Kotecha, K., 2015, Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques, Expert Systems with Applications, Vol. 42, Issue 4, pp. 2162-2172

Storn, R., Price, K., 1997, Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces, *Journal of Global Optimization*, Vol.11, pp.341–359

Yaohao, P., Pedro, H.M.A., Herbert, K., Cayan, A.P.B.S, 2021, Feature selection and deep neural networks for stock price direction forecasting using technical analysis indicators, Machine Learning with Applications, Volume 5, 100060.

Yeh I.C., Lien, C.H., Tsai Y.C., 2011, Evaluation approach to stock trading system using evolutionary computation, Expert Systems with Applications, Vol. 38, Issue 1, pp. 794-803

Zhifeng, D., Xiaodi, D., Jie, K.., and Lianying, H., 2020, Forecasting stock market returns: New technical indicators and two-step economic constraint method, The North American Journal of Economics and Finance, Vol. 53, 101216

Zhifeng, D., Huan, Z., Jie, K., 2021, New technical indicators and stock returns predictability, International Review of Economics & Finance, Volume 71, pp. 127-142.

กอล์ฟ, 2564, Indicator หุ้นมีอะไรบ้างและใช้ยังไง [ออนไลน์], แหล่งข้อมูล: https://th.mitrade.com/others/basic/stock-Indicators?fbclid=IwAR2nfCZjzT-prcYKIn7eNAkzTt4zorBiDi3jkNVxuHQ4fj4cxmT86btGbjs [20 มิถุนายน 2565]

ลงทุนแมน, 2561, ดัชนี Dow Jones / S&P 500 / Nasdaq แตกต่างกันอย่างไร?[ออนไลน์], แหล่งข้อมูล: http://www.longtunman.com/10998 [20 มิถุนายน 2565]