

การวิเคราะห์การซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยโดยใช้เส้น  
สัญญาณตัดแปลงและการอนุมานค่าน้ำหนักการซื้อขายด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซี่

ANALYSIS OF STOCK TRADING IN STOCK EXCHANGE OF  
THAILAND WITH THE MODIFIED SIGNAL LINE AND TRADING  
WEIGHT INFERENCE USING FUZZY LOGIC



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของวารสารศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา ๒๕๕๘

การวิเคราะห์การซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยโดยใช้เส้น  
สัญญาณตัดแปลงและการอนุมานค่าน้ำหนักการซื้อขายด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซี

ANALYSIS OF STOCK TRADING IN STOCK EXCHANGE OF  
THAILAND WITH THE MODIFIED SIGNAL LINE AND TRADING  
WEIGHT INFERENCE USING FUZZY LOGIC




พิพรรณ สำเภากิจ  
สุวิวรรณ น้อยอิม  
อรรธรณ ถาวรชน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2556

ANALYSIS OF STOCK TRADING IN STOCK EXCHANGE OF  
THAILAND WITH THE MODIFIED SIGNAL LINE AND TRADING  
WEIGHT INFERENCE USING FUZZY LOGIC

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a large, circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are two traditional Thai stupas (chedis) flanking a central, more ornate structure. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The text on the left side reads 'สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' and the text on the right side reads 'สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง'.

PIPAT SAMPAOKIT  
SUREEWAN NOY-IM  
ORAWUN THAVONCHON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED MATHEMATICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาในเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

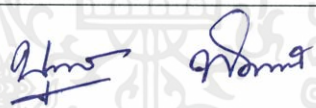


ACADEMIC YEAR 2013

หัวข้อปัญหาพิเศษ การวิเคราะห์การซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยโดยใช้  
เส้นสัญญาณตัดแปลงและการอนุมานค่าน้ำหนักการซื้อขายด้วย  
ตรรกศาสตร์ฟัซซี  
Analysis of stock trading in Stock Exchange of Thailand with the  
modified Signal Line and trading weight inference  
using fuzzy logic

ชื่อนักศึกษา นายพิพรรธน์ สำเภากิจ 53050049  
นางสาวสุวีวรรณ น้อยอิม 53050127  
นางสาวอรวรรณ ถาวรชน 53050138

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตร คณิตศาสตร์ประยุกต์  
ปีการศึกษา 2556  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.วิชัย วิทยาเกียรติเลิศ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)  
ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร.พันธินี พงศ์สัมพันธ์ กรรมการ	
อาจารย์ ดร.วิชัย วิทยาเกียรติเลิศ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การวิเคราะห์การซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยโดยใช้ เส้นสัญญาณดัดแปลงและการอนุมานค่าน้ำหนักการซื้อขายด้วย ตรรกศาสตร์ฟัซซี	
	ANALYSIS OF STOCK TRADING IN STOCK EXCHANGE OF THAILAND WITH THE MODIFIED SIGNAL LINE AND TRADING WEIGHT INFERENCE USING FUZZY LOGIC	
ชื่อนักศึกษา	นายพิพรรธน์ สำเภากิจ	53050049
	นางสาวสุวีรวรรณ น้อยอ้อม	53050127
	นางสาวอรรวรรณ ถาวรชน	53050138
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
หลักสูตร	คณิตศาสตร์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.วิชัย วิทยาเกียรติเลิศ	

### บทคัดย่อ

MACD เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค ด้วยความสามารถให้สัญญาณซื้อขายที่ให้ผลกำไรได้เมื่อได้รับการปรับปรุงหรือใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่นอย่างเหมาะสม แต่ตัว MACD แบบดั้งเดิมเองนั้นให้อัตราความสำเร็จต่ำเพราะให้สัญญาณซื้อขายซ้ำ

ปัญหาพิเศษนี้ได้นำเสนอวิธีที่จะทำให้ MACD สามารถให้สัญญาณซื้อขายก่อนสัญญาณเดิม โดยใช้เส้นสัญญาณดัดแปลงที่ใช้ข้อมูลจากค่าความมั่นใจในการตีความว่า จุดเวลาหนึ่งๆ เป็นจุดที่ MACD มีค่าต่ำสุดหรือสูงสุดในคาบหนึ่งๆ นอกจากนี้ได้เสนอแนวทางการซื้อขายด้วยค่าน้ำหนักการซื้อขายที่อนุมานโดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี ซึ่งสามารถปรับปรุงให้วิธีที่ใช้เส้นสัญญาณดัดแปลงมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

เราทดสอบวิธีการดังกล่าวด้วยข้อมูลราคาหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในดัชนี SET-100 และพบว่าวิธีการดังกล่าวมีอัตราความสำเร็จสูงกว่า MACD แบบดั้งเดิม และอัตรากำไรสูงกว่า MACD แบบปรับปรุงบางวิธีที่มีผู้คิดค้นมาก่อนหน้า

คำสำคัญ : MACD ตรรกศาสตร์ฟัซซี ระบบซื้อขาย การวิเคราะห์เชิงเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Problem Title	ANALYSIS OF STOCK TRADING IN STOCK EXCHANGE OF THAILAND WITH THE MODIFIED SIGNAL LINE AND TRADING WEIGHT INFERENCE USING FUZZY LOGIC	
Students	Mr. Pipat Sampaokit	53050049
	Ms. Sureewan Noy-im	53050127
	Ms. Orawun Thavonchon	53050138
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Applied Mathematics	
Academic Year	2013	
Advisor	Dr. Wichai Witayakittilord	

### ABSTRACT

MACD is a well-known tool in Technical Analysis due to its successes of producing profitable buy/sell signals when being appropriately modified or used in combination with other tools. The simple and original usage of MACD itself has the very low success rate; one of the reasons due to its nature of being a trend-following indicator.

This project presents a solution that let the MACD give buy/sell signals before its actual signals by mean of the newly modified Signal Line based on the level of certainty in an interpretation that a point is the lowest or highest of MACD in a period. In addition, an improvement of the proposed method is developed by using fuzzy logic to infer the trading weight for each buy/sell signal.

By testing the proposed method with the stock prices data in SET-100 index and comparing with the original MACD and some existing methods, the result yields the higher success rate and profit rate than the original MACD, and outperforms some existing methods in term of profit rate.

**Keywords :** MACD, Fuzzy Logic, Trading System, Technical Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.วิชัย วิทยาเกียรติเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้จัดทำตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของ อาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ อันเกิดจากปัญหาพิเศษนี้ ขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมใน การช่วยเหลือ และขอน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยรักและเมตตา

พิพรรธน์ สำเภากิจ  
สุรวิรรณ น้อยอิม  
อรรรรณ ถาวรชน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ฟิสิกส์เซต	4
2.2 ประพจน์แบบฟิสิกส์	6
2.3 ค่าความจริงของประพจน์แบบฟิสิกส์	7
2.4 ประพจน์เงื่อนไขแบบฟิสิกส์	8
2.5 การอนุมานใจประพจน์เงื่อนไขแบบฟิสิกส์	8
2.6 กฎฟิสิกส์	10
2.7 การอนุมานในกฎฟิสิกส์	10
2.8 จุดศูนย์กลางถ่วง (Center Of Gravity)	11
2.9 การอนุมานผลลัพธ์ด้วยตรรกศาสตร์ฟิสิกส์	13
2.10 ลำดับราคาและลำดับของจุดเวลา	14
2.11 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Moving Average)	14
2.12 MACD (Moving Average Convergence Divergence)	15
2.13 จุดตัดขึ้นและจุดตัดลง	16
2.14 วิธีการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD แบบดั้งเดิม	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อตกลงการใช้งาน และต้องเข้าถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.15 อัตรากำไรและอัตราความสำเร็จ	18
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
<b>บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินงาน</b>	<b>20</b>
3.1 ภาพรวมของงานวิจัย	20
3.2 คาบการซื้อขาย	22
3.3 การซื้อขายหนึ่งรอบ	23
3.4 การซื้อขายโดยรวมในคาบ	24
3.5 อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ย	25
3.6 สมมติฐานและข้อกำหนดเพิ่มเติม	25
3.7 วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม	27
3.8 วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1	29
3.9 วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2	31
3.10 เส้นสัญญาณตัดแปลง	32
3.11 วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	36
3.12 สัญญาณจริงและสัญญาณหลอก	38
3.13 การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	39
3.14 ค่าความมั่นใจสัญญาณจริง	40
3.15 ข้อมูลที่ใช้ในการอนุมานค่าความมั่นใจสัญญาณจริง	42
3.16 กฎฟิชซี	47
3.17 ตัวอย่างการอนุมานค่าความมั่นใจสัญญาณจริง และการแปลงค่าความมั่นใจสัญญาณจริงเป็นค่าน้ำหนักการซื้อขาย	48
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน</b>	<b>55</b>
4.1 ผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	55
4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง โดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	56
4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายต่างๆ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลงานวิจัย	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับสำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขาย	60
ภาคผนวก ข วิธีใช้รหัสต้นฉบับสำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขาย	93
ข.1 ความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรม	93
ข.2 การเตรียมข้อมูล	95
ข.3 การทดสอบกับหุ้นรายตัว	97
ข.4 การทดสอบกับหุ้นใน SET-100	98
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบกับหุ้นรายตัว	99
ค.1 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม	99
ค.2 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1	103
ค.3 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2	107
ค.4 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	111
ค.5 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง โดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของความเร็วยนต์ในฟัชซีเซต	5
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซตของ ค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วยนต์	6
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงที่ได้จากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัชซี (R1)	9
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงที่ได้จากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัชซี (R2)	9
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม	11
รูปที่ 2.6 จุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม	13
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกราฟราคาหุ้นเทียบกับเวลา	14
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างกราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของราคาหุ้น	15
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกราฟเส้น MACD และเส้นสัญญาณของราคาหุ้น	16
รูปที่ 2.10 รูปแสดงจุดตัดขึ้น	17
รูปที่ 2.11 รูปแสดงจุดตัดลง	17
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างกราฟแสดงจุดเข้าซื้อและจุดขายของการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD แบบดั้งเดิม	18
รูปที่ 3.1 รูปแสดงข้อสังเกตว่าการเลื่อนสัญญาณซื้อขายไปก่อนหน้าจุดตัดเพียงเล็กน้อยจะส่งผล ต่ออัตรากำไรและอัตราความสำเร็จที่เพิ่มขึ้น	20
รูปที่ 3.2 รูปแสดงเส้นสัญญาณตัดแปลง	21
รูปที่ 3.3 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบ วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกับหุ้น KBANK	28
รูปที่ 3.4 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 กับหุ้น KBANK	30
รูปที่ 3.5 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR2 กับหุ้น KBANK	32
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟเส้นสัญญาณตัดแปลง	36
รูปที่ 3.7 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบ วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับหุ้น KBANK	37
รูปที่ 3.8 รูปแสดงตัวอย่างสัญญาณหลอกจากการซื้อขายโดยใช้เส้นสัญญาณตัดแปลง	39
รูปที่ 3.9 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าความมั่นใจสัญญาณจริง	41
รูปที่ 3.10 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต MIN-CONFIDENCE	43
รูปที่ 3.11 รูปแสดงแนวคิดการแบ่งค่าของเส้น MACD ออกเป็นสามระดับ	44
รูปที่ 3.12 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าของเส้น MACD	46
รูปที่ 3.13 รูปแสดงจุดซื้อขายจากการทดสอบระบบซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับหุ้น MCOT	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.14 รูปแสดงค่าขอบเขตการซื้อและค่าขอบเขตการขายที่กำหนดโดย จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของคาบก่อนหน้า	50
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบพีชซี (R1)	51
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบพีชซี (R2)	52
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบพีชซี (R3)	53
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม	53
รูปที่ 3.19 รูปแสดงจุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม	54
รูปที่ ข.1 รูปแสดงโครงสร้างการจัดเก็บรหัสต้นฉบับและข้อมูลราคา	93
รูปที่ ข.2 รูปแสดงการเปิดโปรแกรม IPython ด้วยโดยการคลิกเมาส์ขวาที่เดสก์ทอปใน ระบบปฏิบัติการ Windows	94
รูปที่ ข.3 รูปโปรแกรม IPython หลังจากป้อนคำสั่งเคลื่อนย้ายพื้นที่การทำงาน	94
รูปที่ ข.4 กราฟของลำดับราคา MACD เส้นสัญญาณ และเส้นสัญญาณตัดแปลง	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ	3
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างการเพิ่มเงินลงทุน ในการซื้อขายแต่ละรอบตามสมมติฐาน (H1)	26
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบ วิธีการซื้อ MACD แบบดั้งเดิมกับหุ้น KBANK	29
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อ MACDR1 กับหุ้น KBANK	30
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบ วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับหุ้น KBANK	38
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบ วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	49
ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบระบบซื้อขายด้วย เส้นสัญญาณตัดแปลงที่ใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	49
ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงข้อมูลที่เป็นในตัวอย่างการอนุมานสัญญาณจริง	50
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	55
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย เส้นสัญญาณตัดแปลงโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	56
ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD ในวิธีต่างๆ	57
ตารางที่ ก.1 ตารางอธิบายจุดประสงค์ในการทำงานของไฟล์รหัสต้นฉบับ	61
ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ data.py	62
ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ ema.py	62
ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ macd.py	63
ตารางที่ ก.5 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ modifiedsignalline.py	63
ตารางที่ ก.6 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ basic.py	65
ตารางที่ ก.7 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ plot.py	67
ตารางที่ ก.8 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ fuzzy.py	69
ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest_originalmacd.py	76
ตารางที่ ก.10 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest_macdr1.py	78
ตารางที่ ก.11 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest_macdr2.py	81
ตารางที่ ก.12 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest_modifiedsignalline.py	83
ตารางที่ ก.13 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest_modsigtradingweight.py	86
ตารางที่ ก.14 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ main.py	89

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ค.1 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม	99
ตารางที่ ค.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1	103
ตารางที่ ค.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR3	107
ตารางที่ ค.4 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง	111
ตารางที่ ค.5 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง โดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก	115



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การซื้อขายหุ้นมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้นักลงทุนตัดสินใจซื้อขายหุ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ เช่น ภาวะเศรษฐกิจ ผลประกอบการของบริษัท และปัจจัยอื่นๆอีกมากมายที่เราไม่สามารถคาดการณ์ได้ ปัจจัยเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้นในแต่ละวันที่ไม่แน่นอน ซึ่งนักลงทุนใช้ราคาหุ้นดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของการซื้อขายหุ้นในตลาด เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

MACD (Moving Average Convergence Divergence) เป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้วัดแนวโน้มของราคาหุ้นและกำหนดสัญญาณซื้อขายที่นิยมใช้ช่วยในการวิเคราะห์เชิงเทคนิค แต่ MACD มีข้อด้อยคือการให้สัญญาณซื้อขายล่าช้า อันเป็นจุดอ่อนที่ทำให้มีอัตราความสำเร็จในการเก็งกำไรต่ำเพียง 32.73% [1] ด้วยเหตุนี้ นักลงทุนจึงจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีใช้ MACD หรือนำไปใช้ร่วมกับเครื่องมืออย่างอื่น เช่น Gunter Meissner ได้เสนอ MACD แบบปรับปรุงเรียกว่า MACDR1 และ MACDR2 [1]

จากการพิจารณารูปของ MACD เทียบกับราคาหุ้น เราสังเกตว่าบ่อยครั้งที่การเข้าซื้อขายก่อนหน้าสัญญาณซื้อขายของ MACD เพียงเล็กน้อยจะมีผลให้อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเพิ่มขึ้น เราจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุง MACD ให้ส่งสัญญาณซื้อขายได้เร็วขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1.2.1 เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ MACD

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความรู้เรื่องตรรกศาสตร์ฟัชซิม่าช่วยในการซื้อขายหุ้น

### 1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1.3.1 จะปรับปรุงประสิทธิภาพของ MACD โดยพัฒนาให้ MACD สามารถส่งสัญญาณซื้อขายได้เร็วขึ้น

1.3.2 จะนำวิธีที่ปรับปรุงใหม่มาทดสอบกับหุ้นแต่ละตัวในกลุ่ม SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 โดยเปรียบเทียบกับวิธี MACD แบบดั้งเดิม และ MACDR1-MACDR2 ของ Gunter Meissner และคณะ [1]

1.3.3 การวัดประสิทธิภาพของ MACD แต่ละชนิดจะวัดด้วยอัตราความสำเร็จและอัตรากำไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **เฉลี่ย** ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถนำ MACD แบบปรับปรุงใหม่ไปใช้ช่วยตัดสินใจในการลงทุนซื้อขายหุ้น
- 1.4.2 MACD แบบปรับปรุงใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่า และสามารถใช้แทน MACD แบบดั้งเดิมได้

## 1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีฟิซซีและการซื้อขายหุ้น
- 1.5.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ MACD และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.3 วิเคราะห์และทดสอบการซื้อขายหุ้นตามวิธี MACD แบบดั้งเดิมและวิธีที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.4 ออกแบบวิธีการปรับปรุง MACD ที่สามารถให้สัญญาณซื้อขายที่เร็วกว่าวิธีแบบดั้งเดิม
- 1.5.5 ทดสอบวิธีการที่ปรับปรุงใหม่และเปรียบเทียบกับวิธีแบบดั้งเดิมและวิธีที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.6 จัดทำรายงาน

## 1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ปัญหาพิเศษใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 8 เดือนตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ

การดำเนินงาน	ระยะเวลา							
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีฟิชชีและการซื้อขายหุ้น	↔							
2.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ MACD และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔	↔						
3.วิเคราะห์และทดสอบการซื้อขายหุ้นตามวิธี MACD แบบดั้งเดิมและวิธีที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		↔	↔	↔	↔			
4.ออกแบบวิธีการปรับปรุง MACD ที่สามารถให้สัญญาณซื้อขายที่เร็วกว่าวิธีแบบดั้งเดิม			↔	↔	↔	↔		
5.ทดสอบวิธีการที่ปรับปรุงใหม่และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีแบบดั้งเดิมและวิธีที่ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง				↔	↔	↔		
6.จัดทำรายงาน						↔	↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ฟัชซีเซต

นิยามที่ 2.1 ให้  $X$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง ฟัชซีเซต  $A$  บน  $X$  คือคู่อันดับ  $(X, \mu_A)$  โดยที่  $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$  เรียก  $\mu_A$  ว่า ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าความเป็นสมาชิกในฟัชซีเซต  $A$  ให้แก่สมาชิกแต่ละตัวใน  $X$  และเรียก  $X$  ว่า เป็นเอกภพสัมพัทธ์ หรือ โดเมน (domain) ของ  $A$

ฟัชซีเซตนิยามกำหนดคู่กับคำในภาษาธรรมชาติที่สื่อความหมายของเซตตามที่มนุษย์เข้าใจ เรียกว่า ตัวแปรภาษา (linguistic variable) ดังตัวอย่างที่ 2.1

#### ตัวอย่างที่ 2.1

ให้  $X = \mathbb{R}^+$  เป็นเซตของความเร็วรถยนต์ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และ  $x \in X$  กำหนดฟัชซีเซต 2 เซตดังนี้

- (1) ฟัชซีเซต  $\mathcal{F}$  หรือแทนด้วยตัวแปรภาษา FAST เป็นฟัชซีเซตของความเร็วรถยนต์ที่จัดว่า “เร็ว” ซึ่งมีนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังนี้

$$\mu_{\mathcal{F}}(x) = \begin{cases} 1 & , x > 80 \\ \frac{x-40}{80-40} & , 40 \leq x \leq 80 \\ 0 & , x < 40 \end{cases}$$

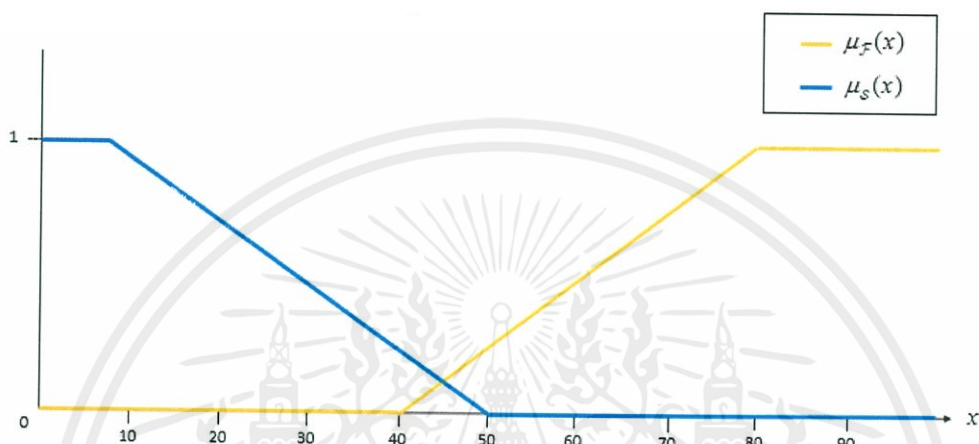
จำนวน 80 และ 40 เป็นค่าที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามแต่จะเห็นควร ในที่นี้ถือว่าความเร็วมากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นความเร็วที่จัดว่าเร็วอย่างแน่นอน (ค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1) ในขณะที่ความเร็วตั้งแต่ 40 ถึง 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีความคลุมเครือที่จะจัดว่าเร็วจึงมีค่าความเป็นสมาชิกในฟัชซีเซต  $\mathcal{F}$  อยู่ในช่วง  $[0,1]$

- (2) ฟัชซีเซต  $\mathcal{S}$  หรือแทนด้วยตัวแปรภาษา SLOW เป็นฟัชซีเซตของความเร็วรถยนต์ที่จัดว่า “ช้า” ซึ่งมีนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 1 & , x < 10 \\ \frac{50-x}{50-10} & , 10 \leq x \leq 50 \\ 0 & , x > 50 \end{cases}$$

ในการทำงานเดียวกัน จะถือว่าความเร็วตั้งแต่ 10 ถึง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นความเร็วที่จัดว่าช้าด้วยความมั่นใจในการตีความในช่วง  $[0,1]$



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของความเร็วรถยนต์ในฟัชซีเซต  
เส้นสีส้มคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของความเร็วรถยนต์ในฟัชซีเซต FAST  
เส้นสีฟ้าคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของความเร็วรถยนต์ในฟัชซีเซต SLOW

### ตัวอย่างที่ 2.2

ในการขับซีรยนต์ให้วิ่งด้วยความเร็วค่าหนึ่งที่ต้องการ ถ้าความเร็วปัจจุบันของรถยนต์น้อยกว่าความเร็วที่ต้องการ ผู้ขับซีจะต้องเพิ่มน้ำหนักลงบนคันเร่ง หรือ “เหยียบคันเร่ง” เพื่อเร่งให้รถวิ่งเร็วขึ้น แต่ถ้าความเร็วปัจจุบันของรถยนต์มากกว่าความเร็วที่ต้องการ ผู้ขับซีจะต้องเพิ่มน้ำหนักลงบนคันเบรก หรือ “เหยียบเบรก” เพื่อหน่วงให้รถวิ่งช้าลง และโดยปกติการควบคุมคันเร่งและคันเบรกจะไม่ทำพร้อมกัน กล่าวคือ “จะไม่มีเหยียบคันเร่งพร้อมกับเหยียบเบรก”

ให้  $Z = [-1,1]$  เป็นเซตของค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วรถยนต์ โดย 0 หมายถึงการไม่ใส่น้ำหนักใดๆ ลงบนทั้งคันเร่งและคันเบรก 1 หมายถึงการเพิ่มน้ำหนักลงบนคันเร่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และ  $-1$  หมายถึงการเพิ่มน้ำหนักลงบนคันเบรกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และสำหรับทุก  $z \in Z$  กำหนดฟัชซีเซตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) ฟัชซีเซต  $A$  หรือแทนด้วยตัวแปรภาษา ACCELERATING เป็นฟัชซีเซตของค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วรถยนต์ที่หมายถึง “การเร่ง” ซึ่งมีนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังนี้

$$\mu_A(z) = \begin{cases} z & , 0 < z \leq 1 \\ 0 & , -1 \leq z \leq 0 \end{cases}$$

- (2) ฟัชซีเซต  $D$  หรือแทนด้วยตัวแปรภาษา DECELERATING เป็นฟัชซีเซตของค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วรถยนต์ที่หมายถึง “การเบรก” ซึ่งฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนิยามดังนี้

$$\mu_D(z) = \begin{cases} 0 & , 0 \leq z \leq 1 \\ -z & , -1 \leq z < 0 \end{cases}$$



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซตของค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วรถยนต์

เส้นสีส้มคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต ACCELERATING  
เส้นสีฟ้าคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต DECELERATING

## 2.2 ประพจน์แบบฟัชซี

นิยามที่ 2.2 ให้  $X$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง โดยที่  $x \in X$  และให้  $A$  เป็นฟัชซีเซตใดๆ บน  $X$  และ  $A$  แทนตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟัชซีเซต  $A$  จะเรียกประโยคที่อยู่ในรูป

$$x \text{ IS } A$$

หรือประโยคที่เกิดจากประโยคในรูปดังกล่าวมากกว่าหนึ่งประโยคที่เชื่อมกันด้วยคำเชื่อม AND หรือ OR ว่า ประพจน์แบบฟัชซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างที่ 2.3

กำหนดฟuzzyเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และ ตัวอย่างที่ 2.2 ประโยคต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างของประพจน์แบบฟuzzy

- (1)  $x$  IS FAST
- (2)  $z$  IS ACCELERATING
- (3)  $x$  IS FAST OR  $x$  IS SLOW
- (4)  $x$  IS FAST AND  $x$  IS SLOW

### 2.3 ค่าความจริงของประพจน์แบบฟuzzy

นิยามที่ 2.3 ให้  $X$  และ  $Y$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และให้  $A$  และ  $B$  เป็นฟuzzyเซตบน  $X$  และ  $Y$  ตามลำดับ โดยที่  $x \in X$  และ  $y \in Y$  และให้  $A$  และ  $B$  เป็นตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟuzzyเซต  $A$  และ  $B$  ตามลำดับ ค่าความจริงของประพจน์แบบฟuzzy ในรูปแบบบางประการกำหนดดังนี้

- (1) ประพจน์แบบฟuzzyในรูป  $x$  IS  $A$  มีค่าความจริงเท่ากับ  $\mu_A(x)$
- (2) ประพจน์แบบฟuzzyในรูป  $x$  IS  $A$  AND  $y$  IS  $B$  มีค่าความจริงเท่ากับ  $\min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
- (3) ประพจน์แบบฟuzzyในรูป  $x$  IS  $A$  OR  $y$  IS  $B$  มีค่าความจริงเท่ากับ  $\max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$

### ตัวอย่างที่ 2.4

กำหนดฟuzzyเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และสมมติให้  $x = 50$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะได้ว่าค่าความจริงของประพจน์

$x$  IS FAST

มีค่าเท่ากับ

$$\mu_F(x) = \frac{50 - 40}{80 - 40} = \frac{10}{40} = 0.25$$

และค่าความจริงของประพจน์

$x$  IS SLOW

มีค่าเท่ากับ

$$\mu_S(x) = \frac{50 - 50}{50 - 10} = \frac{0}{40} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี

นิยามที่ 2.4 ให้  $Z$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และ  $C$  เป็นฟัซซีเซตบน  $Z$  โดยที่  $z \in Z$  และ  $C$  เป็นตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟัซซีเซต  $C$  และให้  $q$  เป็นประพจน์แบบฟัซซีใดๆ จะเรียกประโยคในรูป

$$\text{IF } q \text{ THEN } z \text{ IS } C$$

ว่า ประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี โดยเรียก  $q$  ว่า ประพจน์เหตุ และเรียก  $z \text{ IS } C$  ว่า ประพจน์ผล

### ตัวอย่างที่ 2.5

กำหนดฟัซซีเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และตัวอย่างที่ 2.2 ประโยคต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างของประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี

$$(R1) \text{ IF } x \text{ IS FAST THEN } z \text{ IS DECELERATING}$$

$$(R2) \text{ IF } x \text{ IS SLOW THEN } z \text{ IS ACCELERATING}$$

## 2.5 การอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี

นิยามที่ 2.5 ให้  $Z$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และ  $C$  เป็นฟัซซีเซตบน  $Z$  โดยที่  $z \in Z$  และ  $C$  เป็นตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟัซซีเซต  $C$  และให้  $q$  เป็นประพจน์แบบฟัซซีใดๆ ที่มีค่าความจริง  $T_q \in [0,1]$  การอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี

$$\text{IF } q \text{ THEN } z \text{ IS } C$$

คือการแปลงค่าความจริงของประพจน์  $q$  ไปเป็นค่าความจริงของประพจน์  $z \text{ IS } C$  สำหรับทุก  $z \in Z$  โดยการแปลงจะกำหนดโดยฟังก์ชันจาก  $Z$  ไปยังช่วง  $[0,1]$  เรียกว่า ฟังก์ชันค่าความจริง และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $u$  ซึ่งนิยามโดย

$$u(z) = \min \{T_q, \mu_C(z)\}$$

สำหรับทุก  $z \in Z$

### ตัวอย่างที่ 2.6

กำหนดฟัซซีเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และตัวอย่างที่ 2.2 สมมติให้  $x = 50$  กิโลเมตรต่อชั่วโมงและกำหนดประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซีดังนี้

$$(R1) \text{ IF } x \text{ IS FAST THEN } z \text{ IS DECELERATING}$$

$$(R2) \text{ IF } x \text{ IS SLOW THEN } z \text{ IS ACCELERATING}$$

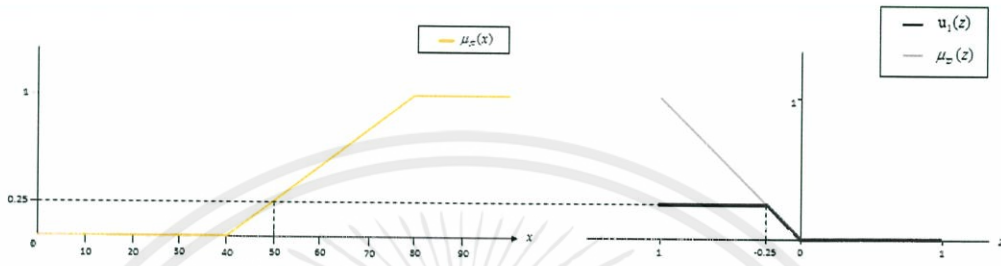
โดยให้  $u_1$  และ  $u_2$  แทนฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์ (R1) และ (R2) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็น จะได้ ารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม  $u_1(z) = \min \{\mu_F(x), \mu_D(z)\} = \min \{0.25, \mu_D(z)\}, \forall z \in Z$  ที่มีการนำไปใช้

และ

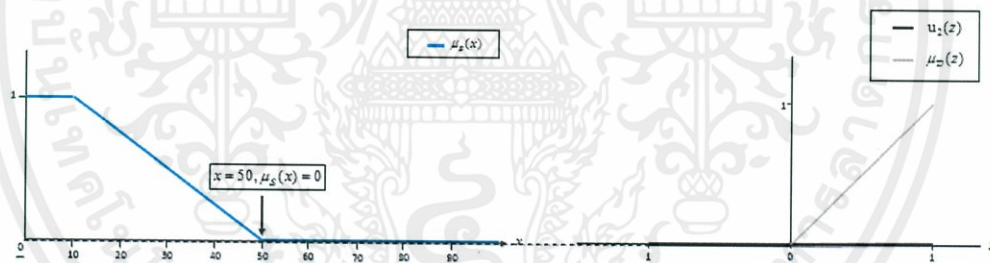
$$u_2(z) = \min \{ \mu_S(x), \mu_A(z) \} = \min \{ 0, \mu_A(z) \} = 0, \forall z \in Z$$

กราฟของฟังก์ชันค่าความจริงทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงที่ได้จากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี (R1) (ซ้าย) เส้นสีส้มคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต FAST โดยความเร็วรถยนต์ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต FAST เท่ากับ 0.25

(ขวา) เส้นสีเทาคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต DECELERATING เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_1 : u_1(z) = \min \{ 0.25, \mu_D(z) \}$



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงที่ได้จากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี (R2) (ซ้าย) เส้นสีฟ้าคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต SLOW โดยความเร็วรถยนต์ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต SLOW เท่ากับ 0

(ขวา) เส้นสีเทาคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต ACCELERATING เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_2 : u_2(z) = \min \{ 0, \mu_A(z) \} = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 กฎฟัซซี

นิยามที่ 2.6 กฎฟัซซี คือรายการของประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซีอย่างน้อย 1 ข้อ

### ตัวอย่างที่ 2.7

สมมติว่านักวิจัยต้องการสร้างระบบควบคุมความเร็วรถยนต์แบบอัตโนมัติที่สามารถควบคุมให้รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วที่ไม่ช้าและไม่เร็วจนเกินไป ระบบควบคุมจะวัดความเร็วปัจจุบันของรถยนต์และควบคุมความเร็วโดยการใส่น้ำหนักลงบนคันเบรกและคันเร่งตามความเหมาะสม

กำหนดฟัซซีเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และตัวอย่างที่ 2.2 ตัวอย่างกฎฟัซซีที่สามารถใช้สร้างระบบควบคุมความเร็วรถยนต์ดังกล่าวมีดังนี้

(R1) IF  $x$  IS FAST THEN  $z$  IS DECELERATING

(R2) IF  $x$  IS SLOW THEN  $z$  IS ACCELERATING

โดยที่  $x$  คือความเร็วปัจจุบันของรถยนต์และ  $z$  คือค่าระดับที่ใช้แทนการควบคุมความเร็วที่จะกระทำเพื่อรักษาความเร็วรถให้เป็นไปตามต้องการ เมื่อ (R1) หมายถึงให้เพิ่มน้ำหนักลงบนคันเบรกถ้าความเร็วปัจจุบันจัดว่าเร็ว และ (R2) หมายถึงให้เพิ่มน้ำหนักลงบนคันเร่งถ้าความเร็วปัจจุบันจัดว่าช้า

## 2.7 การอนุมานในกฎฟัซซี

นิยามที่ 2.7 ให้  $Z$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และ  $C$  เป็นฟัซซีเซตใดๆ บน  $Z$  โดยที่  $z \in Z$  และให้  $C$  เป็นตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟัซซีเซต  $C$  และให้  $R_1, R_2, \dots, R_n$  แทนประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซีจำนวน  $n$  ข้อในกฎฟัซซีใดๆ ที่มีประพจน์เหตุคือ  $q_1, q_2, \dots, q_n$  มีประพจน์ผลอยู่ในรูป  $z$  IS  $C$  และมีฟังก์ชันค่าความจริง  $u_1, u_2, \dots, u_n$  จากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแต่ละข้อตามลำดับ การอนุมานในกฎฟัซซี คือการแปลงค่าความจริงของประพจน์  $q_1, q_2, \dots, q_n$  ไปเป็นค่าความจริงโดยรวมของประพจน์  $z$  IS  $C$  โดยที่ค่าความจริงโดยรวมสำหรับทุก  $z \in Z$  จะกำหนดโดยฟังก์ชันจาก  $Z$  ไปยังช่วง  $[0,1]$  เรียกว่าฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\tilde{u}$  และมีการคำนวณดังนี้

$$\tilde{u}(z) = \max \{u_1(z), u_2(z), \dots, u_n(z)\}$$

สำหรับทุก  $z \in Z$

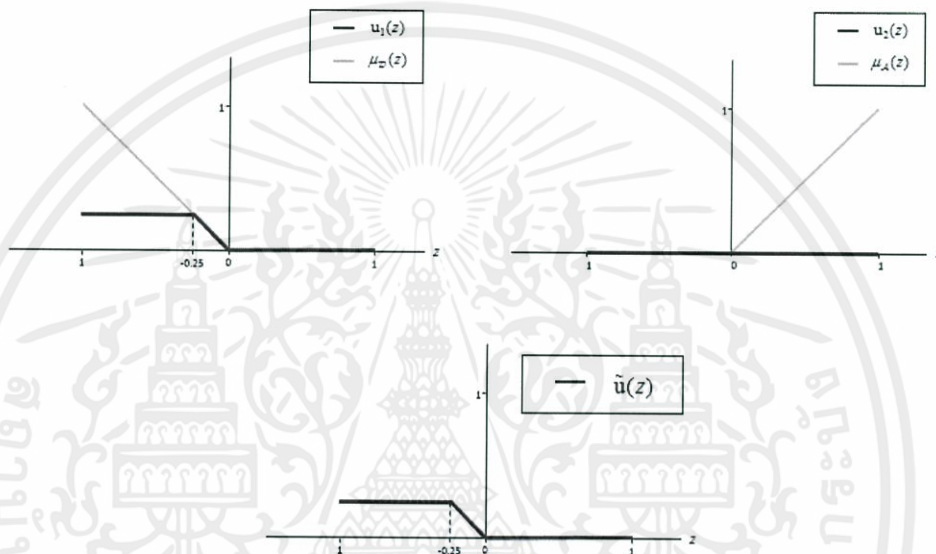
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างที่ 2.8

กำหนดฟังก์ชันเซตและสัญลักษณ์ต่างๆ ตามตัวอย่างที่ 2.1 และตัวอย่างที่ 2.2 และกำหนดกฎฟuzzyตามตัวอย่างที่ 2.7 และสมมติให้ความเร็วปัจจุบันของรถยนต์คือ  $x = 50$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ให้  $u_1$  และ  $u_2$  แทนฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์ (R1) และ (R2) ซึ่งคำนวณได้ตามตัวอย่างที่ 2.6 และให้  $\tilde{u}$  แทนฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมจากการอนุมานในกฎฟuzzyจะได้

$$\tilde{u}(z) = \max \{u_1(z), u_2(z)\} = \max \{u_1(z), 0\} = u_1(z), \forall z \in Z$$



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

(ซ้ายบน) เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_1$

(ขวาบน) เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_2$

(ล่าง) เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  $\tilde{u} : \tilde{u}(z) = \max \{u_1(z), 0\} = u_1(z)$

### 2.8 จุดศูนย์กลางถ่วง (Center Of Gravity)

นิยามที่ 2.8 ให้  $X$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และให้  $u$  เป็นฟังก์ชันใดๆ จาก  $X$  ไปยัง  $\mathbb{R}$  จุดศูนย์กลางถ่วงของฟังก์ชัน  $u$  ซึ่งจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $u^*$  คือค่าเฉลี่ยของ  $x \in X$

ถ่วงน้ำหนักด้วย  $\frac{u(x)}{\int_X u(x) dx}$  ดังสมการ

$$u^* = \frac{\int_X xu(x) dx}{\int_X u(x) dx}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 2.9 ให้  $X$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง และให้  $A$  เป็นฟังก์ชันเซตใดๆ บน  $X$  จุดศูนย์กลางถ่วงของฟังก์ชันเซต  $A$  คือจุดศูนย์กลางถ่วงของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_A$  และจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_A^*$

ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เราจะใช้การหาค่าของจุดศูนย์กลางถ่วงแบบประมาณ โดยการแบ่งโดเมน  $X$  ออกเป็น  $N > 2$  จุดได้แก่  $x_0, x_1, \dots, x_{N-1}$  โดยที่  $x_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, N-1$  คำนวณโดย

$$x_i = \inf_X + \left( \frac{\sup_X - \inf_X}{N-1} \right) i$$

โดยที่  $\inf_X$  และ  $\sup_X$  หมายถึงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดในเซต  $X$  ตามลำดับ จากนั้นค่าของจุดศูนย์กลางถ่วงของฟังก์ชันเซต  $A$  จะคำนวณได้โดย

$$\mu_A^* = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x_i \mu_A(x_i)}{\sum_{i=0}^{N-1} \mu_A(x_i)}$$

ตัวอย่างที่ 2.9

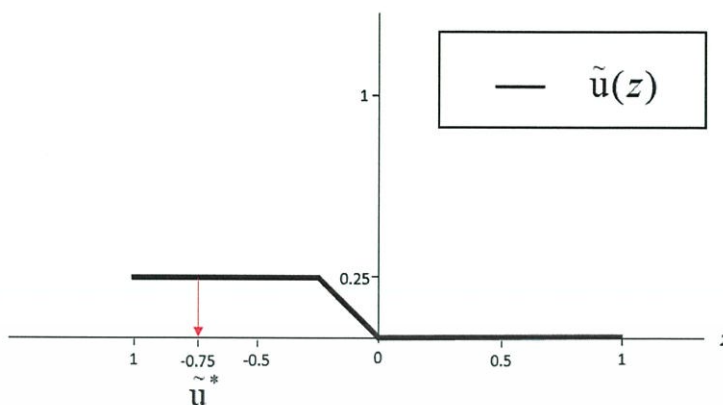
ต่อเนื่องจากตัวอย่างที่ 2.8 ให้  $\tilde{u}^*$  แทนจุดศูนย์กลางถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  $\tilde{u}$  จะคำนวณ  $\tilde{u}^*$  โดยการแบ่ง  $Z$  ออกเป็น  $N = 5$  จุดได้แก่

$$\{-1, -0.5, 0, 0.5, 1\}$$

จะได้

$$\begin{aligned} \tilde{u}^* &= \frac{-\tilde{u}(-1) - 0.5\tilde{u}(-0.5) + 0.5\tilde{u}(0.5) + \tilde{u}(1)}{\tilde{u}(-1) + \tilde{u}(-0.5) + \tilde{u}(0) + \tilde{u}(0.5) + \tilde{u}(1)} \\ &= \frac{-u_1(-1) - 0.5u_1(-0.5) + 0.5u_1(0.5) + u_1(1)}{u_1(-1) + u_1(-0.5) + u_1(0) + u_1(0.5) + u_1(1)} \\ &= \frac{-\min\{0.25, \mu_D(-1)\} - 0.5\min\{0.25, \mu_D(-0.5)\} + 0.5\min\{0.25, \mu_D(0.5)\} + \min\{0.25, \mu_D(1)\}}{\min\{0.25, \mu_D(-1)\} + \min\{0.25, \mu_D(-0.5)\} + \min\{0.25, \mu_D(0)\} + \min\{0.25, \mu_D(0.5)\} + \min\{0.25, \mu_D(1)\}} \\ &= \frac{-\min\{0.25, 1\} - 0.5\min\{0.25, 0.5\} + 0.5\min\{0.25, 0\} + \min\{0.25, 0\}}{\min\{0.25, 1\} + \min\{0.25, 0.5\} + \min\{0.25, 0\} + \min\{0.25, 0\} + \min\{0.25, 0\}} \\ &= \frac{-0.25 - 0.5(0.25) + 0.5(0) + 0}{0.25 + 0.25 + 0 + 0 + 0} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น หวังให้มีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 จุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

เส้นสีดำคือกราฟของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  
และจุดที่ปลายศรสีแดงคือจุดศูนย์ถ่วงซึ่งมีค่าเท่ากับ  $-0.75$

## 2.9 การอนุมานผลลัพธ์ด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซี

นิยามที่ 2.10 ให้  $Z$  เป็นเซตย่อยของจำนวนจริง โดยที่  $z \in Z$  และ  $c$  เป็นฟัซซีเซตใด ๆ บน  $Z$  และให้  $C$  เป็นตัวแปรภาษาที่ใช้แทนฟัซซีเซต  $c$  และให้กฎฟัซซีประกอบด้วย ประพจน์เงื่อนไขที่มีประพจน์ผลในรูปแบบ  $z \text{ IS } C$  การอนุมานผลลัพธ์ด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซี คือ การอนุมานในกฎฟัซซีและเลือกค่า  $z \in Z$  หนึ่งค่าโดยใช้ข้อมูลจากฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  $\tilde{n}: Z \rightarrow [0,1]$  ที่ได้จากการอนุมานในกฎฟัซซี

ในปัญหาพิเศษนี้จะเลือกให้  $z = \tilde{n}^*$  เมื่อ  $\tilde{n}^*$  คือจุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชัน  $\tilde{n}$

### ตัวอย่างที่ 2.10

ตัวอย่างที่ 2.1 จนถึงตัวอย่างที่ 2.7 เป็นการกำหนดฟัซซีเซตต่างๆ และกฎฟัซซีที่ใช้สำหรับสร้างระบบควบคุมความเร็วรถยนต์แบบอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 2.8 แสดงการหาฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  $\tilde{n}$  จากการอนุมานในกฎฟัซซี เมื่อกำหนดให้ความเร็วปัจจุบันของรถยนต์คือ  $x = 50$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตัวอย่างที่ 2.9 แสดงการคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วง  $\tilde{n}^*$  ของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมซึ่งได้ผลลัพธ์คือ  $\tilde{n}^* = -0.75$  ดังนั้นจึงสามารถเลือกผลลัพธ์  $z \in Z$  หนึ่งค่าจากการอนุมานดังกล่าว โดยให้มีค่าเท่ากับจุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

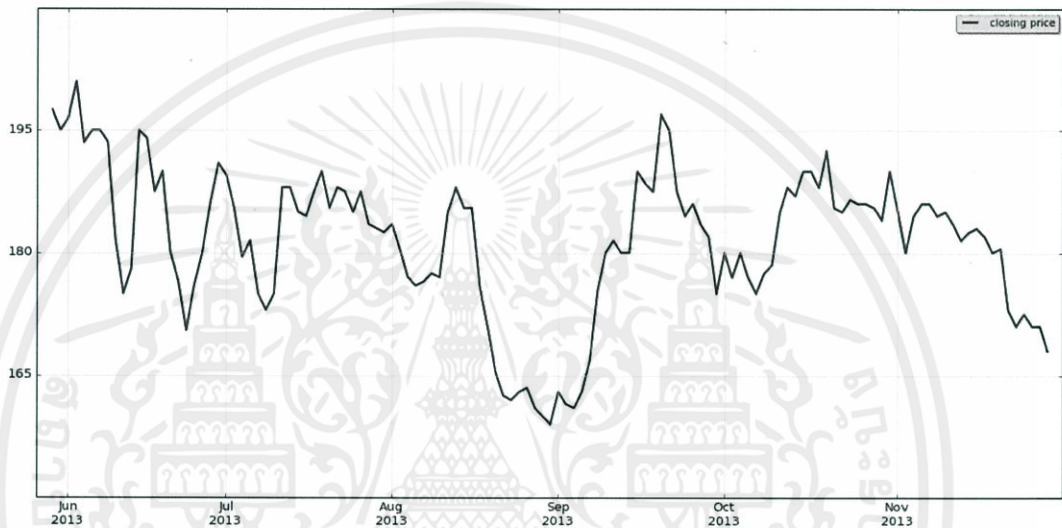
$$z = \tilde{n}^* = -0.75$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหมายถึงให้ทำการเพิ่มน้ำหนักลงบนคันเบรกเท่ากับสามในสี่ส่วนของน้ำหนักทั้งหมด กล่าวคือ “เหยียบเบรกจนเกือบสุด” เพื่อหวังให้รถวิ่งช้าลง เพราะความเร็วปัจจุบัน  $x = 50$  กิโลเมตรต่อ ชั่วโมงนั้นจัดได้ว่าเร็ว

## 2.10 ลำดับราคาและลำดับของจุดเวลา

นิยามที่ 2.11 ให้  $(\tau) = (t_1, t_2, \dots, t_n)$  เป็นลำดับของจุดเวลาทั้งหมดที่มีการเก็บข้อมูล และ ให้  $(p) = (p_{t_i})$  แทนลำดับของราคาหุ้น ณ จุดเวลา  $t_i \in (\tau)$



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกราฟราคาหุ้นเทียบกับเวลา

แสดงราคาปิด (เส้นสีดำ) รายวันของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 30 พฤษภาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 แกนนอนคือเวลา แกนตั้งคือราคา

## 2.11 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Moving Average)

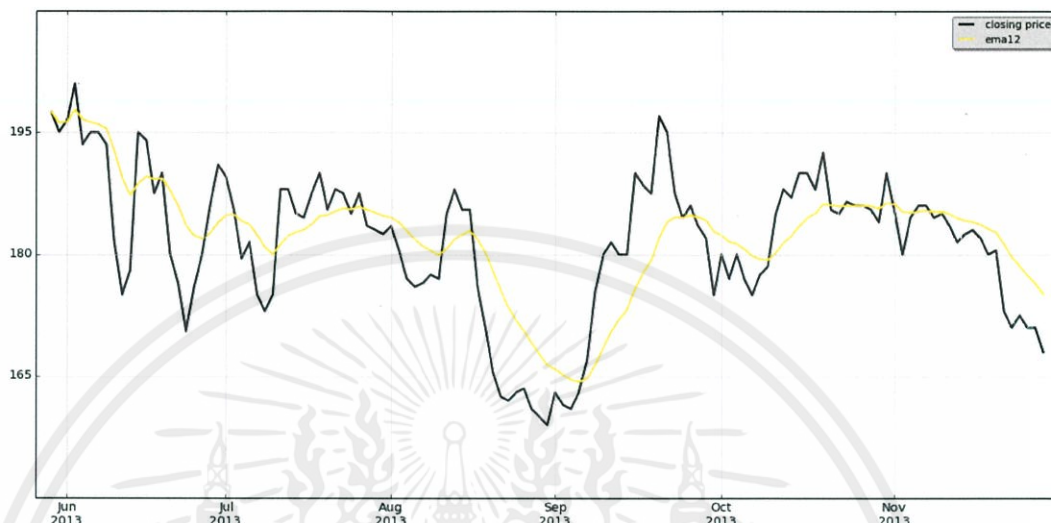
นิยามที่ 2.12 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ  $n$  จุดเวลา ของราคาหุ้น ณ จุดเวลา  $t_i \in (\tau)$  จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $EMA_n^{price}(t_i)$  และคำนวณดังนี้

$$EMA_n^{price}(t_i) = \sum_{j=0}^{i-1} \alpha_n (1 - \alpha_n)^j p_{t_{i-j}}$$

เมื่อ  $\alpha_n = \frac{2}{n+1}$  และ  $n \geq 2$  เป็นจำนวนเต็มแทนจำนวนจุดเวลาล่าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลราคาต่างๆ จุดเวลาโดยถ่วงน้ำหนักให้แก่ข้อมูลล่าสุดมากที่สุด โดยที่  $n$  เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับระยะเวลาของค่าเฉลี่ย กล่าวคือน้ำหนักประมาณ 86% จะถูกถ่วงให้กับข้อมูล  $n$  จุดเวลาล่าสุด



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างกราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของราคาหุ้น แสดงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (เส้นสีส้ม) ด้วยพารามิเตอร์  $n = 12$  ของราคาปิด (เส้นสีดำ) รายวันของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 30 พฤษภาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

## 2.12 MACD (Moving Average Convergence Divergence)

นิยามที่ 2.13 MACD หรือเส้น MACD คือลำดับผลต่างของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองลำดับที่มีค่าพารามิเตอร์  $n_1$  และ  $n_2$  ที่ซึ่ง  $n_1 < n_2$  เขียนแทนด้วย  $(m) = (m_t | t_i \in (\tau))$  โดยที่

$$m_t = EMA_{n_1}^{price}(t_i) - EMA_{n_2}^{price}(t_i)$$

การใช้ เส้น MACD ในการซื้อขายหุ้นจะต้องใช้ร่วมกับลำดับอีกลำดับหนึ่งเรียกว่า เส้นสัญญาณ ซึ่งคือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลของ เส้น MACD

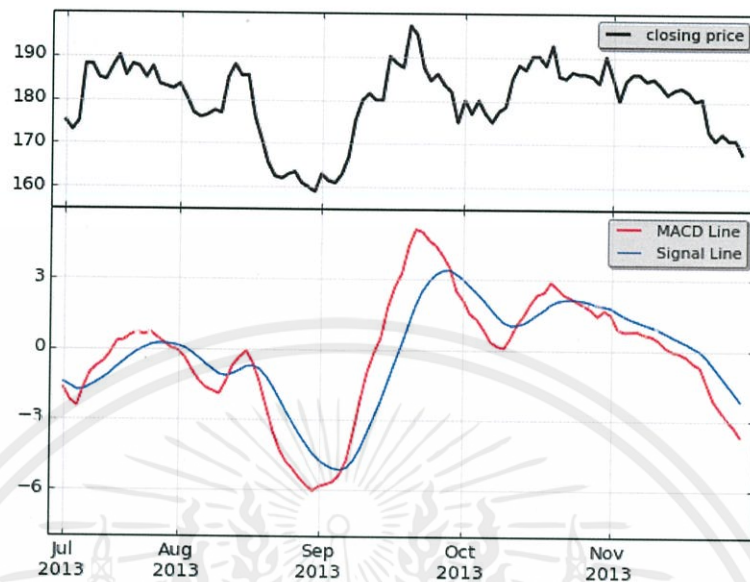
นิยามที่ 2.14 ให้  $(s) = (s_t | t_i \in (\tau))$  แทนลำดับของเส้นสัญญาณ โดยที่

$$s_t = EMA_{n_3}^{MACD}(t_i)$$

$$\text{เมื่อ } EMA_{n_3}^{MACD}(t_i) = \sum_{j=0}^{i-1} \alpha_{n_3} (1 - \alpha_{n_3})^j m_{t_i-j}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัญหาพิเศษนี้จะกำหนดค่าพารามิเตอร์  $n_1 = 12$   $n_2 = 26$  และ  $n_3 = 9$



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกราฟเส้น MACD และเส้นสัญญาณของราคาหุ้น แสดงกราฟของเส้น MACD (เส้นสีแดง) ด้วยพารามิเตอร์  $n_1 = 12$ ,  $n_2 = 26$  และ เส้นสัญญาณ (เส้นสีน้ำเงิน) ด้วยพารามิเตอร์  $n_3 = 9$  ของราคาปิด (เส้นสีดำ) รายวันของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

### 2.13 จุดตัดขึ้นและจุดตัดลง

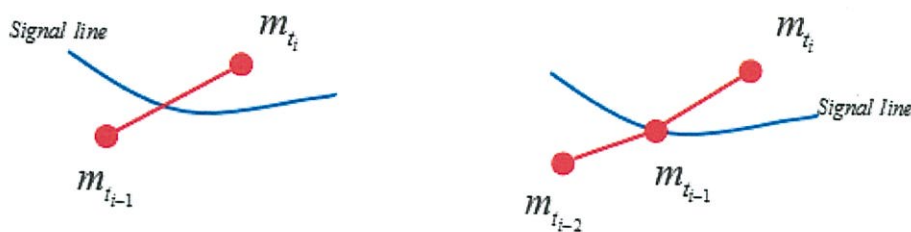
นิยามที่ 2.15 จุดตัดขึ้น ที่  $k$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t^{\uparrow k}$  คือจุดเวลา  $t_i \in (\tau)$  จุดที่  $k$  ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- 1)  $m_{t_i} > s_{t_i}$  และ  $m_{t_{i-1}} < s_{t_{i-1}}$
- 2)  $m_{t_i} > s_{t_i}$  และ  $m_{t_{i-1}} = s_{t_{i-1}}$  และ  $m_{t_{i-2}} < s_{t_{i-2}}$

นิยามที่ 2.16 จุดตัดลง ที่  $k$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t^{\downarrow k}$  คือจุดเวลา  $t_i \in (\tau)$  จุดที่  $k$  ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- 1)  $m_{t_i} < s_{t_i}$  และ  $m_{t_{i-1}} > s_{t_{i-1}}$
- 2)  $m_{t_i} < s_{t_i}$  และ  $m_{t_{i-1}} = s_{t_{i-1}}$  และ  $m_{t_{i-2}} > s_{t_{i-2}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 รูปแสดงจุดตัดขึ้น

เส้นสีฟ้าคือเส้นสัญญาณ และเส้นสีแดงคือเส้น MACD โดยจุดกลมสีแดงคือค่าของเส้น MACD ณ เวลาต่างๆ

(ซ้าย) กรณีที่ค่าของเส้น MACD ณ เวลา  $t$ , มากกว่าเส้นสัญญาณ และค่าของเส้น MACD ในวันก่อนหน้านั้นน้อยกว่าเส้นสัญญาณ จะเรียก  $t$  ว่าเป็นจุดตัดขึ้น

(ขวา) กรณีที่ค่าของเส้น MACD ณ เวลา  $t$ , มากกว่าเส้นสัญญาณ แต่ค่าของเส้น MACD ในวันก่อนหน้าเท่ากับเส้นสัญญาณพอดี จะต้องพิจารณารวันก่อนหน้าอีกวันหนึ่งว่าเส้น MACD มีค่าน้อยกว่าเส้นสัญญาณจึงจะเรียก  $t$  ว่าเป็นจุดตัดขึ้นได้



รูปที่ 2.11 รูปแสดงจุดตัดลง

เส้นสีฟ้าคือเส้นสัญญาณ และเส้นสีแดงคือเส้น MACD โดยจุดกลมสีแดงคือค่าของเส้น MACD ณ เวลาต่างๆ

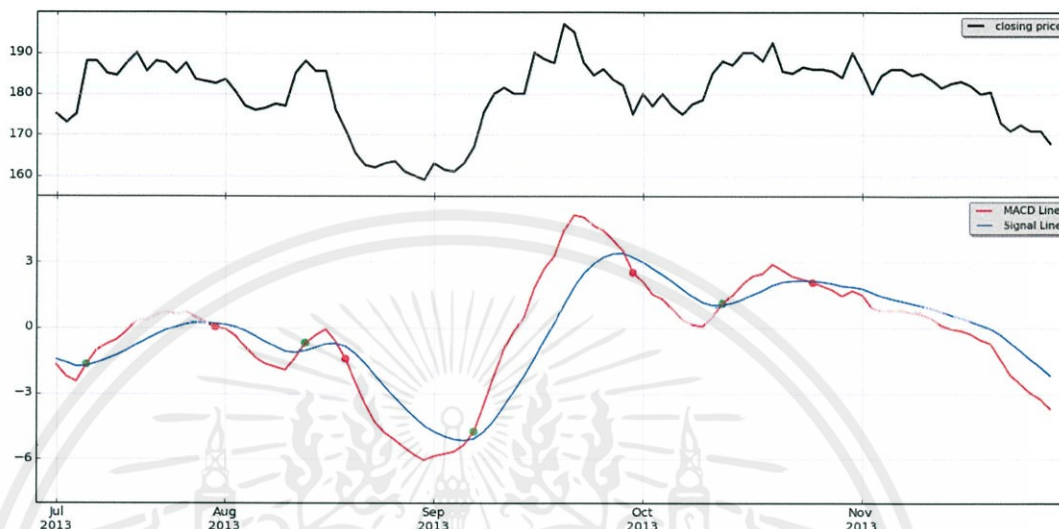
(ซ้าย) กรณีที่ค่าของเส้น MACD ณ เวลา  $t$ , น้อยกว่าเส้นสัญญาณ และค่าของเส้น MACD ในวันก่อนหน้ามากกว่าเส้นสัญญาณ จะเรียก  $t$  ว่าเป็นจุดตัดลง

(ขวา) กรณีที่ค่าของเส้น MACD ณ เวลา  $t$ , น้อยกว่าเส้นสัญญาณ แต่ค่าของเส้น MACD ในวันก่อนหน้าเท่ากับเส้นสัญญาณพอดี จะต้องพิจารณารวันก่อนหน้าอีกวันหนึ่งว่าเส้น MACD มีค่ามากกว่าเส้นสัญญาณจึงจะเรียก  $t$  ว่าเป็นจุดตัดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.14 วิธีการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD แบบดั้งเดิม

วิธีการซื้อขายแบบดั้งเดิมโดยการใช้เส้น MACD และเส้นสัญญาณ คือการเข้าซื้อ ณ จุดตัดขึ้น และขายออก ณ จุดตัดลงถัดมา



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างกราฟแสดงจุดเข้าซื้อและจุดขายของการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD แบบดั้งเดิม

จุดกลมสีเขียวคือจุดตัดขึ้นซึ่งเป็นจุดเข้าซื้อ จุดกลมสีแดงคือจุดตัดลงซึ่งเป็นจุดขาย

## 2.15 อัตรากำไรและอัตราความสำเร็จ

สิ่งที่นักลงทุนคาดหวังจากการเก็งกำไรคือ ราคาหุ้น ณ วันที่ขายจะมากกว่าราคาหุ้นในวันที่ซื้อ อันจะทำให้เกิดผลกำไรด้วยอัตรากำไรที่คำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตรากำไร} = \frac{\text{ราคาขาย} - \text{ราคาซื้อ}}{\text{ราคาซื้อ}}$$

โดยถ้าอัตรากำไรมีค่าน้อยกว่า 0 จะหมายถึงการขาดทุน

ถ้าอัตรากำไรมากกว่า 0 จะเรียกว่าเป็นการซื้อขายที่สำเร็จผล และอัตราความสำเร็จคำนวณโดย

$$\text{อัตราความสำเร็จ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การซื้อขายสำเร็จผล}}{\text{จำนวนครั้งการซื้อขายทั้งหมด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กันเตอร์ เมสส์เนอร์ (Gunter Meissner) และคณะ [1] ได้ทำการทดสอบวิธีการซื้อขายโดยใช้ MACD กับหุ้นในดัชนี NASDAQ-100 เป็นระยะเวลา 10 ปีและพบว่า MACD สามารถให้อัตราความสำเร็จในการเก็งกำไรเพียง 32.73% พวกเขาได้เสนอวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบปรับปรุงเรียกว่า MACDR1 และ MACDR2 ซึ่ง MACDR2 นั้นสามารถให้อัตราความสำเร็จสูงถึง 82.68%

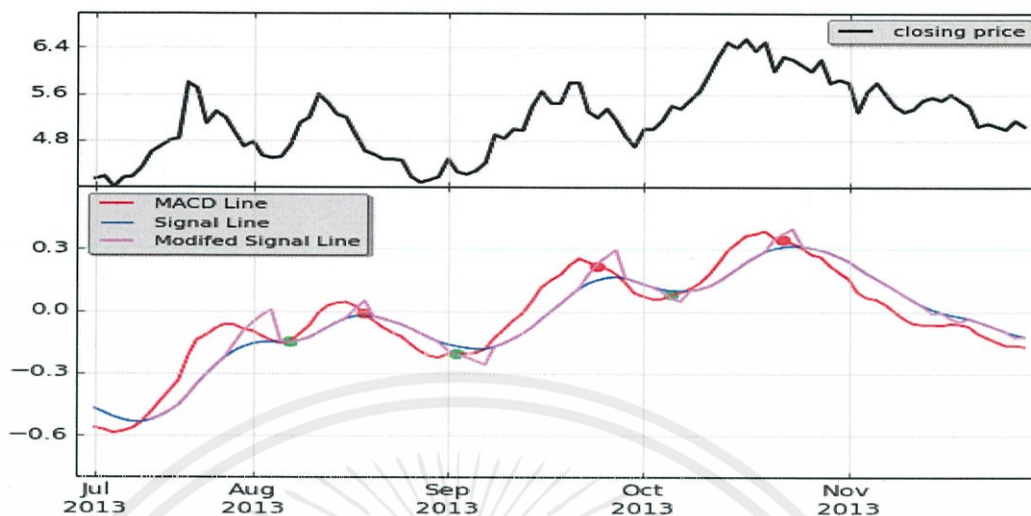
สิ่งสำคัญในการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD คือการเลือกจุดเข้าซื้อและจุดขาย แนวทางของ MACD แบบดั้งเดิมมีข้อด้อยอีกอย่างหนึ่งนอกจากการให้สัญญาณซื้อขายล่าช้า คือการไม่สามารถแยกแยะจุดที่เส้น MACD ตัดขึ้นและลงเส้นสัญญาณอย่างถี่ๆ ในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งเป็นช่วงที่ราคามีแนวโน้มไม่ชัดเจนได้ MACDR1 และ MACDR2 เป็นวิธีที่ปรับปรุงข้อด้อยดังกล่าว

แนวทางการซื้อขายด้วย MACDR1 จะเลือกจุดเข้าซื้อเป็นจุดเวลาที่ 3 หลังจากทีเส้น MACD ตัดขึ้นเส้นสัญญาณถ้าเส้น MACD ยังคงอยู่เหนือเส้นสัญญาณ ส่วนจุดขายจะเลือกโดยใช้จุดที่ผลกำไรมีค่าถึงระดับที่ตั้งไว้ เช่น 3% หรือ 5% เป็นต้นหรือหากพบจุดตกลงก่อนก็ให้ขายที่จุดตกลง

MACDR2 มีแนวทางการเลือกจุดซื้อขายเหมือนกับ MACDR1 เว้นแต่ MACDR2 จะเพิ่มเงื่อนไขในการเลือกจุดเข้าซื้ออีก 1 ข้อคือ จะซื้อเมื่อผลต่างของเส้น MACD กับเส้นสัญญาณ ณ วันที่ 3 นับจากจุดตัดขึ้นมีค่ามากกว่าระดับที่ตั้งไว้ เช่น 0.5% ของราคาหุ้นในวันนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.2 รูปแสดงเส้นสัญญาณตัดแปลง

เส้นสัญญาณ ตัดแปลง (เส้นสีม่วง) จะมีลักษณะว่าเข้าหาจุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดในคาบหนึ่งๆ การซื้อขายจะทำ ณ จุดเวลาที่เส้น MACD (เส้นสีแดง) ตัดกับเส้นสัญญาณตัดแปลง (เส้นสีม่วง)

การวัดความสำเร็จ และอัตรากำไรจะทำเมื่อจบคาบการซื้อขาย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แบ่งโดยพิจารณาจากจุดตัดของเส้น MACD และเส้นสัญญาณ ในคาบหนึ่งอาจมีการซื้อขาย ได้มากกว่า 1 รอบ การซื้อขายในแต่ละรอบจะประกอบด้วยการซื้อขายหนึ่งครั้งและการขายหนึ่งครั้งด้วยจำนวนหุ้นทั้งหมดที่ซื้อมา

แนวทางการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงมีจุดอ่อนคืออาจทำให้เกิดการซื้อขายในช่วงที่ราคามีแนวโน้มลงอันจะทำให้เกิดการขาดทุนได้ โดยจะเรียกการซื้อขายลักษณะนี้ว่าสัญญาณหลอก ในส่วนท้ายของบทนี้จะเสนอวิธีการบรรเทาการขาดทุนจากสัญญาณหลอกโดยการนำตรรกศาสตร์ฟัซซีเข้ามาใช้ในการอนุมานว่าสัญญาณซื้อหนึ่งๆ มีความมั่นใจที่จะเป็นสัญญาณจริงเพียงไร และทำการซื้อในครั้งนั้นโดยการถ่วงน้ำหนักปริมาณการซื้อด้วยค่าน้ำหนักการซื้อขายที่คำนวณจากค่าความมั่นใจดังกล่าว ผลคือ ถ้ามีความมั่นใจน้อยกว่าสัญญาณซื้อเป็นสัญญาณจริง ก็จะซื้อในปริมาณที่น้อยลง ส่งผลให้ขาดทุนน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 คาบการซื้อขาย

การแบ่งคาบการซื้อขายจะใช้จุดที่เส้น MACD ตัดลงเส้นสัญญาณเป็นเกณฑ์ สามารถดูนิยามของจุดตัดขึ้นและจุดตัดลงได้ในหัวข้อ 2.13

นิยามที่ 3.1 ให้  $t^i$  เป็นจุดตัดลงที่  $i$  คาบการซื้อขาย ที่  $i$  ขนาด  $\theta_i$  คือลำดับของจุดเวลาจำนวน  $\theta_i$  จุดตั้งแต่จุด  $t^i$  ถึงจุด  $t^{i+\theta_i}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์

$$(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$$

เมื่อ

$t_{(i,j)}$ ,  $j = 1, 2, \dots, \theta_i$  คือจุดเวลาที่  $j$  ในคาบที่  $i$

$t_{(i,1)}$  เรียกว่าจุดเริ่มต้นคาบ

$t_{(i,\theta_i)}$  เรียกว่าจุดจบคาบ

เมื่อกำหนดคาบ  $(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  ดั่งนิยามที่ 3.1 จะสามารถกล่าวถึงลำดับของราคา และลำดับของเส้น MACD และเส้นสัญญาณ ในแต่ละคาบได้ดั่งนิยามต่อไปนี้

นิยามที่ 3.2 เรียกลำดับ  $(p_{t_{(i,1)}}, p_{t_{(i,2)}}, \dots, p_{t_{(i,\theta_i)}})$  ว่า ลำดับราคา คาบที่  $i$  และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $(p_i)$  เมื่อ  $p_{t_{(i,j)}}$ ,  $j = 1, 2, \dots, \theta_i$  แทนราคา ณ เวลา  $t_{(i,j)}$

นิยามที่ 3.3 เรียกลำดับ  $(m_{t_{(i,1)}}, m_{t_{(i,2)}}, \dots, m_{t_{(i,\theta_i)}})$  ว่า เส้น MACD คาบที่  $i$  และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $(m_i)$  เมื่อ  $m_{t_{(i,j)}}$ ,  $j = 1, 2, \dots, \theta_i$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  $t_{(i,j)}$

นิยามที่ 3.4 เรียกลำดับ  $(s_{t_{(i,1)}}, s_{t_{(i,2)}}, \dots, s_{t_{(i,\theta_i)}})$  ว่า เส้นสัญญาณ คาบที่  $i$  และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $(s_i)$  เมื่อ  $s_{t_{(i,j)}}$ ,  $j = 1, 2, \dots, \theta_i$  แทนราคา ณ เวลา  $t_{(i,j)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การซื้อขายหนึ่งรอบ

นิยามที่ 3.5 ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ใดๆ *การซื้อขาย* หนึ่งรอบจะต้องเกิดขึ้นและจบลงภายในคาบเดียว ด้วยการซื้อ 1 ครั้ง และการขาย 1 ครั้ง ด้วยเงินทุนจำนวนหนึ่ง โดยที่การขายจะต้องขายหุ้นทั้งหมดที่ได้จากการซื้อ การซื้อขายหนึ่งครั้งจะแทนด้วยสามสิ่งอันดับ

$({}_i t^b, {}_i t^s, {}_i C)$  ที่ซึ่ง  ${}_i t^b < {}_i t^s$  โดยที่

${}_i t^b \in (\tau_i)$  คือจุดเวลาซื้อ

${}_i t^s \in (\tau_i)$  คือจุดเวลาขาย

${}_i C > 0$  คือเงินทุนที่ใช้ในการซื้อ

การซื้อจะซื้อในราคา  $p_{i^b}$  ด้วยจำนวนหุ้น  $\left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right)$  หุ้น

การขายจะขายในราคา  $p_{i^s}$  ด้วยจำนวนหุ้น  $\left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right)$  หุ้น

เพื่อให้ปัญหาอยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย จะสมมติว่าในการซื้อขายหนึ่งรอบ  $({}_i t^b, {}_i t^s, {}_i C)$  ใดๆ สามารถซื้อหุ้นด้วยจำนวนเท่ากับ  $\left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right)$  หุ้นเสมอ (แม้จะไม่ใช้จำนวนเต็ม) ผลกำไรที่ได้จากการซื้อขายหนึ่งรอบ มีนิยามดังนี้

นิยามที่ 3.6 *ผลกำไร* ที่ได้จากการซื้อขายหนึ่งรอบ  $({}_i t^b, {}_i t^s, {}_i C)$  ใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  คือผลต่างของเงินที่ได้จากการขายหุ้นในราคา  $p_{i^s}$  เป็นจำนวนเท่ากับ

จำนวนหุ้นที่ซื้อ  $\left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right)$  ในราคา  $p_{i^s}$  โดยจะเขียนแทนผลกำไรดังกล่าวด้วยสัญลักษณ์  ${}_i \mathcal{P}$

และสามารถแสดงนิยามดังกล่าวได้ด้วยสมการ

$${}_i \mathcal{P} = p_{i^s} \left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right) - p_{i^b} \left(\frac{{}_i C}{p_{i^b}}\right)$$

หรือจัดรูปได้เป็น

$${}_i \mathcal{P} = \left(\frac{p_{i^s}}{p_{i^b}} - 1\right) {}_i C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การซื้อขายโดยรวมในคาบ

ในหนึ่งคาบอาจมีการซื้อขายได้มากกว่า 1 รอบ โดยที่การซื้อขายแต่ละรอบเป็นไปตามนิยามที่ 3.6 จะเรียกลำดับที่ประกอบด้วยการซื้อขายทั้งหมดเหล่านั้นว่า การซื้อขายโดยรวมในคาบ ซึ่งมีนิยามโดยละเอียดดังนี้

นิยามที่ 3.7 การซื้อขายโดยรวมในคาบ แต่ละคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  คือลำดับของการซื้อขายจำนวน  $n_i \geq 1$  ครั้ง ที่เกิดขึ้นในคาบ โดยที่การซื้อขายครั้งที่  $k=1,2,\dots,n_i$  จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์

$$({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k)$$

และมีนิยามเป็นไปตามนิยามที่ 3.5

เมื่อให้  ${}_i P^k$  แทนผลกำไรที่ได้จากการซื้อขายครั้งที่  $k=1,2,\dots,n_i$  ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ซึ่งสามารถคำนวณได้ดั่งนิยาม 3.6 ผลกำไรที่ได้จากการซื้อขายโดยรวมในคาบจะมีค่าเท่ากับ  $\sum_{k=1}^{n_i} {}_i P^k$  และจะสามารถนิยามอัตรากำไรสุทธิในคาบได้ดั่งนี้

นิยามที่ 3.8 อัตรากำไรสุทธิในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  หรือเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ${}_i P$  คืออัตราส่วนของผลกำไรจากการซื้อขายโดยรวมในคาบต่อเงินลงทุน ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดั่งนี้

$${}_i P = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} {}_i P^k}{\sum_{k=1}^{n_i} {}_i C^k}$$

นิยามที่ 3.9 ให้  ${}_i P$  แทนผลกำไรสุทธิในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  จะกล่าวว่าการซื้อขายโดยรวมในคาบ  $(\tau_i)$  เป็นการซื้อขายที่ สำเร็จผล (success) ถ้า  ${}_i P > 0$  มิฉะนั้นจะเรียกว่าเป็นการซื้อขายที่ไม่สำเร็จผล และกำหนดค่าแทนความสำเร็จด้วยสัญลักษณ์  ${}_i S$  ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าการซื้อขายโดยรวมในคาบ  $(\tau_i)$  เป็นการซื้อขายที่สำเร็จผล และมีค่าเท่ากับ 0 ถ้าไม่สำเร็จผล เขียนเป็นสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น  ${}_i S = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } {}_i P > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$  ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ย

การวัดประสิทธิภาพของวิธีการซื้อขายต่างๆ ในปัญหาพิเศษนี้จะวัดโดยใช้อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ย

อัตราความสำเร็จ จะคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนคอบที่การซื้อขายโดยรวมสำเร็จผลเทียบกับจำนวนคอบทั้งหมดที่มีการซื้อขาย

$$\text{อัตราความสำเร็จ} = \frac{\sum_{i=1}^r s_i}{r}$$

เมื่อ  $r$  คือจำนวนคอบทั้งหมดที่มีการซื้อขาย

ในทำนองเดียวกัน อัตรากำไรเฉลี่ย คือค่าเฉลี่ยของอัตรากำไรสุทธิในแต่ละคอบที่มีการซื้อขาย

$$\text{อัตรากำไรเฉลี่ย} = \frac{\sum_{i=1}^r \tilde{p}_i}{r}$$

### 3.6 สมมติฐานและข้อกำหนดเพิ่มเติม

ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k)$ ,  $k=1,2,\dots,n_i$  แทนการซื้อขายแต่ละรอบในคอบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  วิธีการซื้อขายต่างๆ ที่จะทำการทดสอบในปัญหาพิเศษนี้จะทดสอบภายใต้สมมติฐานดังนี้

- (H1) เงินทุนในการซื้อขายแต่ละครั้งจะเท่ากัน กล่าวคือ  ${}_i C^k = C$  สำหรับทุก  $k=1,2,\dots,n_i$  เมื่อ  $C > 0$  เป็นค่าคงที่ใดๆ โดยที่ สำหรับ  $k=1,2,\dots,n_i-1$  เงินทุนในการซื้อขายครั้งที่  $k+1$  จะหักมาจากเงินคงเหลือจากการซื้อขายครั้งที่  $k$  โดยถ้าการซื้อขายในครั้งที่  $k$  เกิดการขาดทุน กล่าวคือ  ${}_i P^k < 0$  จะต้องเติมเงินทุนในการลงทุนครั้งที่  $k+1$  เป็นจำนวน  $(-{}_i P^k)$  เพื่อให้มีเงินทุนเท่ากับ  $C$
- (H2)  ${}_i t^{s_k} < {}_i t^{b_{k+1}}$  สำหรับ  $k=1,2,\dots,n_i-1$  กล่าวคือ การซื้อขายครั้งที่  $k+1$  จะเกิดขึ้นได้เมื่อการซื้อขายครั้งที่  $k$  เสร็จสิ้นแล้ว
- (H3) การทดสอบจะทำกับข้อมูลราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

สมมติฐาน (H1) จะส่งผลให้อัตรากำไรสุทธิ  ${}_i P$  ในแต่ละคอบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  มีการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$${}_i\mathcal{P} = \begin{cases} \frac{{}_i\mathcal{P}^{n_i}}{C} & , n_i = 1 \\ \frac{\sum_{k=1}^{n_i} {}_i\mathcal{P}^k}{C - \sum_{k=1}^{n_i-1} \min\{0, {}_i\mathcal{P}^k\}} & , n_i > 1 \end{cases}$$

ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นชัดได้จากตัวอย่างที่ 3.1

### ตัวอย่างที่ 3.1

สมมติให้ในคาบ  $(t_i)$  มีการซื้อขาย 4 รอบ  $({}_i t^k, {}_i t^k, C)$ ,  $k=1,2,3,4$  ด้วยเงินทุน  $C=100$  และสมมติให้ผลกำไรจากการซื้อขายรอบที่ 1 2 3 และ 4 คือ  $-20$   $10$   $-30$  และ  $-10$  ตามลำดับ เงินทุนที่ต้องเติมเพิ่มในการซื้อขายแต่ละรอบแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างการเพิ่มเงินลงทุนในการซื้อขายแต่ละรอบตามสมมติฐาน (H1)

การซื้อขายรอบที่ ( $k$ )	เงินลงทุนที่เติม	ผลกำไร ( ${}_i\mathcal{P}^k$ )	เงินคงเหลือ ( $C + {}_i\mathcal{P}^k$ )
1	100	-20	80
2	20	10	110
3	0	-30	70
4	30	-10	90

จากตารางที่ 3.1 สามารถคำนวณเงินคงเหลือสุทธิได้โดยนำเงินคงเหลือจากการซื้อขายรอบสุดท้าย (90) บวกด้วยผลกำไร (ที่ไม่ติดลบ) จากการซื้อขายรอบก่อนๆ หน้า (10) สรุปเป็นสมการคือ

$$\text{เงินคงเหลือสุทธิ} = (C + {}_i\mathcal{P}^{n_i}) + \sum_{k=1}^{n_i-1} \max\{0, {}_i\mathcal{P}^k\}$$

ในส่วนของเงินลงทุนสุทธิสามารถคำนวณได้โดยนำเงินทุนเริ่มต้น (100) บวกด้วยเงินทุนที่เติมเพิ่มในแต่ละรอบ (20 และ 30) แต่เนื่องจากเงินทุนที่เติมเพิ่มในแต่ละรอบคิดมาจากขนาดของผลขาดทุน (ผลกำไรที่ติดลบ) จากการซื้อขายรอบก่อนหน้า ( $-20$  และ  $-30$ ) ดังนั้นจึงสามารถเขียนเงินสมการในการคำนวณลงทุนสุทธิให้อยู่ในรอบผลรวมของเงินทุนเริ่มต้นกับขนาดของผลขาดทุนได้

ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เงินลงทุนสุทธิ} = C - \sum_{k=1}^{n_i-1} \min\{0, {}_i\mathcal{P}^k\}$$

เมื่อทราบเงินคงเหลือสุทธิและเงินลงทุนสุทธิ จะสามารถคำนวณอัตรากำไรสุทธิได้จากสมการ

$$\text{อัตรากำไรสุทธิ} = \frac{\text{เงินคงเหลือสุทธิ} - \text{เงินลงทุนสุทธิ}}{\text{เงินลงทุนสุทธิ}}$$

โดยเมื่อแทนค่าต่างๆ ลงไปและจัดรูปจะได้

$${}_iP = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} {}_iP^k}{C - \sum_{k=1}^{n_i-1} \min\{0, {}_iP^k\}}$$

และเมื่อเขียนรวมกรณีทีในคาบมีการซื้อขายเพียงรอบเดียว (ซึ่งไม่มีการเติมเงินทุนเพิ่มนอกจากเงินทุนเริ่มต้น) จะสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$${}_iP = \begin{cases} \frac{{}_iP^{n_i}}{C}, & n_i = 1 \\ \frac{\sum_{k=1}^{n_i} {}_iP^k}{C - \sum_{k=1}^{n_i-1} \min\{0, {}_iP^k\}}, & n_i > 1 \end{cases}$$

### 3.7 วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม

กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.14 วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมจะซื้อที่จุดตัดขึ้นและขายที่จุดตัดลง ในหัวข้อนี้จะให้นิยามโดยละเอียดของวิธีดังกล่าวที่จะใช้ทดสอบในปัญหาพิเศษนี้ ดังนี้

นิยามที่ 3.10 ให้  $(\tau_i)$  แทนคาบที่  $i=1,2,\dots,r$  และ  $t^{\uparrow i}$  แทนจุดตัดขึ้นที่  $i$  (จุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$ ) และ  $t^{\downarrow(i+1)}$  แทนจุดตัดลงที่  $i+1$  (จุดจบคาบ  $(\tau_i)$ ) วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม คือวิธีการกำหนดการซื้อขายในคาบ  $(\tau_i)$  โดยให้ โดยให้  $t^{\uparrow i}$  เป็นจุดซื้อ และให้  $t^{\downarrow(i+1)}$  เป็นจุดขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

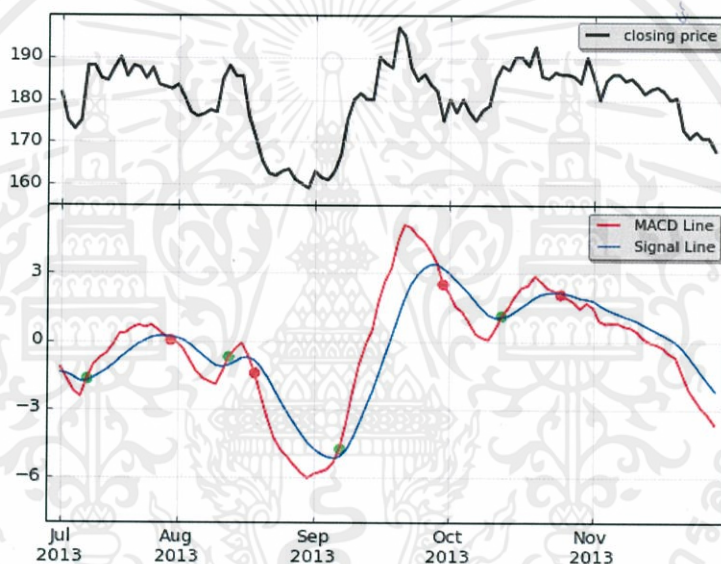
จากนิยามที่ 3.10 จะได้ว่าในแต่ละคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  จะมีการซื้อขายเพียงครั้งเดียว คือ

$$(t^{\uparrow}_i, t^{\downarrow}_{(i)}, C)$$

เมื่อ  $C > 0$  เป็นค่าคงที่ใดๆ

### ตัวอย่างที่ 3.2

เมื่อทำการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกับข้อมูลราคาปิดของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ว่ามีคาบการซื้อขายทั้งหมด 4 คาบ ดังรูปที่ 3.3 ผลกำไรในแต่ละคาบ อัตรากำไรสุทธิ และอัตราความสำเร็จแสดงดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.3 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกับหุ้น KBANK

เส้นสีแดงคือเส้น MACD เส้นสีน้ำเงินคือเส้นสัญญาณ  
จุดกลมสีเขียวคือจุดซื้อ และจุดกลมสีแดงคือจุดขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย  
MACD แบบดั้งเดิมกับหุ้น KBANK

คาบที่ ( $i$ )	ราคา ณ จุดซื้อ ( $p_{i,t}$ )	ราคา ณ จุดขาย ( $p_{i,t}$ )	อัตรากำไรสุทธิ ( ${}_iP$ )	ความสำเร็จ ( ${}_iS$ )
1	188.00	182.50	-0.02926	0
2	188.00	171.00	-0.09043	0
3	167.00	175.00	0.04790	1
4	188.00	186.00	-0.01063	0
อัตรากำไรเฉลี่ย = -0.02064			อัตราความสำเร็จ = 0.25	

### 3.8 วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.16 วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 จะกำหนดให้จุดซื้อคือจุดเวลาที่ 3 นับจากจุดตัดขึ้นถ้าเส้น MACD ยังคงอยู่เหนือเส้นสัญญาณ และกำหนดจุดขายเป็นจุดที่อัตรากำไรมีค่าถึง 3% แต่หากไม่พบจุดดังกล่าวก็ให้ขายที่จุดตัดลง

นิยามที่ 3.11 ให้  $(\tau_i)$  แทนคาบที่  $i=1,2,\dots,r$  วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 คือวิธีการกำหนดการซื้อขาย  $({}_i t^b, {}_i t^s, C)$  ในคาบ  $(\tau_i)$  กำหนดดังนี้  
จุดซื้อ  ${}_i t^b$  คือจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ที่ซึ่ง

- 1)  $(m_{t_{(i,j)}} > s_{t_{(i,j)}})$
- 2)  $(m_{t_{(i,j-1)}} > s_{t_{(i,j-1)}})$
- 3)  $(m_{t_{(i,j-2)}} \geq s_{t_{(i,j-2)}})$
- 4)  $(m_{t_{(i,j-3)}} < s_{t_{(i,j-3)}})$

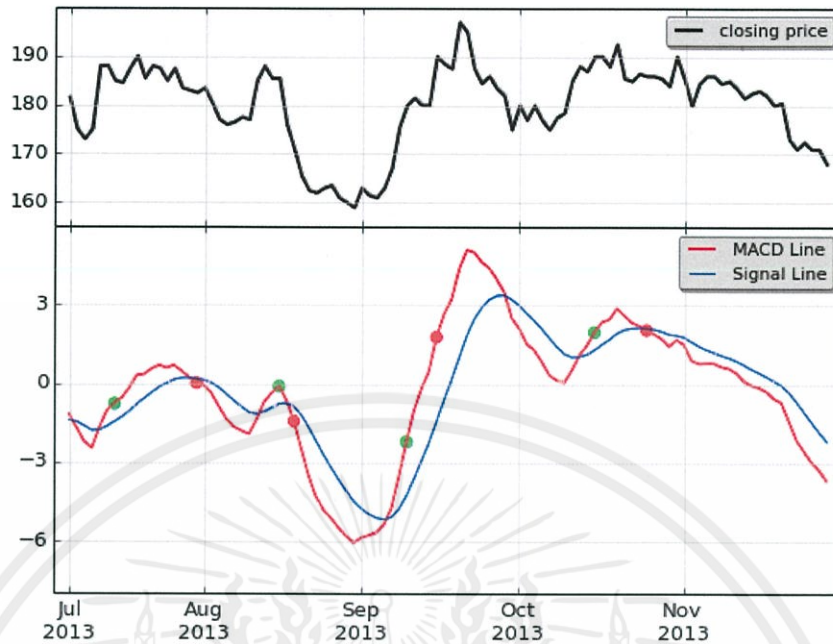
สมมติว่ามีจุดซื้อ  ${}_i t^b$  ในคาบ จุดขาย  ${}_i t^s$  คือจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ที่ซึ่ง

$$\left( \frac{P_{t_{(i,j)}} - P_{t_{(i,j)}^b}}{P_{t_{(i,j)}^b}} \right) \geq 0.03 \text{ หรือ } t_{(i,j)} = t_{(i,0)}$$

### ตัวอย่างที่ 3.3

เมื่อทำการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 กับข้อมูลราคาปิดของหุ้น KBANK ตั้งแต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ว่ามีคาบการซื้อขายทั้งหมด 4 คาบ ดังรูปที่

3.4 ผลกำไรในแต่ละคาบ อัตรากำไรสุทธิ และอัตราความสำเร็จแสดงดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.4 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบ  
วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 กับหุ้น KBANK  
เส้นสีแดงคือเส้น MACD เส้นสีน้ำเงินคือเส้นสัญญาณ  
จุดกลมสีเขียวคือจุดซื้อ และจุดกลมสีแดงคือจุดขาย

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อ MACDR1 กับหุ้น KBANK

คาบที่ ( $i$ )	ราคา ณ จุดซื้อ ( $p_{i,t}$ )	ราคา ณ จุดขาย ( $p_{i,t}$ )	อัตรากำไรสุทธิ ( $iP$ )	ความสำเร็จ ( $iS$ )
1	185.00	182.50	-0.01351	0
2	185.50	171.00	-0.07817	0
3	180.00	190.00	0.05556	1
4	190.00	186.00	-0.02105	0
อัตรากำไรเฉลี่ย = -0.01429			อัตราความสำเร็จ = 0.25	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9 วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2

MACDR2 จะมีหลักการกำหนดจุดซื้อขายเช่นเดียวกับ MACDR1 โดยมีข้อกำหนดว่าจะซื้อถ้าผลต่างค่าของเส้น MACD กับเส้นสัญญาณ ณ จุดซื้อจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 0.5 ของราคาหุ้น

นิยามที่ 3.12 ให้  $(\tau_i)$  แทนคาบที่  $i = 1, 2, \dots, r$  วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2 คือวิธีการกำหนดการซื้อขาย  $({}_i t^b, {}_i t^s, C)$  ในคาบ  $(\tau_i)$  กำหนดดังนี้

จุดซื้อ  ${}_i t^b$  คือจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ที่ซึ่ง

- 1)  $(m_{t_{(i,j)}} > s_{t_{(i,j)}})$
- 2)  $(m_{t_{(i,j-1)}} > s_{t_{(i,j-1)}})$
- 3)  $(m_{t_{(i,j-2)}} \geq s_{t_{(i,j-2)}})$
- 4)  $(m_{t_{(i,j-3)}} < s_{t_{(i,j-3)}})$
- 5)  $\left( \frac{m_{t_{(i,j)}} - s_{t_{(i,j)}}}{p_{t_{(i,j)}}} \right) \geq 0.005$

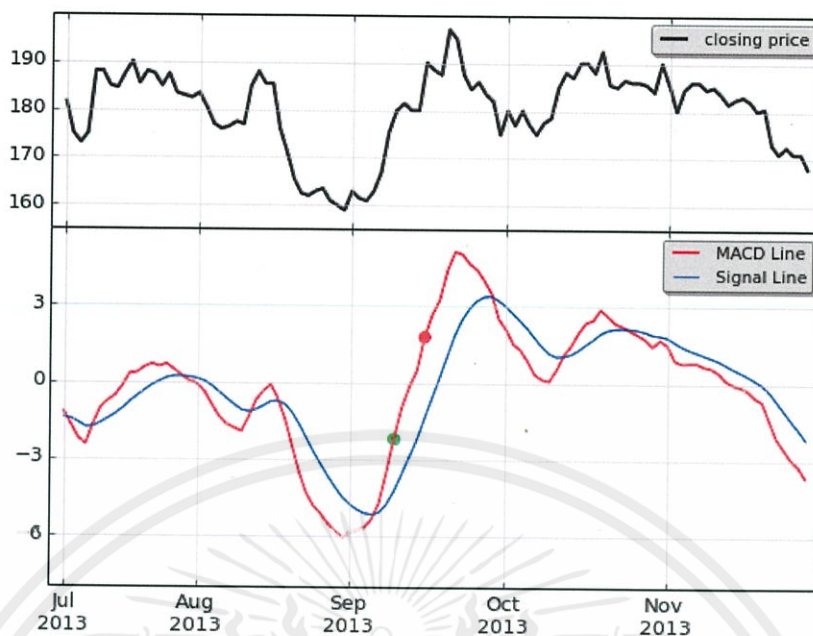
สมมติว่ามีจุดซื้อ  ${}_i t^b$  ในคาบ จุดขาย  ${}_i t^s$  คือจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ที่ซึ่ง

$$\left( \frac{P_{t_{(i,j)}} - P_{t_i^b}}{P_{t_i^b}} \right) \geq 0.03 \text{ หรือ } t_{(i,j)} = t_{(i,\theta_i)}$$

#### ตัวอย่างที่ 3.4

เมื่อทำการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR2 กับข้อมูลราคาปิดของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ว่ามีคาบการซื้อขายทั้งหมด 4 คาบ แต่มีเพียงคาบเดียวที่มีการซื้อขาย ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งเป็นการซื้อขายเดียวกับการซื้อขายรอบที่ 3 ในการทดสอบด้วย MACDR1 (ดูตารางที่ 3.3) อัตรากำไรจากการซื้อขายในคาบดังกล่าวคือ 0.05556 ความสามารถของ MACDR2 คือจะละเว้นการซื้อขายในคาบที่มีช่วงเวลาสั้น กล่าวคือช่วงที่เส้น MACD ตัดขึ้นและตัดลงเส้นสัญญาณอย่างถี่ๆ ในช่วงเวลาสั้น โดยจะทำการซื้อขายในช่วงที่มีคาบชัดเจนแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบ

วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2 กับหุ้น KBANK

เส้นสีแดงคือเส้น MACD เส้นสีน้ำเงินคือเส้นสัญญาณ

จุดกลมสีเขียวคือจุดซื้อ และจุดกลมสีแดงคือจุดขาย

### 3.10 เส้นสัญญาณดัดแปลง

วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกำหนดจุดตัดขึ้นเป็นจุดซื้อและจุดตัดลงถัดมาเป็นจุดขายในแต่ละคาบ ปัญหาพิเศษนี้พยายามที่จะกำหนดจุดซื้อและจุดขายใหม่ที่เร็วกว่าจุดเดิมโดยระหว่างจุดซื้อขายแต่กับจุดสูงสุดต่ำสุดภายในคาบ

จุดต่ำสุดในคาบหนึ่งๆ คือจุดที่เส้น MACD มีค่าน้อยที่สุดโดยพิจารณาเฉพาะในช่วงที่เส้น MACD อยู่ใต้เส้นสัญญาณ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือในช่วงตั้งแต่จุดเริ่มต้นคาบจนถึงก่อนจุดตัดขึ้น ถ้ามีจุดที่เส้น MACD มีค่าน้อยที่สุดในช่วงดังกล่าวมากกว่า 1 จุดจะถือเอาจุดต่ำสุดเป็นจุดต่ำสุด

นิยามที่ 3.13 ให้  $(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,q_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ และสมมติให้

$t_{(i,j^*)} = t^i$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$  จุดต่ำสุดในคาบ  $(\tau_i)$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์

$t_{i, \min}^{\min}$  คือจุดเวลาล่าสุดในช่วง  $(t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*-1)})$  ที่ซึ่ง  $m_{t_{i, \min}^{\min}} \leq m_{t_{(i,j)}}$  สำหรับทุกๆ

$t_{(i,j)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*-1)})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการขงนึ่งเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานเดียวกัน จุดสูงสุดในคาบหนึ่งๆ คือจุดที่เส้น MACD มีค่ามากที่สุดโดยพิจารณาเฉพาะในช่วงที่เส้น MACD อยู่เหนือเส้นสัญญาณ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือในช่วงตั้งแต่จุดตัดขึ้นจนถึงก่อนจุดจบคาบ ถ้ามีจุดที่เส้น MACD มีค่ามากที่สุดในช่วงดังกล่าวมากกว่า 1 จุดจะถือเอาจุดต่ำสุดเป็นจุดสูงสุด

นิยามที่ 3.14 ให้  $(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ และสมมติให้  $t_{(i,j^*)} = t^{\uparrow}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$  จุดสูงสุดในคาบ  $(\tau_i)$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t_{(i,j^*)}^{\max}$  คือจุดเวลาล่าสุดในช่วง  $(t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i-1)})$  ที่ซึ่ง  $m_{t_{(i,j^*)}^{\max}} \geq m_{t_{(i,j)}}$  สำหรับทุกๆ  $t_{(i,j)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i-1)})$

ในความเป็นจริงที่ไม่อาจล่วงรู้ข้อมูลราคาในอนาคต จะไม่สามารถทราบได้ว่าจุดเวลาปัจจุบันเป็นจุดต่ำสุด (จุดสูงสุด) หรือไม่

ในการทดสอบระบบซื้อขายกับข้อมูลในอดีตที่ทราบข้อมูลทุกจุดเวลาในคาบหนึ่งๆ จะจำลองสถานการณ์เสมือนจริง โดยจะสมมติว่าจุดเวลาจุดหนึ่งใดๆที่กำลังพิจารณาในคาบหนึ่งๆ เป็นจุดเวลาปัจจุบัน และไม่ทราบข้อมูลหลังจากนั้น ดังนั้นจะทราบว่าจุดใดเป็นจุดต่ำสุดได้ก็ต่อเมื่อจุดเวลาปัจจุบันเป็นจุดตัดขึ้นหรืออยู่หลังจากจุดตัดขึ้นไปแล้ว ในทำงานเดียวกัน จะทราบว่าจุดใดเป็นจุดสูงสุดได้ก็ต่อเมื่อจุดเวลาปัจจุบันเป็นจุดจบคาบเท่านั้น

ในกรณีที่ยังไม่ทราบจุดตัดขึ้นหรือจุดจบคาบ เราจะเลือกจุดต่ำสุดหรือจุดสูงสุดโดยพิจารณาจากข้อมูลตั้งแต่จุดเริ่มต้นคาบจนถึงจุดเวลาปัจจุบัน และเรียกจุดดังกล่าวเหล่านั้นว่าจุดต่ำสุด (สูงสุด) จากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลาปัจจุบัน โดยนิยามดังต่อไปนี้

นิยามที่ 3.15 ให้  $(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ และสมมติให้  $t_{(i,j^*)} = t^{\uparrow}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$  และให้  $t_{(i,x)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*)})$  เป็นจุดเวลาปัจจุบัน จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t_{(i,x)}^{\min*}$  คือจุดเวลาล่าสุดในช่วง  $(t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,x)})$  ที่ซึ่ง  $m_{t_{(i,x)}^{\min*}} \leq m_{t_{(i,j)}}$  สำหรับทุกๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่  $t_{(i,j)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,x)})$  เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 3.16 ให้  $(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ และสมมติให้  $t_{(i,j^*)} = t^{\wedge_i}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$  และให้  $t_{(i,x)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$  เป็นจุดเวลาปัจจุบัน จุดสูงสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t_{(i,x)}^{\max*}$  คือจุดเวลาล่าสุดในช่วง  $(t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,x)})$  ที่ซึ่ง  $m_{t_{(i,x)}^{\max*}} \geq m_{t_{(i,j)}}$  สำหรับทุกๆ  $t_{(i,j)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,x)})$

จุดต่ำสุด (สูงสุด) จากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลาปัจจุบันอาจจะเป็นจุดต่ำสุด (สูงสุด) จริง (ตามนิยามที่ 3.13 และนิยามที่ 3.14) หรือไม่ได้ ดังนั้น จะกำหนดค่าความมั่นใจที่จุดต่ำสุด (สูงสุด) จากข้อมูลเท่าที่มีจะเป็นจุดต่ำสุด (สูงสุด) จริงโดยอาศัยข้อมูลจากอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของ เส้น MACD กับเส้นสัญญาณ ณ จุดเวลาปัจจุบันและจุดต่ำสุด (สูงสุด) จากข้อมูลเท่าที่มี

นิยามที่ 3.17 ให้

$(\tau_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ

$t_{(i,j^*)} = t^{\wedge_i}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$

$t_{(i,x)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*-1)})$  เป็นจุดเวลาปัจจุบัน

$t_{(i,x)}^{\min*}$  เป็นจุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,x)}$

และ  $t_i^{\min}$  เป็นจุดต่ำสุดในคาบ  $(\tau_i)$

ค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $d_{t_{(i,x)}^{\min}}$  คือจำนวนจริงในช่วง  $[0, 1]$  ที่ใช้แสดงถึงความมั่นใจที่  $t_{(i,x)}^{\min*} = t_i^{\min}$  ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  ซึ่งคำนวณได้จาก

$$d_{t_{(i,x)}^{\min}} = \left( 1 - \frac{h_{t_{(i,x)}}}{h_{t_{(i,x)}^{\min*}}} \right)$$

โดยที่  $h_{t_{(i,x)}} = m_{t_{(i,x)}} - s_{t_{(i,x)}}$  และ  $h_{t_{(i,x)}^{\min*}} = m_{t_{(i,x)}^{\min*}} - s_{t_{(i,x)}^{\min*}}$

และกำหนดให้  $d_{t_{(i,x)}^{\min}} = 1$  ถ้า  $h_{t_{(i,x)}^{\min*}} = 0$

นิยามที่ 3.18 ให้

$(\tau_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ

$t_{(i,j^*)} = t^{\wedge_i}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$

$t_{(i,x)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i-1)})$  เป็นจุดเวลาปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ เป็นจุดสูงสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง  $t_i^{\max}$  เป็นจุดสูงสุดในคาบ  $(\tau_i)$  จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความมั่นใจจุดสูงสุด ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $d_{t_{(i,x)}}^{\max}$  คือจำนวนจริงในช่วง  $[0,1]$  ที่ใช้แสดงถึงความมั่นใจที่  $t_{(i,x)}^{\max*} = t_{(i,x)}^{\max}$  ณ เวลา  $t_{(i,x)}$  ซึ่งคำนวณได้จาก

$$d_{t_{(i,x)}}^{\max} = \left( 1 - \frac{h_{t_{(i,x)}}}{h_{t_{(i,x)}}^{\max}} \right)$$

โดยที่  $h_{t_{(i,x)}} = m_{t_{(i,x)}} - s_{t_{(i,x)}}$  และ  $h_{t_{(i,x)}}^{\max} = m_{t_{(i,x)}^{\max}} - s_{t_{(i,x)}^{\max}}$   
และกำหนดให้  $d_{t_{(i,x)}}^{\max} = 1$  ถ้า  $h_{t_{(i,x)}}^{\max} = 0$

สามารถนำจุดต่ำสุด (สูงสุด) จากข้อมูลเท่าที่มี และค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด (สูงสุด) ตามนิยามที่ 3.13 ถึง 3.18 มาใช้สร้างเส้นสัญญาณตัดแปลงที่มีลักษณะว่าเข้าหาจุดต่ำสุด (สูงสุด) ในแต่ละคาบได้ดังนี้

นิยามที่ 3.19 ให้

$(\tau_i) = (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,\theta_i)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบใดๆ

$t_{(i,j)}^{\uparrow}$  เป็นจุดตัดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$

$t_{(i,j)}^{\min*}$  เป็นจุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ

$t_{(i,j)}^{\max*}$  เป็นจุดสูงสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ

$h_{t_{(i,j)}^{\min*}} = m_{t_{(i,j)}^{\min*}} - s_{t_{(i,j)}^{\min*}}$  และ  $h_{t_{(i,j)}^{\max*}} = m_{t_{(i,j)}^{\max*}} - s_{t_{(i,j)}^{\max*}}$

$d_{t_{(i,j)}}^{\min}$  เป็นค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  $t_{(i,j)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*-1)})$  ใดๆ

$d_{t_{(i,j)}}^{\max}$  เป็นค่าความมั่นใจจุดสูงสุด ณ เวลา  $t_{(i,j)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i-1)})$  ใดๆ

เรียกลำดับ  $(\tilde{s}_i) = (\tilde{s}_{t_{(i,1)}}, \tilde{s}_{t_{(i,2)}}, \dots, \tilde{s}_{t_{(i,\theta_i)}})$  ว่า เส้นสัญญาณตัดแปลง คาบที่  $i$  โดยที่  $\tilde{s}_{t_{(i,j)}}$  คือค่าของ เส้นสัญญาณ ตัดแปลง ณ เวลา  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ซึ่งคำนวณจาก

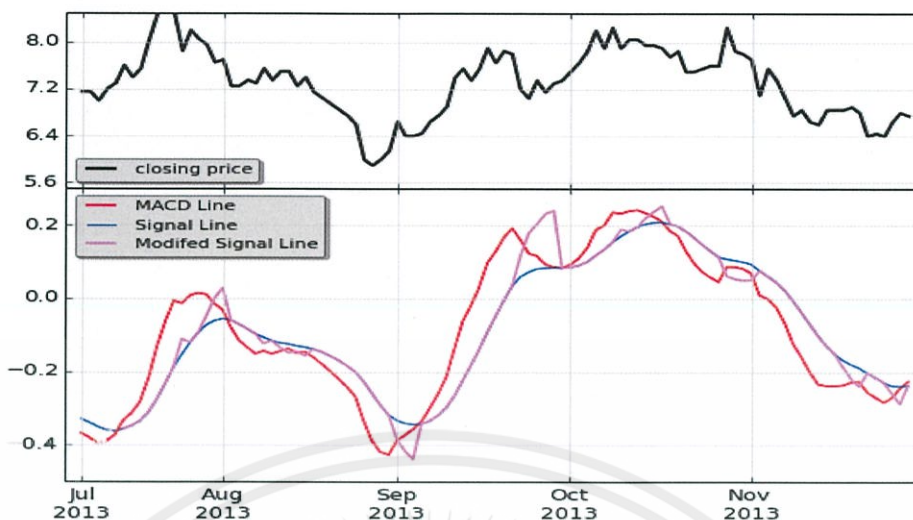
$$\tilde{s}_{t_{(i,j)}} = \begin{cases} s_{t_{(i,j)}} + h_{t_{(i,j)}^{\min}} \left( d_{t_{(i,j)}}^{\min} \right)^K & , t_{(i,j)} \in (t_{(i,1)}, t_{(i,2)}, \dots, t_{(i,j^*-1)}) \\ s_{t_{(i,j)}} + h_{t_{(i,j)}^{\max}} \left( d_{t_{(i,j)}}^{\max} \right)^K & , t_{(i,j)} \in (t_{(i,j^*)}, t_{(i,j^*+1)}, \dots, t_{(i,\theta_i-1)}) \\ s_{t_{(i,j)}} & , t_{(i,j)} = t_{(i,\theta_i)} \end{cases}$$

เมื่อ  $K \geq 0$  เป็นพารามิเตอร์เรียกว่า ค่าปรับความเว้า ซึ่งมีผลปรับความเว้าของเส้นสัญญาณตัดแปลง โดยถ้า  $K \rightarrow 0$  เส้นสัญญาณตัดแปลงจะมีความเว้ามาก เพราะ

$\left( d_{t_{(i,j)}}^{\min} \right)^K \rightarrow 1$  และถ้า  $K \rightarrow \infty$  เส้นสัญญาณตัดแปลงจะเข้าสู่เส้นสัญญาณจริง เพราะ

$\left( d_{t_{(i,j)}}^{\min} \right)^K \rightarrow 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟเส้นสัญญาณตัดแปลง

เส้นกราฟของเส้นสัญญาณตัดแปลง (เส้นสีม่วง) จะมีลักษณะเว้นเข้าหาจุดต่ำสุดหรือจุดสูงสุดในคาบหนึ่งๆ

### 3.11 วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง

ด้วยหลักการเดียวกับวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมที่กำหนดให้จุดที่เส้น MACD ตัดขึ้น เส้นสัญญาณเป็นจุดซื้อ และให้จุดที่เส้น MACD ตัดลงเส้นสัญญาณเป็นจุดขาย วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงจะกำหนดให้จุดที่เส้น MACD ตัดขึ้นเส้นสัญญาณตัดแปลงเป็นจุดซื้อ และให้จุดที่เส้น MACD ตัดลงเส้นสัญญาณตัดแปลงเป็นจุดขาย โดยมีเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าจะไม่มีการซื้อเกิดขึ้นหลังจากจุดซื้อของระบบซื้อขาย MACD แบบดั้งเดิม (จุดตัดขึ้น)

นิยามที่ 3.20 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบใดๆ จะเรียกจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ว่าเป็น จุดตัดขึ้นตัดแปลง จุดที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t^{\uparrow k}$  ถ้า  $t_{(i,j)}$  เป็นจุดที่  $k$  ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- 1)  $m_{t_{(i,j)}} > \tilde{s}_{t_{(i,j)}}$  และ  $m_{t_{(i,j-1)}} < \tilde{s}_{t_{(i,j-1)}}$
- 2)  $m_{t_{(i,j)}} > \tilde{s}_{t_{(i,j)}}$  และ  $m_{t_{(i,j-1)}} = \tilde{s}_{t_{(i,j-1)}}$  และ  $m_{t_{(i,j-2)}} < \tilde{s}_{t_{(i,j-2)}}$

นิยามที่ 3.21 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบใดๆ จะเรียกจุด  $t_{(i,j)} \in (\tau_i)$  ใดๆ ว่าเป็น จุดตัดลงตัดแปลง จุดที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $t^{\downarrow k}$  ถ้า  $t_{(i,j)}$  เป็นจุดที่  $k$  ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

- 1)  $m_{t_{(i,j)}} < \tilde{s}_{t_{(i,j)}}$  และ  $m_{t_{(i,j-1)}} > \tilde{s}_{t_{(i,j-1)}}$

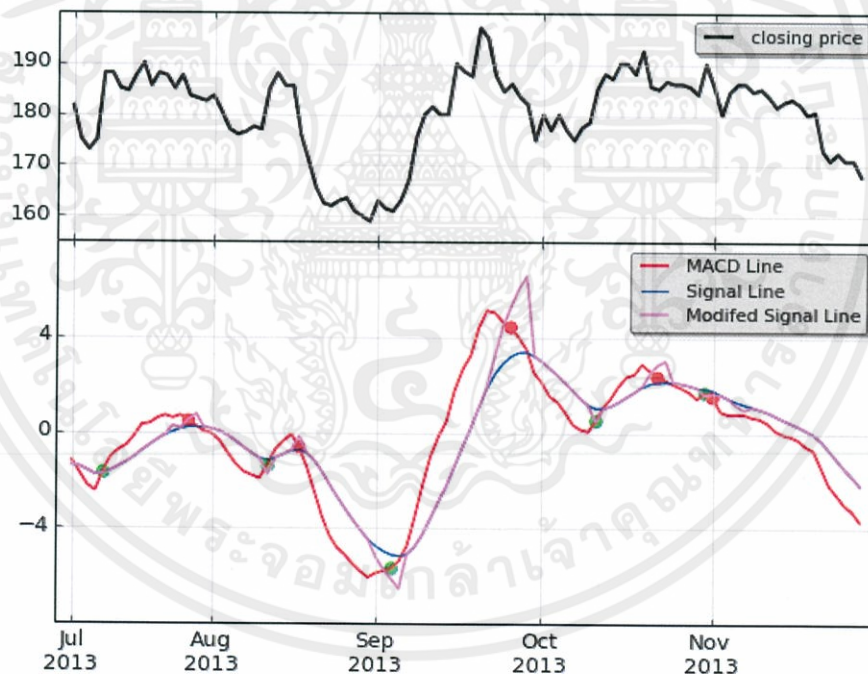
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$2) m_{t_{(i,j)}} < \tilde{s}_{t_{(i,j)}} \text{ และ } m_{t_{(i,j-1)}} = \tilde{s}_{t_{(i,j-1)}} \text{ และ } m_{t_{(i,j-2)}} > \tilde{s}_{t_{(i,j-2)}}$$

นิยามที่ 3.22 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบใดๆ ให้  $t^{\uparrow k}$  และ  $t^{\downarrow k}$  แทนจุดตัดขึ้นตัดแปลงและจุดตัดลงตัดแปลงจุดที่  $k$  ที่เกิดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$  ตามลำดับ และให้  $t^{\uparrow i}$  แทนจุดตัดขึ้นที่  $i$  วิธีการขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลง คือวิธีการซื้อขายที่กำหนดการซื้อขาย  $(t^{\downarrow k}, t^{\uparrow k}, C)$ ,  $k=1,2,\dots,n_i$  โดยให้จุดซื้อคือจุด  $t^{\downarrow k} = t^{\uparrow k}$  ที่ซึ่ง  $t^{\uparrow k} \leq t^{\uparrow i}$  และมีจุดขายคือจุด  $t^{\downarrow k} = t^{\downarrow k}$  เมื่อ  $C > 0$  เป็นค่าคงที่ใดๆ

### ตัวอย่างที่ 3.5

เมื่อทำการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับข้อมูลราคาปิดของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ว่ามีคาบการซื้อขายทั้งหมด 4 คาบ ดังรูปที่ 3.7 ผลกำไรในแต่ละคาบ อัตรากำไรสุทธิ และอัตราความสำเร็จแสดงดังตารางที่ 3.5 เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบด้วยวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม (ตารางที่ 3.2) จะสังเกตได้ว่าวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงสามารถทำให้อัตรากำไรเฉลี่ยสูงขึ้นได้



รูปที่ 3.7 รูปแสดงจุดซื้อและจุดขายจากการทดสอบ

วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับหุ้น KBANK

เส้นสีแดงคือเส้น MACD เส้นสีน้ำเงินคือเส้นสัญญาณ เส้นสีม่วงคือเส้นสัญญาณตัดแปลง

จุดกลมสีเขียวคือจุดซื้อ และจุดกลมสีแดงคือจุดขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขาย  
ด้วยเส้นสัญญาณตัดแปลงกับหุ้น KBANK

คาบที่ ( $i$ )	ราคา ณ จุดซื้อ ( $p_{t_i}$ )	ราคา ณ จุดขาย ( $p_{t_i}$ )	อัตรากำไรสุทธิ ( ${}_iP$ )	ความสำเร็จ ( ${}_iS$ )
1	188.00	183.50	-0.02338	0
2	185.00	176.00	-0.04639	0
3	161.00	186.00	0.15527	1
4	185.00	185.00	0	0
อัตรากำไรเฉลี่ย = 0.02139			อัตราความสำเร็จ = 0.25	

### 3.12 สัญญาณจริงและสัญญาณหลอก

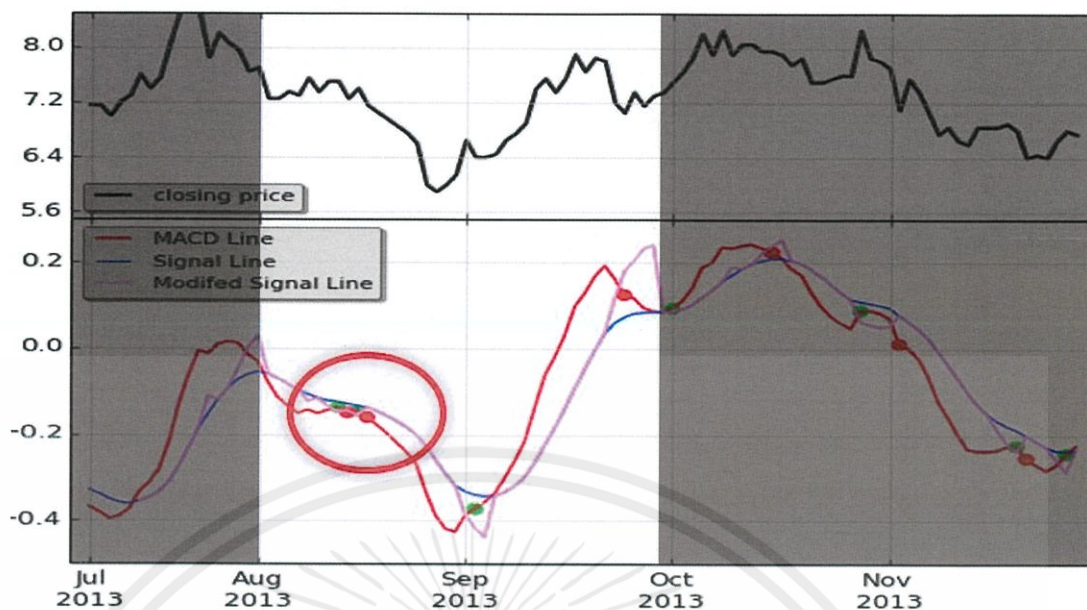
ในวิธีการซื้อขายเส้นสัญญาณตัดแปลง ในคาบใดๆ อาจมีการซื้อขายมากกว่า 1 รอบ แต่การซื้อขายที่คาดหวังคือการซื้อขายที่มีจุดตัดขึ้นอยู่ระหว่างจุดซื้อและจุดขายซึ่งจะเกิดขึ้นเพียง 1 รอบเท่านั้น ถ้ามีการซื้อขายมากกว่า 1 รอบ การซื้อขายครั้งอื่นๆ จะเกิดขึ้นก่อนการซื้อขายที่คาดหวังดังกล่าว และเนื่องจากเป็นการซื้อขายในช่วงที่ราคามีแนวโน้มลง (ขาลง) จึงมักจะทำให้ขาดทุน จะเรียกการซื้อขายที่คาดหวังว่าสัญญาณจริง และเรียกการซื้อขายอื่นๆ ว่าสัญญาณหลอก ดังนियามต่อไปนี้

นิยามที่ 3.23 ให้  $({}_it^{b_1}, {}_it^{s_1}, C), ({}_it^{b_2}, {}_it^{s_2}, C), \dots, ({}_it^{b_{n_i}}, {}_it^{s_{n_i}}, C)$  เป็นการซื้อขายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  ใดๆ จะเรียกการซื้อขาย  $({}_it^{b_k}, {}_it^{s_k}, C)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n_i$  ว่าสัญญาณจริง ถ้า

$${}_it^{b_k} \leq t_i^{\uparrow} < {}_it^{s_k}$$

มิฉะนั้นจะเรียกว่าสัญญาณหลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 รูปแสดงตัวอย่างสัญญาณหลอกจากการซื้อขายโดยใช้เส้นสัญญาณตัดแปลง  
ในพื้นที่สว่าง การซื้อขาย 2 รอบในวงรีสีแดงเป็นสัญญาณหลอก

สัญญาณหลอกจะทำให้เกิดการซื้อขายในช่วงที่ราคามีแนวโน้มลดลงจึงมักจะทำให้เกิดการขาดทุนการปรับเพิ่มค่าปรับแก้  $K$  จะทำให้เส้นสัญญาณตัดแปลงมีค่าเข้าใกล้เส้นสัญญาณจริง มีผลให้สามารถลดสัญญาณหลอกลงได้ แต่ก็จะทำให้สัญญาณจริงเกิดช้าลงด้วยเช่นกัน

### 3.13 การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

เพื่อลดการขาดทุนจากการซื้อขายด้วยสัญญาณหลอก จะใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีชื่อนูมาน ณ จุดซื้อในการซื้อขายครั้งใดๆ ว่าการซื้อขายครั้งนั้นมีความมั่นใจที่จะเป็นสัญญาณจริงเพียงใด และทำการซื้อขายในแต่ละครั้งโดยถ่วงน้ำหนักเงินทุนด้วยความมั่นใจดังกล่าว อันจะช่วยลดขนาดการขาดทุนจากการซื้อขายด้วยสัญญาณหลอกได้

นิยามที่ 3.24 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k)$  แทนการซื้อขายครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  จะเรียกสี่สิ่งอันดับ  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  ว่าการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก ครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  เมื่อ  ${}_i w^k \in [0,1]$  เรียกว่าน้ำหนักการซื้อขายครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  และผลกำไรจากการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักคำนวณโดย

$${}_i P^k = \left( \frac{P_{{}_i t^{s_k}}}{P_{{}_i t^{b_k}}} - 1 \right) {}_i C^k {}_i w^k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.14 ค่าความมั่นใจสัญญาณจริง

ในความเป็นจริง จะทราบว่าการซื้อขายครั้งใดๆ เป็นสัญญาณจริงหรือสัญญาณหลอกได้เมื่อ การซื้อขายครั้งนั้นเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น แต่การตัดสินใจว่าจะซื้อขายหุ้นจำนวนเท่าไรจะต้องทำ ณ วันที่ซื้อซึ่งไม่ทราบว่า จะเป็นสัญญาณจริงหรือไม่ ด้วยเหตุนี้ จะนำตรรกศาสตร์ฟัซซีมาใช้ในการ พิจารณา ณ วันที่ซื้อ ว่าการซื้อขายครั้งนั้นๆ มีความมั่นใจว่าจะ เป็นสัญญาณจริงเพียงไร และค่าความ มั่นใจดังกล่าวนี้จะถูกนำไปใช้คำนวณน้ำหนักการซื้อขาย โดยจะสมมติว่าจุดซื้อเป็นจุดเวลาปัจจุบัน และไม่ทราบข้อมูลราคาหลังจากนั้น นิยามของค่าความมั่นใจดังกล่าว และฟัซซีเซตต่างๆ ที่จะใช้ พิจารณามีดังต่อไปนี้ (นิยามโดยทั่วไปของฟัซซีเซตและหลักการของตรรกศาสตร์ฟัซซีสามารถศึกษา ได้ในหัวข้อ 2.1 ถึง 2.9)

นิยามที่ 3.25 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  เป็นการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  โดยที่  ${}_i t^{s_k}$  ยังไม่ทราบค่า ค่าความมั่นใจสัญญาณจริง ของการซื้อขาย แบบถ่วงน้ำหนักครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ${}_i z^k$  คือจำนวนจริงในช่วง  $[0,1]$  ที่ใช้แสดงถึงความมั่นใจที่  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  เป็นสัญญาณจริง ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$

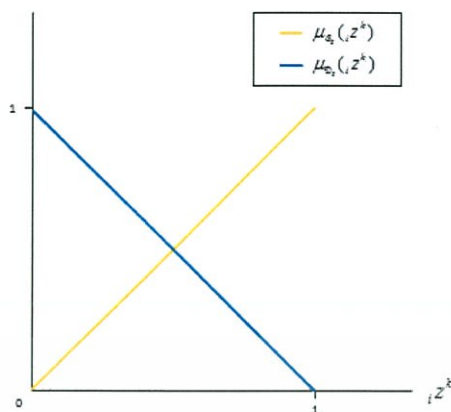
นิยามที่ 3.26 ให้  ${}_i z^k$  แทนค่าความมั่นใจสัญญาณจริงของการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mathcal{C}_2$  คือฟัซซีเซตของค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  ${}_i z^k$  ที่มีค่ามาก ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mathcal{C}_2}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mathcal{C}_2}({}_i z^k) = {}_i z^k$$

นิยามที่ 3.27 ให้  ${}_i z^k$  แทนค่าความมั่นใจสัญญาณจริงของการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ฟัซซีเซต TRADE-DOUBT หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mathcal{D}_2$  คือ ฟัซซีเซตของค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  ${}_i z^k$  ที่มีค่าน้อย ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mathcal{D}_2}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mathcal{D}_2}({}_i z^k) = 1 - {}_i z^k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  
เส้นสีส้มคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE  
เส้นสีน้ำเงินคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-DOUBT

ถึงแม้ว่านิยามที่ 3.25 จะกำหนดให้  $z^k$  มีค่าอยู่ในช่วง  $[0,1]$  แต่เนื่องจากการอนุมานด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้น จะมีการเลือกให้ค่า  $z^k$  เป็นจุดศูนย์กลางของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม (ดูนิยามที่ 2.7) ดังนั้นค่า  $z^k$  จะมากที่สุด ในกรณีที่ฟังก์ชันค่าความจริงมีเท่ากับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE และจะน้อยที่สุดในกรณีที่ฟังก์ชันค่าความจริงมีเท่ากับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-DOUBT กล่าวคือค่ามากที่สุดของ  $z^k$  คือจุดศูนย์กลางของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE และค่าน้อยที่สุดของ  $z^k$  คือจุดศูนย์กลางของฟัซซีเซต TRADE-DOUBT (ดูนิยามของจุดศูนย์กลางได้ในหัวข้อ 2.8) ดังนั้น เพื่อให้ค่าน้ำหนักการซื้อขายมีค่าอยู่ในช่วง  $[0,1]$  จะทำการแปลงค่าความมั่นใจสัญญาณจริงเป็นค่าน้ำหนักซื้อขายดังนิยามต่อไปนี้

นิยามที่ 3.28 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบใดๆ และ  $(t^{b^k}, t^{s^k}, C^k, w^k)$  เป็นการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักครั้งที่  $k$  ในคาบ  $(\tau_i)$  ที่มีค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  $z^k$  และให้  $\mu_{c_i}^*$  และ  $\mu_{d_i}^*$  เป็นจุดศูนย์กลางของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE และ TRADE-DOUBT ตามลำดับ ค่าน้ำหนักการซื้อขายจะคำนวณโดย

$$w^k = \frac{z^k - \mu_{d_i}^*}{\mu_{c_i}^* - \mu_{d_i}^*}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.15 ข้อมูลที่ใช้ในการอนุมานค่าความมั่นใจสัญญาณจริง

การอนุมานแบบฟัชซีคือการแปลงข้อมูลที่ทราบค่า จำนวนหนึ่งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการทราบค่า โดยใช้กฎฟัชซี เป็นเครื่องมือในการแปลงในที่นี้ ผลลัพธ์ที่เราต้องการทราบค่าคือค่าความมั่นใจสัญญาณจริง ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ทราบค่าที่จะใช้ในการอนุมาน ส่วนกฎฟัชซีจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

ในปัญหาพิเศษนี้ เราจะใช้ข้อมูลที่ทราบค่า 2 อย่างในการอนุมานค่าความมั่นใจสัญญาณจริงของการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  ใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ได้แก่

- (1) ค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min}$  (ดูนิยามที่ 3.17)
- (2) ค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $m_{{}_i t^{b_k}}$  เมื่อ  ${}_i t^{b_k}$  คือจุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  (ดูนิยามที่ 3.15)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลทั้งสองโดยละเอียด โดยจะอธิบายถึงหลักการและเหตุผลในการใช้พร้อมทั้งนิยามฟัชซีเซตต่างๆ บนโดเมนของข้อมูลทั้งสองที่จะใช้ในการอนุมาน

#### ข้อมูลจากค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด

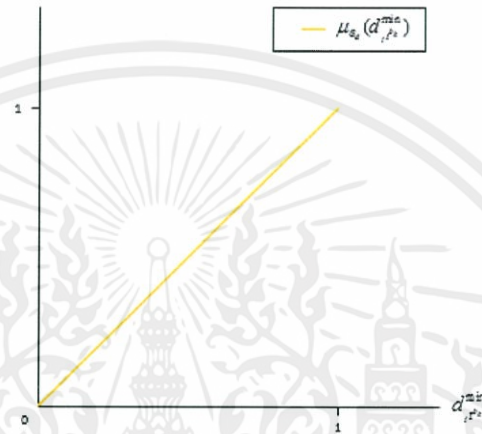
สำหรับการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  ใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ให้  ${}_i t^{b_k}$  แทนจุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  และให้  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min} = \left(1 - \frac{h_{{}_i t^{b_k}}}{h_{{}_i t^{*b_k}}}\right)$  แทนค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  เมื่อ  $h_{{}_i t^{b_k}} = m_{{}_i t^{b_k}} - s_{{}_i t^{b_k}}$  และ  $h_{{}_i t^{*b_k}} = m_{{}_i t^{*b_k}} - s_{{}_i t^{*b_k}}$  หลักการและเหตุผลในการเลือกนำค่า  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min}$  มาใช้เป็นข้อมูลในการอนุมานความมั่นใจสัญญาณจริงของ  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  มีดังนี้

เนื่องจากค่าความมั่นใจจุดต่ำสุดจะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าของ เส้น MACD ณ เวลาปัจจุบันมีค่าเข้าใกล้เส้นสัญญาณ ดังนั้นจึงสามารถมองได้ว่าค่าความมั่นใจจุดต่ำสุดนี้เป็นค่าความมั่นใจที่จุดเวลาปัจจุบันเป็นจุดที่เส้น MACD ตัดขึ้นเส้นสัญญาณได้เช่นกัน และถ้าหากจุดเวลาปัจจุบันเป็นจุดเวลาซื้อของการซื้อขายครั้งหนึ่งๆ และจุดนั้นเป็นจุดตัดขึ้น จะสามารถตีความได้ว่าการซื้อขายครั้งนั้นเป็นสัญญาณจริงเช่นกัน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงเลือกนำค่า  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min}$  มาใช้เป็นข้อมูลในการอนุมานความมั่นใจสัญญาณจริงของ  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  โดยจะตีความว่าค่า  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min}$  ที่มากขึ้นจะส่งผลต่อค่าความมั่นใจสัญญาณจริงที่มากขึ้นด้วย และจะกำหนดฟัชซีเซตบนโดเมนของ  $d_{{}_i t^{b_k}}^{\min}$  ดังนี้

นิยามที่ 3.29 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  แทนการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  และให้  $d_{i,t^{b_k}}^{\min}$  แทนค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  $t^{b_k}$  ฟัชซีเซต MIN-CONFIDENCE หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mathcal{C}_d$  คือฟัชซีเซตของค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด  $d_{i,t^{b_k}}^{\min}$  ที่มีค่ามาก ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mathcal{C}_d}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mathcal{C}_d}(d_{i,t^{b_k}}^{\min}) = d_{i,t^{b_k}}^{\min}$$



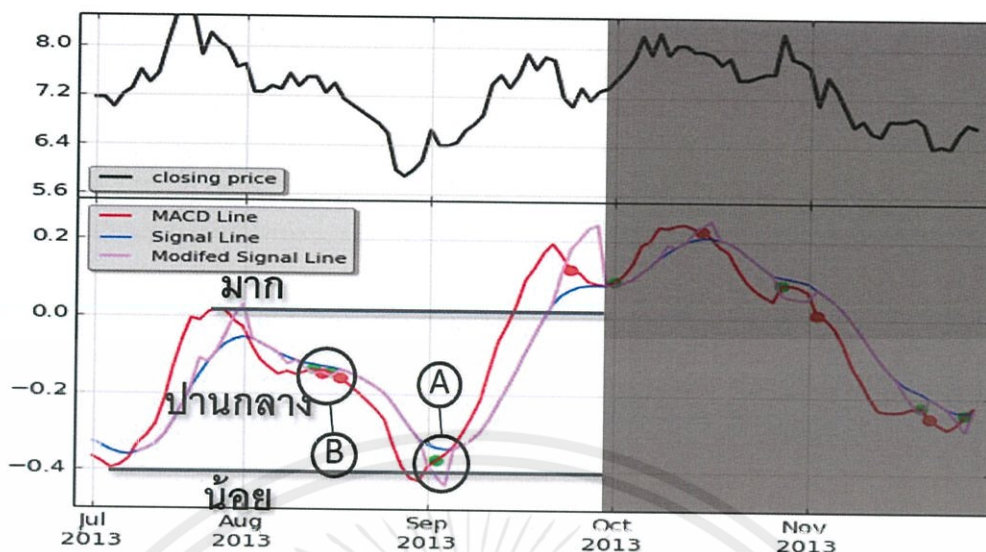
รูปที่ 3.10 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต MIN-CONFIDENCE  
เส้นสีส้มคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัชซีเซต MIN-CONFIDENCE

ข้อมูลจากค่าของเส้น MACD ณ จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี

สำหรับการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  ใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  ให้  $m_{i,t^{b_k}}$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  $t^{b_k}$  โดยที่  $t^{b_k}$  คือจุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  $t^{b_k}$  หลักการและเหตุผลในการเลือกนำค่า  $m_{i,t^{b_k}}$  มาใช้เป็นข้อมูลในการอนุมานความมั่นใจสัญญาณจริงของ  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  มีดังนี้

จากการทดสอบระบบซื้อขาย เส้นสัญญาณ ดัดแปลง เราสังเกตว่าถ้าเราสามารถแบ่งค่าของเส้น MACD คาบออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มาก ปานกลาง และน้อย เราจะสามารถกล่าวได้ว่าถ้า  $m_{i,t^{b_k}}$  มีค่าอยู่ในระดับมาก หรือปานกลาง การซื้อขาย  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  มักจะเป็นสัญญาณหลอก แต่ถ้า  $m_{i,t^{b_k}}$  มีค่าอยู่ในระดับน้อย การซื้อขาย  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  ย่อมจะมีโอกาสเป็นสัญญาณจริงได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 รูปแสดงแนวคิดการแบ่งค่าของเส้น MACD ออกเป็นสามระดับ

วงกลม B คือแสดงถึงช่วงที่ เส้น MACD มีค่าปานกลาง ซึ่งการซื้อขายในช่วงนี้มักจะเป็นสัญญาณหลอก วงกลม A แสดงถึงช่วงที่ เส้น MACD มีค่าน้อย ซึ่งการซื้อขายในช่วงนี้มีโอกาสที่จะเป็นสัญญาณจริงได้มากกว่า

เราได้นำเอาแนวคิดเรื่องค่าขอบเขตการซื้อสั้น (Overbought) และขอบเขตการขายสั้น (Oversold) มาใช้ในการแบ่งค่าของ เส้น MACD ออกเป็น 3 ระดับดังกล่าว ค่าขอบเขตการซื้อสั้นคือค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการทำนายว่า เส้น MACD มีค่ามากเกินไปและกำลังจะเปลี่ยนจากแนวโน้มขึ้นไปสู่แนวโน้มลง ในทำนองเดียวกัน ค่าขอบเขตการขายสั้นคือค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการทำนายว่า เส้น MACD มีค่าน้อยเกินไปและกำลังจะเปลี่ยนจากแนวโน้มลงไปสู่แนวโน้มขึ้น ค่าขอบเขตการซื้อสั้นและค่าขอบเขตการขายสั้นนิยมกำหนดโดยใช้จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของคาบก่อนๆ หนึ่ง

นิยามที่ 3.30 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบ ค่าขอบเขตการซื้อสั้นในคาบ  $(\tau_i)$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $M_i^{high}$  คือค่าของ เส้น MACD ณ จุดสูงสุดของคาบก่อนหน้าจำนวน  $R$  คาบ

$$M_i^{high} = m_{(i-R)}^{\max}$$

โดยที่  $R \geq 1$  เป็นพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 3.31 ให้  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  เป็นคาบ ค่าขอบเขตการขายสั้นในคาบ  $(\tau_i)$  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ${}_iM^{low}$  คือค่าของ เส้น MACD ณ จุดต่ำสุดของคาบก่อนหน้าจำนวน  $R$  คาบ

$${}_iM^{low} = m_{(i-R)t^{min}}$$

โดยที่  $R \geq 1$  เป็นพารามิเตอร์

จะแบ่งค่าของ เส้น MACD ในคาบหนึ่งๆ ออกเป็นสามระดับโดยใช้ฟuzzyเซตดังนี้

นิยามที่ 3.32 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  แทนการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  และให้  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  ${}_i t^{*b_k}$  โดยที่  ${}_i t^{*b_k}$  จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  ฟuzzyเซต MACD-HIGH หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_{\mathcal{C}_m}$  คือฟuzzyเซตของ  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  ที่มีค่ามาก ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mathcal{C}_m}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mathcal{C}_m}(m_{{}_i t^{*b_k}}) = \begin{cases} 1 & , m_{{}_i t^{*b_k}} > {}_i M^{high} \\ \frac{m_{{}_i t^{*b_k}} - {}_i M^{1/2}}{{}_i M^{high} - {}_i M^{1/2}} & , {}_i M^{1/2} \leq m_{{}_i t^{*b_k}} \leq {}_i M^{high} \\ 0 & , m_{{}_i t^{*b_k}} < {}_i M^{1/2} \end{cases}$$

$$\text{โดยที่ } {}_i M^{1/2} = \frac{{}_i M^{high} + {}_i M^{low}}{2}$$

นิยามที่ 3.33 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  แทนการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  และให้  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  ${}_i t^{*b_k}$  โดยที่  ${}_i t^{*b_k}$  จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  ฟuzzyเซต MACD-MEDIUM หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_{\mathcal{C}_m}$  คือฟuzzyเซตของ  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  ที่มีค่าปานกลาง ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mathcal{C}_m}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mathcal{C}_m}(m_{{}_i t^{*b_k}}) = \begin{cases} 0 & , m_{{}_i t^{*b_k}} > {}_i M^{3/4} \\ \frac{{}_i M^{3/4} - m_{{}_i t^{*b_k}}}{{}_i M^{3/4} - {}_i M^{1/2}} & , {}_i M^{1/2} \leq m_{{}_i t^{*b_k}} \leq {}_i M^{3/4} \\ \frac{m_{{}_i t^{*b_k}} - {}_i M^{1/4}}{{}_i M^{1/2} - {}_i M^{1/4}} & , {}_i M^{1/4} \leq m_{{}_i t^{*b_k}} < {}_i M^{1/2} \\ 0 & , m_{{}_i t^{*b_k}} < {}_i M^{1/4} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$${}_iM^{1/2} = \frac{{}_iM^{high} + {}_iM^{low}}{2}$$

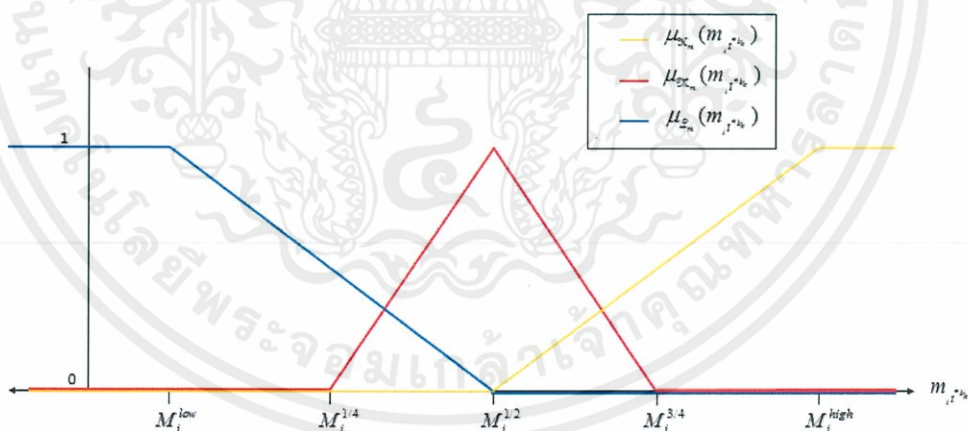
$${}_iM^{1/4} = \frac{{}_iM^{high} + 3{}_iM^{low}}{4}$$

$$\text{และ } {}_iM^{3/4} = \frac{3{}_iM^{high} + {}_iM^{low}}{4}$$

นิยามที่ 3.34 ให้  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i w^k)$  แทนการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$ ,  $i=1,2,\dots,r$  และให้  $m_{i \cdot b_k}$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  โดยที่  ${}_i t^{b_k}$  จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$  ฟังก์ชันเซต MACD LOW หรือแทนด้วยสัญลักษณ์  $\mu_m$  คือฟังก์ชันเซตของ  $m_{i \cdot b_k}$  ที่มีค่าน้อย ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก  $\mu_{\mu_m}$  ที่กำหนดดังนี้

$$\mu_{\mu_m}(m_{i \cdot b_k}) = \begin{cases} 1 & , m_{i \cdot b_k} < {}_iM^{low} \\ \frac{{}_iM^{1/2} - m_{i \cdot b_k}}{{}_iM^{1/2} - {}_iM^{low}} & , {}_iM^{low} \leq m_{i \cdot b_k} \leq {}_iM^{1/2} \\ 0 & , m_{i \cdot b_k} > {}_iM^{1/2} \end{cases}$$

$$\text{โดยที่ } {}_iM^{1/2} = \frac{{}_iM^{high} + {}_iM^{low}}{2}$$



รูปที่ 3.12 กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของค่าของเส้น MACD  
 เส้นสีส้มคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซต MACD-HIGH  
 เส้นสีน้ำเงินคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซต MACD-LOW  
 และเส้นสีน้ำแดงคือกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซต MACD-MEDIUM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.16 กฎฟัซซี

จากหลักการและเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.15 สามารถสรุปแนวคิดออกมาเป็นกฎฟัซซีได้ 3 ข้อดังนี้

นิยามที่ 3.35 ให้

$(\tau_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$  เป็นคาบ

$({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$  แทนการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักใดๆ ในคาบ  $(\tau_i)$

${}_i t^{*b_k}$  จุดต่ำสุดจากข้อมูลเท่าที่มี ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$

$m_{{}_i t^{*b_k}}$  แทนค่าของ เส้น MACD ณ เวลา  ${}_i t^{*b_k}$

$d_{{}_i t^{*b_k}}^{\min}$  แทนค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ณ เวลา  ${}_i t^{b_k}$

และ  ${}_i z^k$  แทนค่าความมั่นใจสัญญาณจริงของ  $({}_i t^{b_k}, {}_i t^{s_k}, {}_i C^k, {}_i W^k)$

กำหนดกฎฟัซซีที่ใช้ในการอนุมาน  ${}_i z^k$  ดังต่อไปนี้

(R1) IF  $d_{{}_i t^{*b_k}}^{\min}$  IS MIN-CONFIDENCE THEN  ${}_i z^k$  IS TRADE-CONFIDENCE

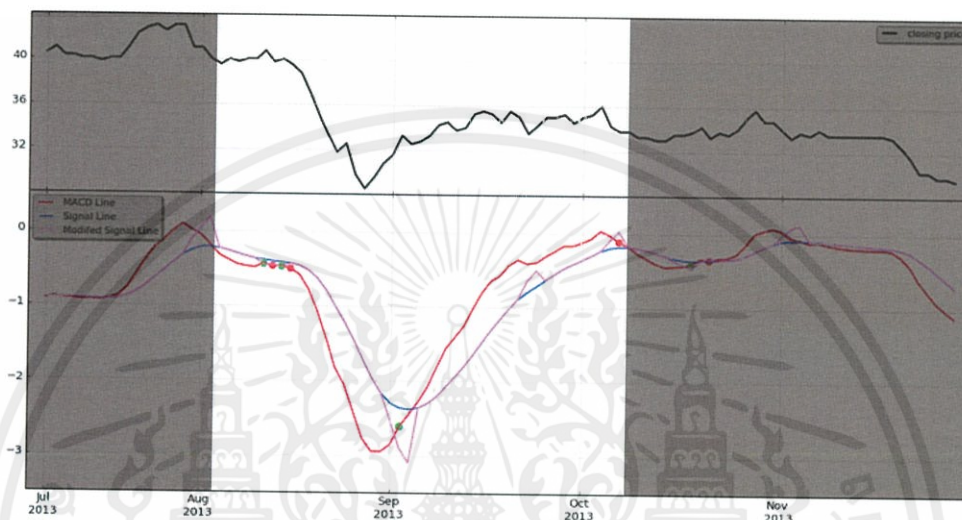
(R2) IF  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  IS MACD-LOW THEN  ${}_i z^k$  IS TRADE-CONFIDENCE

(R3) IF  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  IS MACD-HIGH OR  $m_{{}_i t^{*b_k}}$  IS MACD-MEDIUM THEN  ${}_i z^1$  IS TRADE-DOUBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.17 ตัวอย่างการอนุมาณค่าความมั่นใจสัญญาณจริงและการแปลงค่าความมั่นใจ สัญญาณจริงเป็นค่าน้ำหนักการซื้อขาย

เมื่อทดสอบระบบซื้อขาย เส้นสัญญาณ ดัดแปลงด้วยพารามิเตอร์  $K=1$  กับข้อมูลในอดีตของหุ้น MCOT ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะเกิดการซื้อขายดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 รูปแสดงจุดซื้อขายจากการทดสอบระบบซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงกับหุ้น MCOT

จากรูปที่ 3.13 สมมติให้ช่วงเวลาในพื้นที่สว่างคือคาบ  $(\tau_i)$  จะเห็นว่าในคาบมีการซื้อขายทั้งสิ้น 3 ครั้ง ซึ่งจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $(_i t^h, _i t^s, C)$ ,  $(_i t^{b2}, _i t^{s2}, C)$ ,  $(_i t^{b3}, _i t^{s3}, C)$  จะเห็นได้ชัดว่าการซื้อขาย  $(_i t^h, _i t^s, C)$  และ  $(_i t^{b2}, _i t^{s2}, C)$  เป็นสัญญาณหลอก และ  $(_i t^{b3}, _i t^{s3}, C)$  เป็นสัญญาณจริง

เมื่อทดสอบโดยใช้การซื้อขายแบบธรรมดา (ไม่ถ่วงน้ำหนัก) โดยให้  $C=100$  ผลกำไรของการซื้อขายแต่ละครั้ง และอัตรากำไรสุทธิในคาบแสดงดังตารางที่ 3.5 และเมื่อทดสอบโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักจะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณ  
ดัดแปลง

การซื้อขายครั้งที่ ( $k$ )	ราคา ณ วันที่ซื้อ ( $p_{i,t^k}$ )	ราคา ณ วันที่ขาย ( $p_{i,t^k}$ )	ผลกำไร ( ${}_iP^k$ )
1	40.75	39.75	-2.45399
2	40.00	39.50	-1.24999
3	33.25	33.75	1.50376
อัตรากำไรสุทธิในคาบ ( ${}_iP$ ) = 0.02122			

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบระบบซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณ  
ดัดแปลงที่ใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

การซื้อขายครั้งที่ ( $k$ )	ราคา ณ วันที่ซื้อ ( $p_{i,t^k}$ )	ราคา ณ วันที่ขาย ( $p_{i,t^k}$ )	น้ำหนักการซื้อขาย ( ${}_i w^k$ )	ผลกำไร ( ${}_i P^k$ )
1	40.75	39.75	0.38247	-0.93858
2	40.00	39.50	0.38284	-0.47855
3	33.25	33.75	1.0	1.50376
อัตรากำไรสุทธิในคาบ ( ${}_i P$ ) = 0.00085				

ในหัวข้อนี้ จะแสดงตัวอย่างการอนุมาณค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  ${}_i z^1$  ของการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก ( ${}_i t^h, {}_i t^s, C, {}_i w^1$ ) และการแปลง  ${}_i z^1$  เป็นน้ำหนักการซื้อขาย  ${}_i w^1$  โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอนได้แก่

- (1) การอนุมาณในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัชซีแต่ละข้อ
- (2) การอนุมาณหาฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมจากกฎฟัชซี
- (3) การเลือกค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  ${}_i z^1$  จากกฎฟัชซี
- (4) การแปลงค่าความมั่นใจสัญญาณจริง  ${}_i z^1$  ไปเป็นค่าน้ำหนักการซื้อขาย  ${}_i w^1$

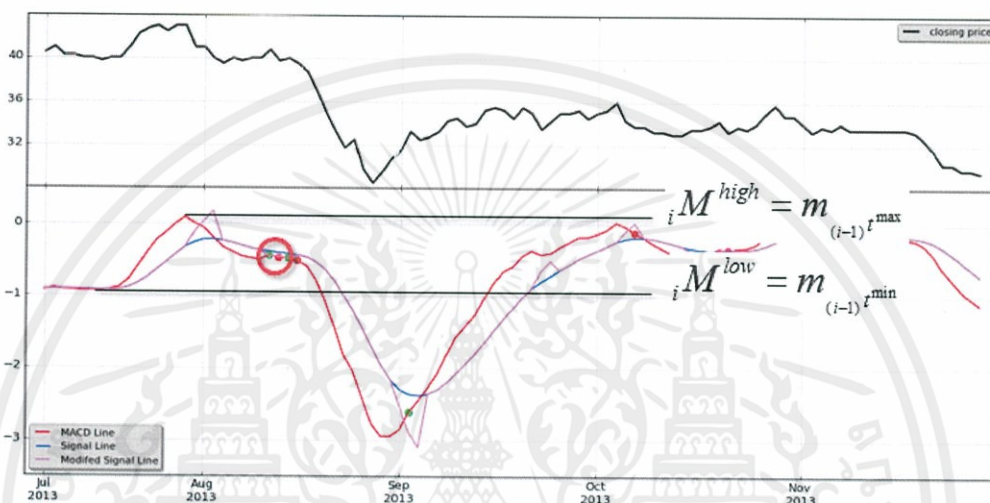
ค่าความมั่นใจสัญญาณจริงและน้ำหนักการซื้อขายของการซื้อขายครั้งอื่นๆ สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้ตรรกศาสตร์ฟัชซีสามารถดูได้ในหัวข้อ 2.1 ถึง 2.9

ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการอนุมาณค่า  ${}_i z^1$  แสดงดังตารางที่ 3.7 เมื่อขอบเขตการซื้อและขอบเขตการขายล่วงหน้ากำหนดโดยใช้จุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของคาบ ( $\tau_{i-1}$ ) ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงข้อมูลที่จำเป็นในตัวอย่างการอนุมานสัญญาณจริง

ค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด ( $d_{i,t_h}^{\min}$ )	ค่าของ เส้น MACD ณ จุดต่ำสุดจากข้อมูล เท่าที่มี ( $m_{i,t_h}$ )	ค่าขอบเขตการซื้อสั้น ( ${}_iM^{high}$ )	ค่าขอบเขตการขายสั้น ( ${}_iM^{low}$ )
0.53478	-0.49455	0.08829	-0.93989



รูปที่ 3.14 รูปแสดงค่าขอบเขตการซื้อสั้นและค่าขอบเขตการขายสั้นที่กำหนดโดยจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของคาบก่อนหน้า

### (1) การอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบพีชชีแต่ละข้อ

จะพิจารณาค่าความจริงของประพจน์ผลในประพจน์เงื่อนไข (R1) (R2) และ (R3) ในกฎพีชชีตามนิยาม 3.35 ทีละข้อดังนี้

#### ประพจน์เงื่อนไข (R1)

IF  $d_{i,t_h}^{\min}$  IS MIN-CONFIDENCE THEN  ${}_i z^1$  IS TRADE-CONFIDENCE

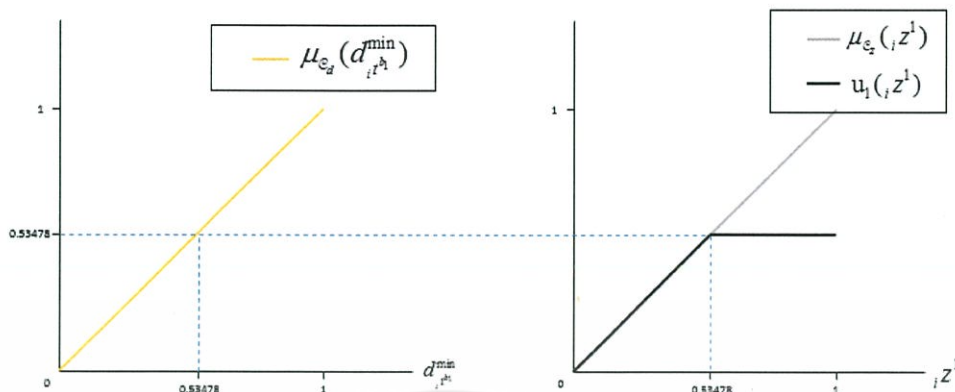
มีประพจน์เหตุคือ  $d_{i,t_h}^{\min}$  IS MIN-CONFIDENCE ซึ่งมีค่าความจริงคือ

$$\mu_{e_d}(d_{i,t_h}^{\min}) = \mu_{e_d}(0.53478) = 0.53478$$

และมีประพจน์ผลคือ  ${}_i z^1$  IS TRADE-CONFIDENT ซึ่งเมื่อให้  $u_1$  แทนฟังก์ชันค่าความจริง จะได้ว่าค่าความจริงสำหรับทุกๆ  ${}_i z^1 \in [0,1]$  คำนวณโดย

$$u_1({}_i z^1) = \min \{ \mu_{e_d}(d_{i,t_h}^{\min}), \mu_{e_z}({}_i z^1) \} = \min \{ 0.53478, \mu_{e_z}({}_i z^1) \}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี (R1) (ซ้าย) เส้นสีส้มคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต MIN-CONFIDENCE โดยค่าความมั่นใจจุดต่ำสุด  $d_{i,h}^{\min} = 0.53478$  มีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต MIN-CONFIDENCE เท่ากับ

$$\mu_{c_d}(d_{i,h}^{\min}) = \mu_{c_d}(0.53478) = 0.53478$$

(ขวา) เส้นสีเทาคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE เส้นสีน้ำตาลคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_1 : u_1(z^1) = \min\{0.53478, \mu_{c_2}(z^1)\}$

#### ประพจน์เงื่อนไข R2

IF  $m_{i,h}$  IS MACD-LOW THEN  $z^1$  IS TRADE-CONFIDENCE

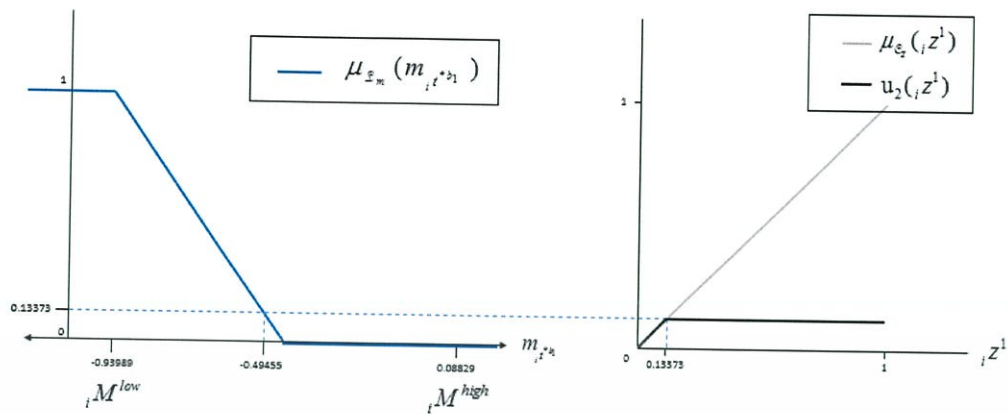
มีประพจน์เหตุคือ  $m_{i,h}$  IS MACD-LOW ซึ่งมีค่าความจริงคือ

$$\mu_{c_m}(m_{i,h}) = \mu_{c_m}(-0.49455) = 0.13373$$

และมีประพจน์ผลคือ  $z^1$  IS TRADE-CONFIDENT ซึ่งเมื่อให้  $u_2$  แทนฟังก์ชันค่าความจริง จะได้ว่าค่าความจริงสำหรับทุกๆ  $z^1 \in [0,1]$  คำนวณโดย

$$u_2(z^1) = \min\{\mu_{c_m}(m_{i,h}), \mu_{c_2}(z^1)\} = \min\{0.13373, \mu_{c_2}(z^1)\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี (R2) (ซ้าย) เส้นสีฟ้าคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต MACD-LOW โดยค่าของเส้น

MACD  $m_{i,t,h} = -0.49455$  มีค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต MACD-LOW เท่ากับ

$$\mu_{\varepsilon_m}(m_{i,t,h}) = \mu_{\varepsilon_m}(-0.49455) = 0.13373$$

(ขวา) เส้นสีเทาคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริงของฟัซซีเซต TRADE-CONFIDENCE เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_2 : u_2(z^1) = \min\{0.13373, \mu_{\varepsilon_2}(z^1)\}$

### ประพจน์เงื่อนไข R3

IF  $m_{i,t,h}$  IS MACD-HIGH OR  $m_{i,t,h}$  IS MACD-MEDIUM  
THEN  $z^1$  IS TRADE-DOUBT

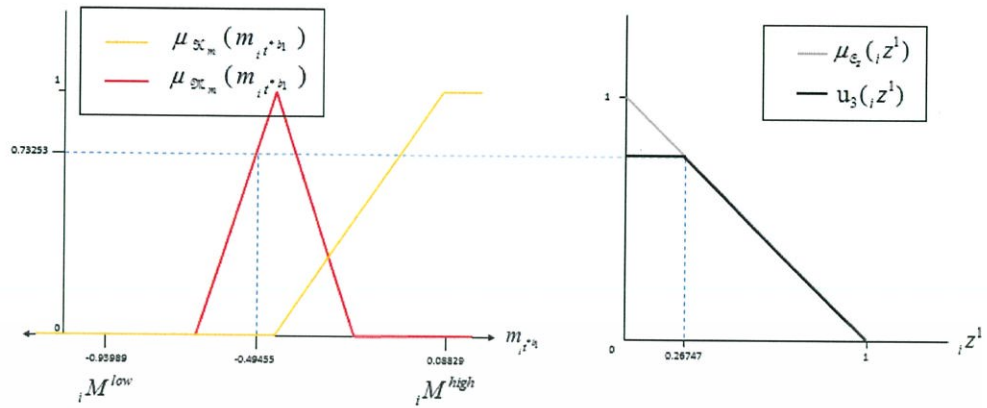
มีประพจน์เหตุคือ  $m_{i,t,h}$  IS MACD-HIGH OR  $m_{i,t,h}$  IS MACD-MEDIUM ซึ่งมีค่าความจริงคือ

$$\max\{\mu_{\varepsilon_m}(m_{i,t,h}), \mu_{\varepsilon_m}(m_{i,t,h})\} = \max\{0, 0.73253\} = 0.73253$$

และมีประพจน์ผลคือ  $z^1$  IS TRADE-DOUBT ซึ่งเมื่อให้  $u_3$  แทนฟังก์ชันค่าความจริง จะได้ว่าค่าความจริงสำหรับทุกๆ  $z^1 \in [0,1]$  คำนวณโดย

$$u_3(z^1) = \min\{\max\{\mu_{\varepsilon_m}(m_{i,t,h}), \mu_{\varepsilon_m}(m_{i,t,h})\}, \mu_{\varepsilon_2}(z^1)\} = \min\{0.73253, \mu_{\varepsilon_2}(z^1)\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

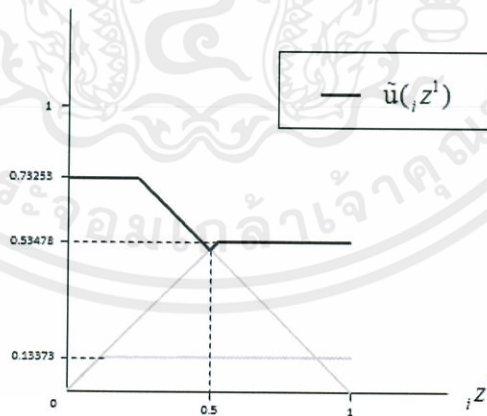


รูปที่ 3.17 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงจากการอนุมานในประพจน์เงื่อนไขแบบฟัซซี (R3) (ซ้าย) เส้นสีส้มคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต MACD-HIGH เส้นสีแดงคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต MACD-MEDIUM โดยประพจน์เหตุในประพจน์เงื่อนไข (R3) มีค่าความจริงเท่ากับ  $\max \{ \mu_{z_m}(m_{i^*h_1}), \mu_{z_m}(m_{i^*h_1}) \} = 0.73253$  (ขวา) เส้นสีเทาคือเส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต TRADE-DOUBT เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริง  $u_3 : u_3(z^1) = \min \{ 0.73253, \mu_{z^1}(z^1) \}$

(2) การอนุมานหาฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมจากกฎฟัซซี

เมื่อให้  $\tilde{u}$  แทนฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม จะได้ว่าค่าความจริงโดยรวมสำหรับทุกๆ  $z^1 \in [0,1]$  คำนวณโดย

$$\tilde{u}(z^1) = \max \{ u_1(z^1), u_2(z^1), u_3(z^1) \}$$



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

เส้นสีดำคือเส้นกราฟของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมที่คำนวณมาจาก

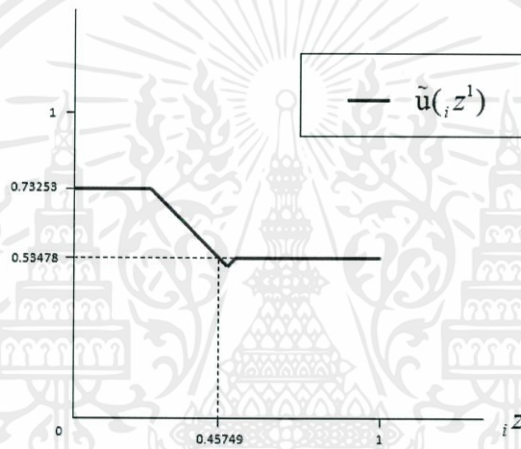
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ส่วนตัวเท่านั้น ห้ามเผยแพร่ (เส้นสีเทา) หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) การเลือกค่าความมั่นใจสัญญาจริง  ${}_i z^1$  จากฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

ให้  $\tilde{u}^*$  แทนจุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม  $\tilde{u}$  จะได้

$$\tilde{u}^* = \frac{\int_0^1 {}_i z^1 \tilde{u}({}_i z^1) d {}_i z^1}{\int_0^1 \tilde{u}({}_i z^1) d {}_i z^1} = 0.45749$$

วิธีการคำนวณจุดศูนย์ถ่วงแบบประมาณสามารถดูได้ในหัวข้อ 2.8 ในที่นี้เขียนโดยใช้สัญลักษณ์ปริพันธ์แทนที่จะใช้สัญลักษณ์ผลรวม (summation) เพื่อลดความซับซ้อนในการเขียน



รูปที่ 3.19 รูปแสดงจุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวม

จุดศูนย์ถ่วงของฟังก์ชันค่าความจริงโดยรวมจากการอนุมานในกฎฟัซซีมีค่ากับ 0.45749

(4) การแปลงค่าความมั่นใจสัญญาจริง  ${}_i z^1$  ไปเป็นค่าน้ำหนักการซื้อขาย  ${}_i w^1$

เมื่อเลือกให้  ${}_i z^1 = \tilde{u}^* = 0.45749$  เป็นค่าความมั่นใจสัญญาจริงของการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก  $({}_i t^h, {}_i t^s, C, {}_i w^1)$  จะสามารถคำนวณน้ำหนักการซื้อขาย  ${}_i w^1$  ได้คือ

$${}_i w^1 = \frac{{}_i z^1 - \mu_{\mathcal{D}_2}^*}{\mu_{\mathcal{C}_2}^* - \mu_{\mathcal{D}_2}^*} = \frac{0.45749 - 0.33}{0.66 - 0.33} = 0.38633$$

เมื่อ  $\mu_{\mathcal{D}_2}^*$  คือจุดศูนย์ถ่วงของฟัซซีเซต  $\mathcal{D}_2$  และ  $\mu_{\mathcal{C}_2}^*$  คือจุดศูนย์ถ่วงของฟัซซีเซต  $\mathcal{C}_2$  สังเกตว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากตารางที่ 3.7 เล็กน้อยเนื่องจากการปัดเศษทศนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการดำเนินงานและอภิปรายผล

เมื่อทำการทดสอบวิธีการซื้อขายต่างๆ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยทดสอบกับหุ้นแต่ละตัวในกลุ่ม SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 และวัดผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ยจากการทดสอบหุ้นแต่ละตัว ได้ผลลัพธ์ดังนี้

### 4.1 ผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง

อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ยจากการทดสอบด้วยค่าปรับแก้  $K$  ต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง

$K$	อัตราความสำเร็จ	อัตรากำไรเฉลี่ย
0.1	0.57257	0.03280
0.2	0.53819	0.02796
0.4	0.50243	0.02469
0.6	0.48090	0.02347
0.8	0.45156	0.02273
1.0	0.45122	0.02220
1.2	0.43785	0.02051
1.4	0.43785	0.02022

จากตารางที่ 4.1 จะสังเกตได้ว่าค่า  $K$  ยิ่งมีค่าน้อยจะยิ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อให้  $K = 0.1$  ได้อัตราความสำเร็จเท่ากับ 0.57257 และอัตรากำไรเฉลี่ยเท่ากับ 0.03280 ทั้งนี้เนื่องมาจากเส้น MACD ของหุ้นในกลุ่ม SET-100 มีความราบเรียบมาก เกิดสัญญาณหลอกน้อยครั้ง จึงสามารถเลือกค่า  $K$  ที่มีค่าน้อยเพื่อมุ่งไปที่การทำให้สัญญาณซื้อขายเกิดเร็วที่สุดซึ่งส่งผลให้ได้กำไรมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรเฉลี่ยจากการทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์  $K$  และ  $R$  ต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

$K$	$R$	อัตราความสำเร็จ	อัตรากำไรเฉลี่ย
0.1	1	0.61018	0.03788
0.5	1	0.55228	0.03163
1.0	1	0.52158	0.03129
0.1	2	0.55313	0.02269
0.5	2	0.50520	0.02100
1.0	2	0.45938	0.02030

จากตารางที่ 4-2 จะเห็นว่าในการทดสอบที่  $R$  เท่ากัน ค่า  $K$  ยิ่งน้อยจะยิ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคล้อยกับการทดสอบในหัวข้อ 4.1 โดยผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อให้  $K = 0.1$  และ  $R = 1$  ได้ว่าอัตราความสำเร็จคือ 0.61018 และอัตรากำไรเฉลี่ยคือ 0.03788 อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าค่า  $R$  ส่งผลอย่างไรต่อผลลัพธ์เพราะข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบยังมีน้อยเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายต่างๆ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง เทียบกับวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม MACDR1 และ MACDR2

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลลัพธ์จากการซื้อขายหุ้นโดยใช้ MACD ในวิธีต่างๆ

	อัตราความสำเร็จ	อัตรากำไรเฉลี่ย
MACD	0.36440	0.00498
MACDR1	0.56042	0.00712
MACDR2	0.74573	0.02416
เส้นสัญญาณ ดัดแปลง	0.57257	0.03280
เส้นสัญญาณ ดัดแปลงและการ ซื้อขายแบบถ่วง น้ำหนัก	0.61018	0.03788

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าวิธีการซื้อขายที่มีอัตราความสำเร็จสูงสุดคือ MACDR2 (0.74573) รองลงมาคือ วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงที่ใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก (0.61018) และอันดับสามคือวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงแบบธรรมดา (0.57257) จะสังเกตได้ว่าแม้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงจะให้อัตราความสำเร็จต่ำกว่า MACDR2 แต่สามารถให้อัตรากำไรที่สูงกว่า โดยมีอัตรากำไรเฉลี่ยเท่ากับ 0.03280 ซึ่งมากกว่า MACDR2 (0.02416) และเมื่อใช้กับการซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักสามารถเพิ่มอัตรากำไรขึ้นได้เป็น 0.03788

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลงานวิจัย

การใช้เส้นสัญญาณดัดแปลงแทนเส้นสัญญาณเดิม สามารถทำให้ การซื้อขายหุ้นด้วยวิธี MACD มีสัญญาณซื้อขายที่เร็วขึ้น ส่งผลให้อัตราความสำเร็จและอัตรากำไรสูงขึ้น และเมื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบกับ MACDR2 พบว่าแม้อัตราความสำเร็จจะดีกว่า แต่สามารถให้อัตรากำไรเฉลี่ยที่สูงกว่าในการทดสอบกับข้อมูลราคาปิดรายวันของหุ้นแต่ละตัวในกลุ่ม SET-100 ตั้งแต่วันที่ 28 พฤศจิกายน ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

การใช้เส้นสัญญาณดัดแปลงมีจุดอ่อนคือ จะเกิดสัญญาณหลอก ที่มักจะทำให้การซื้อขายขาดทุน การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ค่าน้ำหนักการซื้อขายที่อนุมาณจากตรรกศาสตร์ฟัซซี สามารถช่วยบรรเทาจุดอ่อนนี้และทำให้อัตรากำไรเฉลี่ยและอัตราความสำเร็จสูงขึ้นได้

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในปัญหาพิเศษนี้ใช้ข้อมูลราคาระยะเวลาเพียง 5 เดือน ซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่รัดกุมมาก แนวทางการซื้อขายหุ้นโดยใช้เส้นสัญญาณดัดแปลงนี้ยังควรต้องทดสอบข้อมูลที่หลากหลายและมีระยะเวลานานกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Gunter Meissner, Albin Alex, Kai Nolte, “A Refined MACD Indicator – Evidence against the Random Walk Hypothesis?”, 2001.
- [2] Michael Negnevitsky, “Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems”, Pearson Education, 2002.
- [3] Steven Achelis, “Technical Analysis from A to Z”, McGraw-Hill, 2013.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### รหัสต้นฉบับสำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขาย

การทดสอบวิธีการซื้อขายในปัญหาพิเศษนี้ทำโดยใช้ชุดซอฟต์แวร์ภาษาไพธอน (Python) ที่มีชื่อว่า Pythonxy (อ่านว่าไพธอนเอ็กซ์วาย) ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์อันหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) และเป็นซอฟต์แวร์เปิดภายใต้ลิขสิทธิ์ GNU General Public License ซึ่งให้อิสระในการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง Pythonxy สามารถดาวน์โหลดโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายได้ที่

<https://code.google.com/p/pythonxy/wiki/Downloads?tm=2>

ในภาคผนวก ก จะแสดงรหัสต้นฉบับ (source code) ทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบวิธีการซื้อขายในปัญหาพิเศษนี้ รหัสต้นฉบับเหล่านี้ สามารถนำไปทดสอบซ้ำหรือแก้ไขดัดแปลงเพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ ภาคผนวก ข จะกล่าวถึงวิธีการใช้และตัวอย่างการใช้งานบางประการ

รหัสต้นฉบับทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 13 ไฟล์ ตามจุดประสงค์ในการทำงานของรหัสแต่ละส่วน ชื่อไฟล์และจุดประสงค์ในการทำงานของแต่ละไฟล์แสดงในตารางที่ ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตารางอธิบายจุดประสงค์ในการทำงานของไฟล์รหัสต้นฉบับ

ชื่อไฟล์	จุดประสงค์ในการทำงาน
data.py	สำหรับจัดการเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลราคาหุ้นที่จัดเก็บในไฟล์อักษร (text file) ให้เป็นข้อมูลในรูปแบบอนุกรมเวลา (time series) ที่พร้อมใช้
ema.py	สำหรับการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
macd.py	สำหรับการคำนวณ MACD และเส้นสัญญาณ
modifiedsignalline.py	สำหรับการคำนวณเส้นสัญญาณดัดแปลง
basic.py	เป็นที่รวมฟังก์ชันสำหรับการวิเคราะห์เบื้องต้น เช่น การแบ่งคาบการซื้อขาย การหาจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดในคาบ การนิยามการซื้อขายและการคำนวณอัตรากำไรเป็นต้น
plot.py	สำหรับพล็อตกราฟ
fuzzy.py	สำหรับการคำนวณตามทฤษฎีตรรกศาสตร์ฟัซซี
tradingtest_originalmacd.py	สำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม
tradingtest_macdr1.py	สำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขาย MACDR1
tradingtest_macdr2.py	สำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR2
tradingtest_modifiedsignalline.py	สำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง
tradingtest_modsigtradingweight.py	สำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงที่ใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก
main.py	เป็นไฟล์หลักสำหรับเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆ ในไฟล์อื่น และแสดงผลลัพธ์ ผู้ใช้สามารถทำการทดสอบซ้ำหรือดัดแปลงเพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ที่ไฟล์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ data.py

```

import pandas as pd

class DataDefinition (str):
    def __new__(cls, name, colNumber, dtype):
        return str.__new__(cls, name)

    def __init__(self, name, colNumber, dtype):
        super(DataDefinition, self).__init__(name)
        self.colNumber = colNumber
        self.dtype = dtype

DATE = DataDefinition('date', 0, 'S8')
OPEN = DataDefinition('open', 1, 'f8')
HIGH = DataDefinition('high', 2, 'f8')
LOW = DataDefinition('low', 3, 'f8')
CLOSE = DataDefinition('close', 4, 'f8')

def _getRawData(uri='../resources/stockdata/KBANK.csv'):
    data = pd.read_csv(uri, dtype={DATE: DATE.dtype,
                                  OPEN: OPEN.dtype, HIGH: HIGH.dtype,
                                  LOW: LOW.dtype, CLOSE: CLOSE.dtype,
                                  }, parse_dates=[0], index_col=0,
na_values='-')

    return data.sort_index(ascending=True).dropna()

def getPricesData(symbol='KBANK', type='close'):
    if type not in [OPEN, HIGH, LOW, CLOSE]:
        raise Exception('param-value error: type= "' + type + '". Hint,
type=x for x in {"open", "high", "low", "close"}')
    uri = '../resources/stockdata/' + symbol + '.csv'

    rawData = None
    try:
        rawData = _getRawData(uri)
    except:
        raise Exception('error occur while parsing raw data. Hint, please
check if symbol="' + symbol + '" exists and matches the name of csv file.')

    data = rawData[type]
    return data

```

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ ema.py

```

import pandas as pd
import pandas.stats.moments as mt

def getEMA(pricesData, n=12):
    ema = pd.Series(mt.ewma(pricesData, span=n), index=pricesData.index)
    return ema

```

ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ macd.py

```
import pandas as pd
import pandas.stats.moments as mt
from ema import getEMA

def getMACDAndSignalLine(pricesData, n1, n2, n3):
    ema_n1 = getEMA(pricesData, n1)
    ema_n2 = getEMA(pricesData, n2)
    macd = ema_n1 - ema_n2
    signalLine = pd.Series(mt.ewma(macd, span=n3), index=pricesData.index)
    return macd, signalLine
```

ตารางที่ ก.5 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ modifiedsignalline.py

```
import pandas as pd
from macdtester.basic import getTradingPeriods, isAnUpCrossingPoint

def getModifiedSignalLine(macd, signalLine, K):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    modifiedSignalLine = pd.Series(float('nan'), index=signalLine.index)

    for period in periods:
        avmin = getAvailablyMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine,
        period)
        avmax = getAvailablyMaximumPointsInAPeriod(macd, signalLine,
        period)
        dmin = getMinimumCertainties(macd, signalLine, period)
        dmax = getMaximumCertainties(macd, signalLine, period)
        upCrossingPoint = None
        for t in period:
            if upCrossingPoint is None and isAnUpCrossingPoint(macd,
            signalLine, t):
                upCrossingPoint = t

            if upCrossingPoint is None:
                hMinimum = macd[avmin[t]] - signalLine[avmin[t]]
                modifiedSignalLine[t] = signalLine[t] +
                hMinimum*(dmin[t]**K)
            elif t == period[-1]:
                modifiedSignalLine[t] = signalLine[t]
            else:
                hMaximum = macd[avmax[t]] - signalLine[avmax[t]]
                modifiedSignalLine[t] = signalLine[t] +
                hMaximum*(dmax[t]**K)

    return modifiedSignalLine

def getAvailablyMaximumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period):
    avialablyMaximumPoints = pd.Series('', index=period)
    upCrossingPoint = None
    for t in period:
        if upCrossingPoint is None and isAnUpCrossingPoint(macd,
        signalLine, t):
            upCrossingPoint = t
```

## ตารางที่ ก.5(ต่อ)

```

if upCrossingPoint is not None:
    avialablyMaximumPoints[t] = macd[upCrossingPoint:t].idxmax()

return avialablyMaximumPoints

def getAvialablyMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period):
    avialablyMinimumPoints = pd.Series('', index=period)
    for t in period:
        if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            avialablyMinimumPoints[t] = macd[period[0]:t].idxmin()
            break

    avialablyMinimumPoints[t] = macd[period[0]:t].idxmin()

return avialablyMinimumPoints

def getMaximumCertainties(macd, signalLine, period):
    avmax = getAvialablyMaximumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period)
    maximumCertainties = pd.Series('', index=period)
    upCrossingPoint = None
    for t in period:
        if t == period[-1]:
            maximumCertainties[t] = 1
            break

        if upCrossingPoint is None and isAnUpCrossingPoint(macd,
signalLine, t):
            upCrossingPoint = t

        if upCrossingPoint is not None:
            hCurrent = macd[t] - signalLine[t]
            hMaximum = macd[avmax[t]] - signalLine[avmax[t]]
            maximumCertainties[t] = 1 - (hCurrent/float(hMaximum)) if
hMaximum != 0 else 1

return maximumCertainties

def getMinimumCertainties(macd, signalLine, period):
    avmin = getAvialablyMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period)
    minimumCertainties = pd.Series('', index=period)
    for t in period:
        if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            minimumCertainties[t] = 1
            break

        hCurrent = macd[t] - signalLine[t]
        hMinimum = macd[avmin[t]] - signalLine[avmin[t]]
        minimumCertainties[t] = 1 - (hCurrent/float(hMinimum)) if hMinimum
!= 0 else 1

return minimumCertainties

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ basic.py

```

import numpy as np

def getTradingPeriods(macd, signalLine):
    downCrossingPoints = getDownCrossingPoints(macd, signalLine)
    periods = []
    for i in xrange(len(downCrossingPoints)-1):
        periods.append(macd[downCrossingPoints[i]:downCrossingPoints[i+1]].index)

    return periods

def isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
    i = macd.index.get_loc(t)

    if i >= 1 and (macd.ix[i] > signalLine.ix[i]) and (macd.ix[i-1] <
signalLine.ix[i-1]):
        return True
    elif i >= 2 and (macd.ix[i] > signalLine.ix[i]) and (macd.ix[i-1] ==
signalLine.ix[i-1]) and (macd.ix[i-2] < signalLine.ix[i-2]):
        return True
    else:
        False

def isADownCrossingPoint(macd, signalLine, t):
    i = macd.index.get_loc(t)

    if i >= 1 and (macd.ix[i] < signalLine.ix[i]) and (macd.ix[i-1] >
signalLine.ix[i-1]):
        return True
    elif i >= 2 and (macd.ix[i] < signalLine.ix[i]) and (macd.ix[i-1] ==
signalLine.ix[i-1]) and (macd.ix[i-2] > signalLine.ix[i-2]):
        return True
    else:
        False

def getUpCrossingPoints(macd, signalLine):
    upCrossingPointList = []
    firstDownCrossingExists = False
    for t in macd.index:
        if not firstDownCrossingExists and isADownCrossingPoint(macd,
signalLine, t):
            firstDownCrossingExists = True

        if firstDownCrossingExists and isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine,
t):
            upCrossingPointList.append(t)

    return upCrossingPointList

def getDownCrossingPoints(macd, signalLine):
    downCrossingPointList = []
    for t in macd.index:
        if isADownCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            downCrossingPointList.append(t)

```

## ตารางที่ ก.6(ต่อ)

```

return downCrossingPointList

class Trade(object):
    def __init__(self, buyPoint, sellPoint, capital, weight=1):
        self.buyPoint = buyPoint
        self.sellPoint = sellPoint
        self.capital = capital
        self.weight = weight

    def getProfit(self, pricesData):
        return ((pricesData[self.sellPoint] -
pricesData[self.buyPoint])/float(pricesData[self.buyPoint]))*self.capital*se
lf.weight

class TotalTrade(object):
    def __init__(self, tradeList):
        self.initialCapital = tradeList[0].capital
        for trade in tradeList:
            if trade.capital != self.initialCapital:
                raise Exception('All trade in tradeList must have the same
capital.')

        self.tradeList = tradeList

    def getProfitRate(self, pricesData):
        if len(self.tradeList) == 1:
            profitRate =
self.tradeList[0].getProfit(pricesData)/float(self.initialCapital)
        else:
            profits = np.array([trade.getProfit(pricesData) for trade in
self.tradeList])
            profitRate = np.sum(profits)/float(self.initialCapital -
np.sum(profits[profits < 0]))

        return profitRate

def getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period):
    upCrossingPoint = None
    for t in period:
        if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            upCrossingPoint = t
            break

    return upCrossingPoint

def getMaximumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period):
    upCrossingPoint = None
    for t in period:
        if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            upCrossingPoint = t
            break

    maximumPoint = macd[upCrossingPoint:period[-1]].idxmax()
    return maximumPoint

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกัรนำไปใช้

## ตารางที่ ก.6(ต่อ)

```

def getMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine, period):
    upCrossingPoint = None
    for t in period:
        if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
            upCrossingPoint = t
            break

    minimumPoint = macd[period[0]:upCrossingPoint].idxmin()

    return minimumPoint

```

## ตารางที่ ก.7 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ plot.py

```

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from matplotlib import ticker, font_manager

class IndexManager(object):
    def __init__(self, indexSeries):
        self.index = indexSeries
        self.evenlyIndex = pd.Series(np.arange(len(indexSeries)),
index=indexSeries)

    def evenlyIndexToDateTimeIndex(self, x):
        try:
            return self.index[x]
        except:
            return None

    def datetimeIndexToEvenlyIndex(self, d):
        try:
            return self.evenlyIndex[d]
        except:
            return None

    def dateMappingFormatter(self, x, pos=None):
        d = self.evenlyIndexToDateTimeIndex(int(x + 0.5))
        if d is not None:
            return d.strftime('%b\n%Y')
        else:
            return ''

def standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=True):
    idm = IndexManager(pricesData.index)
    plt.rc('axes', grid=True)
    plt.rc('grid', color='0.75', linestyle='-', linewidth=0.5)

```

## ตารางที่ ก.7(ต่อ)

```

left, width = 0.1, 0.8
rect1 = [left, 0.6, width, 0.3]
rect2 = [left, 0.1, width, 0.5]

fig = plt.figure(facecolor='white')
axescolor = '#f9f9f9' # the axes background color
ax1 = fig.add_axes(rect1, axisbg=axescolor) #left, bottom, width,
height
ax2 = fig.add_axes(rect2, axisbg=axescolor, sharex=ax1)

#we don't want to label all indices, just the first day in each month
are enough
#this function return the list of the (evenly) indices of the first day
in each month
def getIndexOfDayEachMonth(datearr):
    dateSeries = pd.Series(datearr.month)
    isFirstDay = np.ones_like(dateSeries, dtype=np.bool)
    isFirstDay[1:] = (dateSeries[1:] != dateSeries[:-1])
    return dateSeries.index[isFirstDay]

#we then use the above mentioned list as a 'FixedLocator' and set it as
the major locator
ax1.xaxis.set_major_locator(ticker.FixedLocator(getIndexOfDayEachMonth(
pricesData.index)))

#only the indices in the locator will be labeled, the plotter will ask
the 'formatter' which labels corresponds to which indices
#this is the place where our mapping is used
ax1.xaxis.set_major_formatter(ticker.FuncFormatter(idm.dateMappingFormatter)
)

#set nice left and right spaces
ax1.set_xlim(idm.evenlyIndex[0] - 2, idm.evenlyIndex[-1] + 2)

ax1.plot(idm.evenlyIndex, pricesData, color='black', lw=2,
label='closing price')
ax2.plot(idm.evenlyIndex, macd, color='red', lw=1.5, label='MACD Line')
ax2.plot(idm.evenlyIndex, signalLine, color='blue', lw=1, label='Signal
Line')

for label in ax1.get_xticklabels():
    label.set_visible(False)

ax1.yaxis.set_major_locator(ticker.MaxNLocator(5, prune='both'))
ax2.yaxis.set_major_locator(ticker.MaxNLocator(5, prune='both'))

props = font_manager.FontProperties(size=10)
leg1 = ax1.legend(loc='best', shadow=True, fancybox=True, prop=props,
scatterpoints=1, markerscale=1)
leg1.get_frame().set_alpha(0.5)
leg2 = ax2.legend(loc='best', shadow=True, fancybox=True, prop=props,
scatterpoints=1, markerscale=1)

```

## ตารางที่ ก.7(ต่อ)

```

leg2.get_frame().set_alpha(0.5)
if show: plt.show()
return fig

def addModifiedSignalLine(fig, modifiedSignalLine, color='violet',
show=True):
    idm = IndexManager(modifiedSignalLine.index)
    ax2 = fig.get_axes()[1]
    ax2.plot(idm.evenlyIndex, modifiedSignalLine, color=color, lw=1,
label='Modified Signal Line')
    if show: plt.show()
    return fig

def addMarkers(fig, macd, tlist, markerSize=40, color='#00CC00',
show=True):
    idm = IndexManager(macd.index)
    ax2 = fig.get_axes()[1]
    ax2.scatter(idm.evenlyIndex[tList], macd[tList], color=color,
s=markerSize)
    if show: plt.show()
    return fig

```

## ตารางที่ ก.8 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ fuzzy.py

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

class Universe(object):
    def __init__(self, lower, upper):
        assert lower <= upper
        self.lower = lower
        self.upper = upper

    def contains(self, value):
        return self.lower <= value and value <= self.upper

    def contains_all(self, values):
        values = np.array(values)
        return (self.lower <= values).all() and (values <=
self.upper).all()

    def sample(self, step=None):
        if step is None:
            step = 0.01 if self.upper - self.lower <= 10 else 0.1

        return np.arange(self.lower, self.upper, step)

    def __eq__(self, other):
        return other is not None and isinstance(other, Universe) and
other.lower == self.lower and other.upper == self.upper

```

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

class Variable(object):
    def __init__(self, universe):
        assert isinstance(universe, Universe)
        self.universe = universe
        self.value = None
        self.terms = dict()
        self.abcd_for_term = dict()

    def set_value(self, value):
        assert self.universe.contains(value) or value is None
        self.value = value

    def set_term(self, self, term_name, abcd=(None,None,None,None),
description=''):
        assert len(abcd) == 4
        if self.abcd_for_term.has_key(term_name):
            for i in xrange(len(abcd)):
                if abcd[i] is not None and abcd[i] != '':
                    self.abcd_for_term[term_name][i] = abcd[i]
            else:
                self.abcd_for_term[term_name] = list(abcd)

            if all((param is not None and param != '') for param in
self.abcd_for_term[term_name]):
                self.terms[term_name] = FuzzySet(self.universe,
self.abcd_for_term[term_name], description=description)
            else:
                self.terms[term_name] = None

    def fuzzify(self, self, term_name):
        if self.terms[term_name] is None:
            print [type(param) for param in self.abcd_for_term[term_name]]
            assert all((type(param) in [int, float]) for param in
self.abcd_for_term[term_name])
            raise Exception("Some parameters have not been set for term:
%s, params: %s" % (term_name, str(self.abcd_for_term[term_name])))

        return self.terms[term_name](self.value)

    def defuzzify(self, self, accum_mf):
        outs = self.universe.sample()
        weights = accum_mf(outs)
        sum_weights = weights.sum()
        out = (outs * weights).sum()/sum_weights if sum_weights != 0 else
None

        self.set_value(out)

        return out

    def displayterm(self, self, term_name, xlim):
        if self.terms[term_name] is None:
            raise Exception("Some parameters have not been set for term:
%s, params: %s" % (term_name, str(self.abcd_for_term[term_name])))

```

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

fig = plt.figure(facecolor='white')
ax = fig.add_axes([0.1, 0.1, 0.8, 0.8])
ax.set_xlim(xlim)
ax.set_ylim(0, 1.2)

x = self.universe.sample(step=0.005)
y = self.terms[term_name](x)

ax.plot(x,y,lw=3)
ax.set_title(term_name, fontsize=20)
plt.show()

class FuzzySet(object):

    def __init__(self, universe, abcd, mf=None, description=''):
        assert isinstance(universe, Universe)
        assert (abcd is not None and mf is None) or (abcd is None and mf is
not None)

        if abcd is not None:
            assert len(abcd) == 4 and universe.contains_all(abcd)
            self.mf = FuzzySet.fuzzy_number_mf(*abcd)
        else:
            self.mf = mf

        self.universe = universe
        self.description = description

    def __call__(self, values):
        assert self.universe.contains_all(values)
        return self.mf(values)

    def __and__(self, other):
        assert isinstance(other, (int, float, FuzzySet))
        if isinstance(other, FuzzySet):
            assert self.universe == other.universe
            def new_mf(x):
                return FuzzyOperation.AND(self(x), other(x))
        else:
            def new_mf(x):
                return FuzzyOperation.AND(self(x), other)

        return FuzzySet(self.universe, None, mf=new_mf)

    def __or__(self, other):
        assert isinstance(other, (int, float, FuzzySet))
        if isinstance(other, FuzzySet):
            assert self.universe == other.universe
            def new_mf(x):
                return FuzzyOperation.OR(self(x), other(x))
        else:
            def new_mf(x):
                return FuzzyOperation.OR(self(x), other)

        return FuzzySet(self.universe, None, mf=new_mf)

```

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

class fuzzy_number_mf(object):
    def __init__(self, a, b, c, d):
        #assert a <= b and b <= c and c <= d
        if not (a <= b and b <= c and c <= d): raise Exception, 'not!
(%f <= %f <= %f <= %f)' % (a, b, c, d)

    def mf(x):
        if x < a: return 0
        elif a <= x and x < b: return (x-a)/float(b-a)
        elif b <= x and x < c: return 1
        elif c <= x and x < d: return (d-x)/float(d-c)
        elif x == d and d == c: return 1
        else: return 0

    self.func = np.frompyfunc(mf, 1, 1)

    def __call__(self, x):
        return self.func(x)

class FuzzyOperation(object):

    @classmethod
    def define_operation_and(cls, operation):
        assert isinstance(operation, FuzzyOperation.Interface)
        cls.AND = operation

    @classmethod
    def define_operation_or(cls, operation):
        assert isinstance(operation, FuzzyOperation.Interface)
        cls.OR = operation

class Interface(object):
    def __call__(self, a, b): raise NotImplementedError

class MAX(Interface):
    def __call__(self, a, b):
        return np.maximum(a, b)

class MIN(Interface):
    def __call__(self, a, b):
        return np.minimum(a, b)

class PROD(Interface):
    def __call__(self, a, b):
        return a * b

class SUM(Interface):
    def __call__(self, a, b):
        return a + b

```

AND = MIN()  
OR = MAX()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

class FuzzyRule(object):
    def __init__(self, antecedence, consequences):
        self.antecedence = antecedence
        self.consequences = consequences

    def evaluate(self, inputs, outputs):
        '''
        :param variable
        :return a dictionary of the form {'z1': activ_mf_z1, 'z2':
activ_mf_z2, ...}
        where zi is the output-variable's name and activ_mf_zi is the
corresponding result membership function from this rule's evaluation.
        '''

        w = self._aggregate(inputs)
        activ_mf = self._activate(w, outputs)
        return activ_mf

    def _aggregate(self, inputs):
        stack = []
        for element in self.antecedence:
            if isinstance(element, FuzzyOperation.Interface):
                operation = element
                token1 = stack.pop()
                fuzzified_value1 = token1 if not isinstance(token1, tuple)
else inputs[token1[0]].fuzzify(token1[1])

                token2 = stack.pop()
                fuzzified_value2 = token2 if not isinstance(token2, tuple)
else inputs[token2[0]].fuzzify(token2[1])

                result_token = operation(fuzzified_value1,
fuzzified_value2)
                stack.append(result_token)
            else:
                stack.append(element)

        if len(stack) != 1: print stack
        assert len(stack) == 1

        token = stack.pop()
        w = token if not isinstance(token, tuple) else
inputs[token[0]].fuzzify(token[1])

        return w

    def _activate(self, w, outputs):
        activ_mf = dict()
        for element in self.consequences:
            variable_name, term_name = element
            activ_mf[variable_name] =
outputs[variable_name].terms[term_name] & w

        return activ_mf

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

class FIS(object):
    def __init__(self):
        self._define(self.fuzzydefinition)

    def get_inputs(self):
        return self.inputs

    def get_outputs(self):
        return self.outputs

    def set_inputs(self, **kwargs):
        assert set(kwargs.keys()) == set(self.inputs.keys())

        for key, value in kwargs.iteritems():
            assert self.inputs[key].universe.contains(value)
            self.inputs[key].set_value(value)

        return self

    def set_term_param(self, variable_name, term_name, abcd):
        self.inputs[variable_name].set_term(term_name, abcd=abcd)

        return self

    def evaluate(self):
        accum_mf = dict()
        for output_variable_name in self.outputs:
            accum_mf[output_variable_name] = None

        for rule in self.fuzzy_rules:
            for output_variable_name in self.outputs:
                activ_mf = rule.evaluate(self.inputs, self.outputs)
                if output_variable_name in activ_mf.keys():
                    accum_mf[output_variable_name] =
(activ_mf[output_variable_name]
                    if
accum_mf[output_variable_name] is None
                    else
accum_mf[output_variable_name] | activ_mf[output_variable_name])

            for output_variable_name, output_variable in
self.outputs.iteritems():
                output_variable.defuzzify(accum_mf[output_variable_name])

        return self

    def _define(self, definition):
        properties = {'inputs': None, 'outputs': None, 'fuzzy_rules': None}
        definition(properties)
        assert properties['inputs'] is not None
        assert properties['outputs'] is not None
        assert properties['fuzzy_rules'] is not None
        self.inputs = properties['inputs']
        self.fuzzy_rules = properties['fuzzy_rules']
        self.outputs = properties['outputs']

```

## ตารางที่ ก.8(ต่อ)

```

return self

def fuzzydefinition(self, properties):
    REAL = Universe(-999, 999)
    NORM = Universe(0, 1)

    #inputs
    properties['inputs'] = {'dmin': Variable(NORM),
                           'macd_avmin': Variable(REAL)}

    #outputs
    properties['outputs'] = {'z': Variable(NORM)}

    #input terms
    properties['inputs']['dmin'].set_term('MIN-CONFIDENCE', abcd=(0, 1,
1, 1))

    properties['inputs']['macd_avmin'].set_term('MACD-HIGH',
abcd=(None, None, REAL.upper, REAL.upper))
    properties['inputs']['macd_avmin'].set_term('MACD-LOW',
abcd=(REAL.lower, REAL.lower, None, None))
    properties['inputs']['macd_avmin'].set_term('MACD-MEDIUM',
abcd=(None, None, None, None))

    #output terms
    properties['outputs']['z'].set_term('TRADE-CONFIDENCE', abcd=(0, 1,
1, 1))
    properties['outputs']['z'].set_term('TRADE-DOUBT', abcd=(0, 0, 0,
1))

    #fuzzy_rules
    AND = FuzzyOperation.MIN()
    OR = FuzzyOperation.MAX()
    properties['fuzzy_rules'] = [
        FuzzyRule(antecedence = (('dmin', 'MIN-
CONFIDENCE'),),
                    consequences = (('z', 'TRADE-CONFIDENCE'),),
                    FuzzyRule(antecedence = (('macd_avmin', 'MACD-
LOW'),),
                    consequences = (('z', 'TRADE-CONFIDENCE'),),
                    FuzzyRule(antecedence = (('macd_avmin', 'MACD-
HIGH'), ('macd_avmin', 'MACD-MEDIUM'), OR),
                    consequences = (('z', 'TRADE-DOUBT'),))
    ]

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest\_originalmacd.py

```

from macdtester.basic import isAnUpCrossingPoint, isADownCrossingPoint,
Trade,\
    TotalTrade, getTradingPeriods
from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine
import numpy as np
from macdtester.data import getPricesData
import os
import pandas as pd

def isABuyPoint(macd, signalLine, t):
    if isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def isASellPoint(macd, signalLine, t):
    if isADownCrossingPoint(macd, signalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def getTotalTradesInAPeriod(macd, signalLine, period):
    tradeList = []
    buyPoint = None
    sellPoint = None
    capital = 1
    for t in period:
        if buyPoint is None and isABuyPoint(macd, signalLine, t):
            buyPoint = t

        if buyPoint is not None and isASellPoint(macd, signalLine, t):
            sellPoint = t

        if sellPoint is not None:
            tradeList.append(Trade(buyPoint, sellPoint, capital))
            buyPoint = None
            sellPoint = None

    if len(tradeList) > 0:
        return TotalTrade(tradeList)
    else:
        return None

def originalMACDTest(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    profitRateList = []
    successList = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, signalLine, period)
        if totalTrade is not None:
            profitRate = totalTrade.getProfitRate(pricesData)
            profitRateList.append(profitRate)
            if profitRate > 0:
                successList.append(1)
            else:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาคุณวุฒิระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำข้อมูลใดๆไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## ตารางที่ ก.9(ต่อ)

```

        successList.append(0)

    if len(profitRateList) > 0:
        return np.mean(successList), np.mean(profitRateList)
    else:
        return None, None

def getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allBuyPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, signalLine, period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allBuyPoints.append(trade.buyPoint)

    return allBuyPoints

def getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allSellPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, signalLine, period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allSellPoints.append(trade.sellPoint)

    return allSellPoints

def originalMACDTestWithSET100(verbose=False):
    directory = '../resources/stockdata/'
    ignoreList = ['BANPU', 'MAKRO', 'VGI', 'STPI']
    symbolList = [f.replace('.csv', '') for f in os.listdir(directory) if
        f.endswith('.csv') and f.split('.')[0] not in ignoreList]

    resultList = pd.DataFrame({'success rate': None, 'profit rate': None},
        index=symbolList)

    for symbol in symbolList:
        if verbose: print 'testing ' + symbol + '...'
        pricesData = getPricesData(symbol=symbol)
        macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)

        pricesData = pricesData[25:]
        macd = macd[25:]
        signalLine = signalLine[25:]
        successRate, profitRate = originalMACDTest(pricesData, macd,
            signalLine)

        resultList['profit rate'][symbol] = profitRate
        resultList['success rate'][symbol] = successRate

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โรงเรียนได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก.9(ต่อ)

```

if verbose:
    import webbrowser
    f = open(os.getcwd() + '/temp.html', 'w')
    f.write('Original MACD test with SET-100')
    f.write(resultList.to_html())
    f.close()
    webbrowser.open(os.getcwd() + '/temp.html', new=2)

resultList = resultList.dropna()
avgSuccessRate = resultList['success rate'].mean()
avgProfitRate = resultList['profit rate'].mean()
return avgSuccessRate, avgProfitRate

```

## ตารางที่ ก.10 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest\_macdr1.py

```

from macdtester.basic import isAnUpCrossingPoint, isADownCrossingPoint,
Trade,\
    TotalTrade, getTradingPeriods
from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine
import numpy as np
import os
import pandas as pd
from macdtester.data import getPricesData

def isABuyPoint(macd, signalLine, t):
    i = macd.index.get_loc(t)
    if (i >=2 and
        macd.ix[i] > signalLine.ix[i] and
        macd.ix[i-1] > signalLine.ix[i-1] and
        isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, macd.index[i-2])):
        return True
    else:
        return False

def isASellPoint(pricesData, macd, signalLine, buyPoint, t):
    profitRate = (pricesData[t] -
pricesData[buyPoint])/float(pricesData[buyPoint])
    if profitRate >= 0.03 or isADownCrossingPoint(macd, signalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine, period):
    tradeList = []
    buyPoint = None
    sellPoint = None
    capital = 1
    for t in period:
        if buyPoint is None and isABuyPoint(macd, signalLine, t):
            buyPoint = t
            if buyPoint is not None and isASellPoint(pricesData, macd,
signalLine, buyPoint, t):

```

## ตารางที่ ก.10(ต่อ)

```

        sellPoint = t

    if sellPoint is not None:
        tradeList.append(Trade(buyPoint, sellPoint, capital))
        buyPoint = None
        sellPoint = None

    if len(tradeList) > 0:
        return TotalTrade(tradeList)
    else:
        return None

def MACDR1Test(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    profitRateList = []
    successList = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
        period)
        if totalTrade is not None:
            profitRate = totalTrade.getProfitRate(pricesData)
            profitRateList.append(profitRate)
            if profitRate > 0:
                successList.append(1)
            else:
                successList.append(0)

    if len(profitRateList) > 0:
        return np.mean(successList), np.mean(profitRateList)
    else:
        return None, None

def getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allBuyPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
        period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allBuyPoints.append(trade.buyPoint)

    return allBuyPoints

def getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allSellPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
        period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allSellPoints.append(trade.sellPoint)

```

## ตารางที่ ก.10(ต่อ)

```

return allSellPoints

def MACDR1TestWithSET100(verbose=False):
    directory = '../resources/stockdata/'
    ignoreList = ['BANPU', 'MAKRO', 'VGI', 'STPI']
    symbolList = [f.replace('.csv', '') for f in os.listdir(directory) if
f.endswith('.csv') and f.split('.')[0] not in ignoreList]

    resultList = pd.DataFrame({'success rate': None, 'profit rate': None},
index=symbolList)

    for symbol in symbolList:
        if verbose: print 'testing ' + symbol + '...'
        pricesData = getPricesData(symbol=symbol)
        macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)

        pricesData = pricesData[25:]
        macd = macd[25:]
        signalLine = signalLine[25:]
        successRate, profitRate = MACDR1Test(pricesData, macd, signalLine)

        resultList['profit rate'][symbol] = profitRate
        resultList['success rate'][symbol] = successRate

    if verbose:
        import webbrowser
        f = open(os.getcwd() + '/temp.html', 'w')
        f.write('Original MACD test with SET-100')
        f.write(resultList.to_html())
        f.close()
        webbrowser.open(os.getcwd() + '/temp.html', new=2)

    resultList = resultList.dropna()
    avgSuccessRate = resultList['success rate'].mean()
    avgProfitRate = resultList['profit rate'].mean()
    return avgSuccessRate, avgProfitRate

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest\_macdr2.py

```

from macdtester.basic import isAnUpCrossingPoint, isADownCrossingPoint,
Trade,\
    TotalTrade, getTradingPeriods
import numpy as np
import os
import pandas as pd
from macdtester.data import getPricesData
from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine

def isABuyPoint(pricesData, macd, signalLine, t):
    i = macd.index.get_loc(t)
    if (i >=2 and
        macd.ix[i] > signalLine.ix[i] and
        macd.ix[i-1] > signalLine.ix[i-1] and
        isAnUpCrossingPoint(macd, signalLine, macd.index[i-2]) and
        (macd.ix[i] - signalLine.ix[i])/float(pricesData.ix[i]) >= 0.005):
        return True
    else:
        return False

def isASellPoint(pricesData, macd, signalLine, buyPoint, t):
    profitRate = (pricesData[t] -
pricesData[buyPoint])/float(pricesData[buyPoint])
    if profitRate >= 0.03 or isADownCrossingPoint(macd, signalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine, period):
    tradeList = []
    buyPoint = None
    sellPoint = None
    capital = 1
    for t in period:
        if buyPoint is None and isABuyPoint(pricesData, macd, signalLine,
t):
            buyPoint = t

            if buyPoint is not None and isASellPoint(pricesData, macd,
signalLine, buyPoint, t):
                sellPoint = t

            if sellPoint is not None:
                tradeList.append(Trade(buyPoint, sellPoint, capital))
                buyPoint = None
                sellPoint = None

    if len(tradeList) > 0:
        return TotalTrade(tradeList)
    else:
        return None

def MACDR2Test(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    profitRateList = []
    successList = []

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

## ตารางที่ ก.11(ต่อ)

```

for period in periods:
    totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
period)
    if totalTrade is not None:
        profitRate = totalTrade.getProfitRate(pricesData)
        profitRateList.append(profitRate)
        if profitRate > 0:
            successList.append(1)
        else:
            successList.append(0)

if len(profitRateList) > 0:
    return np.mean(successList), np.mean(profitRateList)
else:
    return None, None

def getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allBuyPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allBuyPoints.append(trade.buyPoint)

    return allBuyPoints

def getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allSellPoints = []
    for period in periods:
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(pricesData, macd, signalLine,
period)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allSellPoints.append(trade.sellPoint)

    return allSellPoints

def MACDR2TestWithSET100(verbose=False):
    directory = '../resources/stockdata/'
    ignoreList = ['BANPU', 'MAKRO', 'VGI', 'STPI']
    symbolList = [f.replace('.csv', '') for f in os.listdir(directory) if
f.endswith('.csv') and f.split('.')[0] not in ignoreList]

    resultList = pd.DataFrame({'success rate': None, 'profit rate': None},
index=symbolList)

    for symbol in symbolList:
        if verbose: print 'testing ' + symbol + '...'
        pricesData = getPricesData(symbol=symbol)
        macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)
        pricesData = pricesData[25:]

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่...  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น...  
...ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

## ตารางที่ ก.11(ต่อ)

```

macd = macd[25:]
signalLine = signalLine[25:]
successRate, profitRate = MACDR2Test(pricesData, macd, signalLine)

resultList['profit rate'][symbol] = profitRate
resultList['success rate'][symbol] = successRate

if verbose:
    import webbrowser
    f = open(os.getcwd() + '/temp.html', 'w')
    f.write('Original MACD test with SET-100')
    f.write(resultList.to_html())
    f.close()
    webbrowser.open(os.getcwd() + '/temp.html', new=2)

resultList = resultList.dropna()
avgSuccessRate = resultList['success rate'].mean()
avgProfitRate = resultList['profit rate'].mean()
return avgSuccessRate, avgProfitRate

```

## ตารางที่ ก.12 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest\_modifiedsignalline.py

```

from macdtester.basic import isAnUpCrossingPoint, isADownCrossingPoint,
Trade,\
    TotalTrade, getTradingPeriods, getUpCrossingPointInAPeriod
from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine
import numpy as np
import os
import pandas as pd
from macdtester.data import getPricesData
from macdtester.modifiedsignalline import getModifiedSignalLine

def isABuyPoint(macd, modifiedSignalLine, upPoint, t):
    iup = macd.index.get_loc(upPoint)
    i = macd.index.get_loc(t)
    if i <= iup and isAnUpCrossingPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def isASellPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
    if isADownCrossingPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine, period, upPoint):
    tradeList = []
    buyPoint = None
    sellPoint = None
    capital = 1

```

## ตารางที่ ก.12(ต่อ)

```

for t in period:
    if buyPoint is None and isABuyPoint(macd, modifiedSignalLine,
upPoint, t):
        buyPoint = t

    if buyPoint is not None and isASellPoint(macd, modifiedSignalLine,
t):
        sellPoint = t

    if sellPoint is not None:
        tradeList.append(Trade(buyPoint, sellPoint, capital))
        buyPoint = None
        sellPoint = None

if len(tradeList) > 0:
    return TotalTrade(tradeList)
else:
    return None

def modifiedSignalLineTest(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    profitRateList = []
    successList = []
    for period in periods:
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine,
period, upPoint)
        if totalTrade is not None:
            profitRate = totalTrade.getProfitRate(pricesData)
            profitRateList.append(profitRate)
            if profitRate > 0:
                successList.append(1)
            else:
                successList.append(0)

    if len(profitRateList) > 0:
        return np.mean(successList), np.mean(profitRateList)
    else:
        return None, None

def getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine, modifiedSignalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allBuyPoints = []
    for period in periods:
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine,
period, upPoint)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allBuyPoints.append(trade.buyPoint)
    return allBuyPoints

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก.12(ต่อ)

```

def getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine, modifiedSignalLine):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allSellPoints = []
    for period in periods:
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine,
        period, upPoint)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allSellPoints.append(trade.sellPoint)

    return allSellPoints

def modifiedSignalLineTestWithSET100(K=1, verbose=False):
    directory = '../resources/stockdata/'
    ignoreList = ['BANPU', 'MAKRO', 'VGI', 'STPI']
    symbolList = [f.replace('.csv', '') for f in os.listdir(directory) if
    f.endswith('.csv') and f.split('.')[0] not in ignoreList]

    resultList = pd.DataFrame({'success rate': None, 'profit rate': None},
    index=symbolList)

    for symbol in symbolList:
        if verbose: print 'testing ' + symbol + '...'
        pricesData = getPricesData(symbol=symbol)
        macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)
        modifiedSignalLine = getModifiedSignalLine(macd, signalLine, K)
        pricesData = pricesData[25:]
        macd = macd[25:]
        signalLine = signalLine[25:]
        modifiedSignalLine = modifiedSignalLine[25:]
        successRate, profitRate = modifiedSignalLineTest(pricesData, macd,
        signalLine, modifiedSignalLine)

        resultList['profit rate'][symbol] = profitRate
        resultList['success rate'][symbol] = successRate

    if verbose:
        import webbrowser
        f = open(os.getcwd() + '/temp.html', 'w')
        f.write('Original MACD test with SET-100')
        f.write(resultList.to_html())
        f.close()
        webbrowser.open(os.getcwd() + '/temp.html', new=2)

    resultList = resultList.dropna()
    avgSuccessRate = resultList['success rate'].mean()
    avgProfitRate = resultList['profit rate'].mean()
    return avgSuccessRate, avgProfitRate

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ tradingtest\_modsigtradingweight.py

```

from macdtester.basic import isAnUpCrossingPoint, isADownCrossingPoint,
Trade,\
    TotalTrade, getTradingPeriods, getMaximumPointsInAPeriod,\
    getMinimumPointsInAPeriod, getUpCrossingPointInAPeriod
import numpy as np
from macdtester.modifiedsignalline import
getAvailablyMinimumPointsInAPeriod,\
    getMinimumCertainties
from macdtester.fuzzy import FIS
import os
import pandas as pd
from macdtester.data import getPricesData
from macdtester.modifiedsignalline import getModifiedSignalLine
from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine

def isABuyPoint(macd, modifiedSignalLine, upPoint, t):
    iup = macd.index.get_loc(upPoint)
    i = macd.index.get_loc(t)
    if i <= iup and isAnUpCrossingPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def isASellPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
    if isADownCrossingPoint(macd, modifiedSignalLine, t):
        return True
    else:
        return False

def getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine, period, upPoint,
overBought, overSold, avmin, dmin):
    tradelist = []
    buyPoint = None
    sellPoint = None
    capital = 1
    weight = None
    for t in period:
        if buyPoint is None and isABuyPoint(macd, modifiedSignalLine,
upPoint, t):
            buyPoint = t
            weight = fuzzyInfer(overBought, overSold, macd[avmin[t]],
dmin[t])

            if buyPoint is not None and isASellPoint(macd, modifiedSignalLine,
t):
                sellPoint = t

            if sellPoint is not None:
                tradelist.append(Trade(buyPoint, sellPoint, capital, weight))
                buyPoint = None
                sellPoint = None
                weight = None

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูล เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก.13(ต่อ)

```

if len(tradeList) > 0:
    return TotalTrade(tradeList)
else:
    return None

def modsigTradingWeightTest(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine, R):
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    profitRateList = []
    successList = []
    for i in xrange(len(periods)):
        if i-R < 0: continue

        period = periods[i]
        avmin = getAvailablyMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine,
period)
        dmin = getMinimumCertainties(macd, signalLine, period)
        overBought = getOverBought(macd, signalLine, periods, i, R)
        overSold = getOverSold(macd, signalLine, periods, i, R)
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = getTotalTradesInAPeriod(macd, modifiedSignalLine,
period, upPoint, overBought, overSold, avmin, dmin)
        if totalTrade is not None:
            profitRate = totalTrade.getProfitRate(pricesData)
            profitRateList.append(profitRate)
            if profitRate > 0:
                successList.append(1)
            else:
                successList.append(0)

    if len(profitRateList) > 0:
        return np.mean(successList), np.mean(profitRateList)
    else:
        return None, None

def getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine, modifiedSignalLine, R):
    from tradingtest_modifiedsignalLine import getTotalTradesInAPeriod as
modsig_getTotalTradesInAPeriod
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allBuyPoints = []

    for i in xrange(len(periods)):
        if i-R < 0: continue

        period = periods[i]
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = modsig_getTotalTradesInAPeriod(macd,
modifiedSignalLine, period, upPoint)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allBuyPoints.append(trade.buyPoint)

    return allBuyPoints

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ก.13(ต่อ)

```

def getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine, modifiedSignalLine, R):
    from tradingtest_modifiedsignaline import getTotalTradesInAPeriod as
    modsig_getTotalTradesInAPeriod
    periods = getTradingPeriods(macd, signalLine)
    allSellPoints = []

    for i in xrange(len(periods)):
        if i-R < 0: continue

        period = periods[i]
        upPoint = getUpCrossingPointInAPeriod(macd, signalLine, period)
        totalTrade = modsig_getTotalTradesInAPeriod(macd,
        modifiedSignalLine, period, upPoint)
        if totalTrade is not None:
            for trade in totalTrade.tradeList:
                allSellPoints.append(trade.sellPoint)

    return allSellPoints

def getOverBought(macd, signalLine, periods, i, R):
    if i-R < 0:
        raise Exception('R is too much.')

    maxPoint = getMaximumPointsInAPeriod(macd, signalLine, periods[i-R])
    overBought = macd[maxPoint]
    return overBought

def getOverSold(macd, signalLine, periods, i, R):
    if i-R < 0:
        raise Exception('R is too much.')

    minPoint = getMinimumPointsInAPeriod(macd, signalLine, periods[i-R])
    overSold = macd[minPoint]
    return overSold

fis = FIS()
MaxDefuzz = fis.outputs['z'].defuzzify(fis.outputs['z'].terms['TRADE-
CONFIDENCE'])
MinDefuzz = fis.outputs['z'].defuzzify(fis.outputs['z'].terms['TRADE-
DOUBT'])
def fuzzyInfer(overBought, overSold, macd_avmin, dmin):
    half = (overBought + overSold)/2.0
    oneForth = (overSold + half)/2.0
    threeForth = (overBought + half)/2.0
    fis.set_term_param('macd_avmin', 'MACD-HIGH', abcd=(half, overBought,
    '', ''))
    fis.set_term_param('macd_avmin', 'MACD-LOW', abcd=('', '', overSold,
    half))
    fis.set_term_param('macd_avmin', 'MACD-MEDIUM', abcd=(oneForth, half,
    half, threeForth))
    fis.set_inputs(macd_avmin=macd_avmin, dmin=dmin)
    z = fis.evaluate().get_outputs()['z'].value
    w = (z-MinDefuzz)/float(MaxDefuzz-MinDefuzz)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

## ตารางที่ ก.13(ต่อ)

```

return w

def modsigTradingWeightTestWithSET100(K=1, R=1, verbose=False):
    directory = '../resources/stockdata/'
    ignoreList = ['BANPU', 'MAKRO', 'VGI', 'STPI']
    symbolList = [f.replace('.csv', '') for f in os.listdir(directory) if
f.endswith('.csv') and f.split('.')[0] not in ignoreList]

    resultList = pd.DataFrame({'success rate': None, 'profit rate': None},
index=symbolList)

    for symbol in symbolList:
        if verbose: print 'testing ' + symbol + '...'
        pricesData = getPricesData(symbol=symbol)
        macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)
        modifiedSignalLine = getModifiedSignalLine(macd, signalLine, K)
        pricesData = pricesData[25:]
        macd = macd[25:]
        signalLine = signalLine[25:]
        modifiedSignalLine = modifiedSignalLine[25:]
        successRate, profitRate = modsigTradingWeightTest(pricesData, macd,
signalLine, modifiedSignalLine, R)

        resultList['profit rate'][symbol] = profitRate
        resultList['success rate'][symbol] = successRate

    if verbose:
        import webbrowser
        f = open(os.getcwd() + '/temp.html', 'w')
        f.write('Original MACD test with SET-100')
        f.write(resultList.to_html())
        f.close()
        webbrowser.open(os.getcwd() + '/temp.html', new=2)

    resultList = resultList.dropna()
    avgSuccessRate = resultList['success rate'].mean()
    avgProfitRate = resultList['profit rate'].mean()
    return avgSuccessRate, avgProfitRate

```

## ตารางที่ ก.14 ตารางแสดงรหัสต้นฉบับในไฟล์ main.py

```

## prepare data for a single data
print 'preparing data...'
symbol = 'KBANK'
pricesData = getPricesData(symbol)
macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)
modifiedSignalLine = getModifiedSignalLine(macd, signalLine, 1)

pricesData = pricesData[25:]
macd = macd[25:]
signalLine = signalLine[25:]
modifiedSignalLine = modifiedSignalLine[25:]

```

## ตารางที่ ก.14(ต่อ)

```

## original MACD test with a single data
print 'original MACD test for ' + symbol
successRate, profitRate = originalMACDTest(pricesData, macd, signalLine)
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

allBuyPoints = org_getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine)
allSellPoints = org_getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine)

fig = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
addMarkers(fig, macd, allBuyPoints, color='#00CC00', show=False)
addMarkers(fig, macd, allSellPoints, color='#FF0000', show=True)

## MACDR1 test with a single data
print 'MACDR1 test for ' + symbol
successRate, profitRate = MACDR1Test(pricesData, macd, signalLine)
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

allBuyPoints = macdr1_getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine)
allSellPoints = macdr1_getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine)

fig = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
addMarkers(fig, macd, allBuyPoints, color='#00CC00', show=False)
addMarkers(fig, macd, allSellPoints, color='#FF0000', show=True)

## MACDR2 test with a single data
print 'MACDR2 test for ' + symbol
successRate, profitRate = MACDR2Test(pricesData, macd, signalLine)
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

allBuyPoints = macdr2_getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine)
allSellPoints = macdr2_getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine)

fig = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
addMarkers(fig, macd, allBuyPoints, color='#00CC00', show=False)
addMarkers(fig, macd, allSellPoints, color='#FF0000', show=True)

## modified signal line test with a single data
print 'modified signal line test for ' + symbol
successRate, profitRate = modifiedSignalLineTest(pricesData, macd,
signalLine, modifiedSignalLine)
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

allBuyPoints = modsig_getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine)
allSellPoints = modsig_getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine)

fig = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
addModifiedSignalLine(fig, modifiedSignalLine, show=False)

```

## ตารางที่ ก.14(ต่อ)

```

addMarkers(fig, macd, allBuyPoints, color='#00CC00', show=False)
addMarkers(fig, macd, allSellPoints, color='#FF0000', show=True)

## modified signal line with trading weight test with a single data
print 'modified signal line with trading weight test for ' + symbol
successRate, profitRate = modsigTradingWeightTest(pricesData, macd,
signalLine, modifiedSignalLine, 1)
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

allBuyPoints = modsigw_getAllBuyPoints(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine, 1)
allSellPoints = modsigw_getAllSellPoints(pricesData, macd, signalLine,
modifiedSignalLine, 1)

fig = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
addModifiedSignalLine(fig, modifiedSignalLine, show=False)
addMarkers(fig, macd, allBuyPoints, color='#00CC00', show=False)
addMarkers(fig, macd, allSellPoints, color='#FF0000', show=True)

## original MACD test in SET-100
print 'original MACD test in SET-100'
successRate, profitRate = originalMACDTestWithSET100(verbose=True)
print 'original MACD test in SET-100'
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

## MACDR1 test in SET-100
print 'MACDR1 test in SET-100'
successRate, profitRate = MACDR1TestWithSET100(verbose=True)
print 'MACDR1 test in SET-100'
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

## MACDR2 test in SET-100
print 'MACDR2 test in SET-100'
successRate, profitRate = MACDR2TestWithSET100(verbose=True)
print 'MACDR2 test in SET-100'
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

## modified signal line test in SET-100
print 'modified signal line test in SET-100'
successRate, profitRate = modifiedSignalLineTestWithSET100(K=0.1,
verbose=True)
print 'modified signal line test in SET-100'
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
raw_input("Press Enter to continue...")

```

## ตารางที่ ก.14(ต่อ)

```
## modified signal line with trading weight test in SET-100
print 'modified signal line with trading weight test in SET-100'
successRate, profitRate = modsigTradingWeightTestWithSET100(K=0.1, R=1,
verbose=True)
print 'modified signal line with trading weight test in SET-100'
print 'success rate: %f' % successRate
print 'profit rate: %f' % profitRate
```



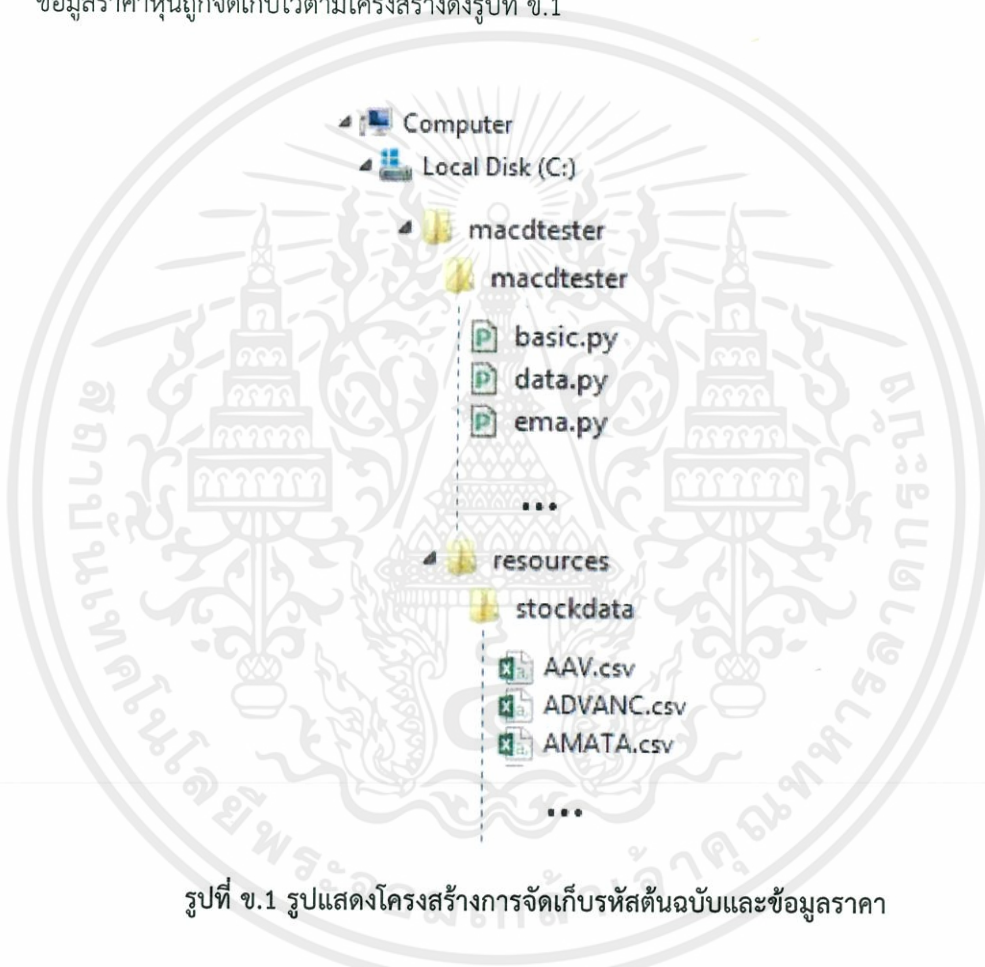
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

# วิธีใช้รหัสต้นฉบับสำหรับการทดสอบวิธีการซื้อขาย

### ข.1 ความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรม

ภาคผนวก ข จะกล่าวถึงวิธีใช้งานรหัสต้นฉบับที่สำคัญ โดยจะสมมติว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีระบบปฏิบัติการคือ Windows XP Windows 7 หรือ Windows 8 และได้ทำการติดตั้งชุดซอฟต์แวร์ Pythonxy เรียบร้อยแล้ว (ดูภาคผนวก ก) และจะสมมติว่ารหัสต้นฉบับทั้งหมดพร้อมทั้งข้อมูลราคาหุ้นถูกจัดเก็บไว้ตามโครงสร้างดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 รูปแสดงโครงสร้างการจัดเก็บรหัสต้นฉบับและข้อมูลราคา

จากรูปที่ ข.1 ยกตัวอย่างเช่น ไฟล์รหัสต้นฉบับ basic.py จะถูกจัดเก็บไว้ที่

C:\macdtester\macdtester\basic.py และไฟล์ข้อมูลราคา AAV.csv จะถูกจัดเก็บไว้ที่

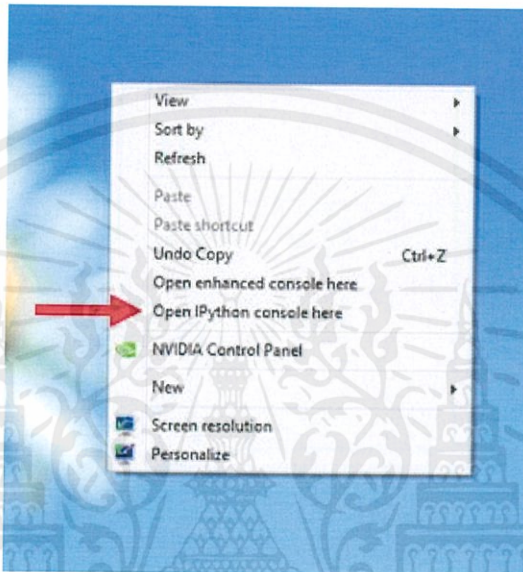
C:\macdtester\resources\stockdata\AAV.csv เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

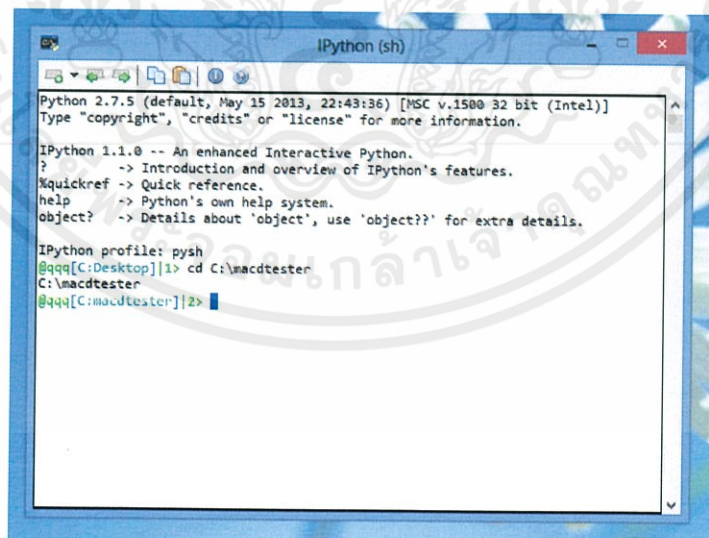
การเรียกใช้งานรหัสต้นฉบับสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม IPython ที่ติดตั้งมาพร้อมกับชุดซอฟต์แวร์ Pythonxy โดยหากเลือกติดตั้ง Pythonxy ไว้ที่ C:\ จะสามารถพบโปรแกรม IPython ได้ที่ C:\Python27\Scripts\ipython.exe หรือเปิดได้โดยการคลิกเมาส์ขวาที่เดสก์ทอปจากนั้นเลือกรายการ “Open IPython console here” ดังรูปที่ ข.2 และจะปรากฏโปรแกรมขึ้นให้พิมพ์คำสั่ง

```
> cd C:\macdtester
```

เพื่อเคลื่อนย้ายพื้นที่การทำงานไปยังที่อยู่ของรหัสต้นฉบับ ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.2 รูปแสดงการเปิดโปรแกรม IPython ด้วยโดยการคลิกเมาส์ขวาที่เดสก์ทอปในระบบปฏิบัติการ Windows



รูปที่ ข.3 รูปโปรแกรม IPython หลังจากป้อนคำสั่งเคลื่อนย้ายพื้นที่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ ข.2 ถึง ข.4 จะอธิบายถึงคำสั่งที่อยู่ในไฟล์ main.py ผู้ใช้สามารถทำตามหัวข้อ ข.2 ถึง ข.4 ทีละขั้นตอน แต่หากต้องการใช้รหัสต้นฉบับที่สำเร็จแล้วในไฟล์ main.py สามารถทำได้โดยพิมพ์คำสั่งดังนี้

```
> %run macdtester/main
```

## ข.2 การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อันได้แก่ ข้อมูลราคา MACD เส้นสัญญาณ และเส้นสัญญาณดัดแปลงนั้น จะถูกแสดงออกในรูปของลำดับ (กล่าวคือ อาร์เรย์) ของข้อมูล ณ เวลาต่างๆ การเตรียมข้อมูลราคาทำได้โดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

```
> from macdtester.data import getPricesData
> pricesData = getPricesData(symbol='KBANK', type='close')
```

จะเห็นว่าตัวแปร pricesData จะมีค่าเป็นลำดับของราคาปิด (close) ของหุ้น KBANK ณ เวลาต่าง (สามารถพิมพ์ชื่อตัวแปรแล้วกดปุ่ม Enter เพื่อดูค่าของตัวแปร) โดยพารามิเตอร์ symbol คือชื่อหุ้นที่มีข้อมูลอยู่ใน C:\macdtester\resources\stockdata\ และ type คือชนิดของราคาอันได้แก่ 'open' 'high' 'low' และ 'close'

ต่อไปจะทำการสร้างลำดับของ MACD และเส้นสัญญาณจากข้อมูลราคาด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
> from macdtester.macd import getMACDAndSignalLine
> macd, signalLine = getMACDAndSignalLine(pricesData, 12, 26, 9)
```

จะเห็นว่าตัวแปร macd จะมีค่าเป็นลำดับของเส้น MACD และตัวแปร signalLine จะมีค่าเป็นลำดับของเส้นสัญญาณ ณ เวลาต่างๆ โดยที่ลำดับ MACD จะคำนวณจากผลต่างของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 12 วัน และ 26 วัน และเส้นสัญญาณจะคำนวณจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 9 วันของ MACD

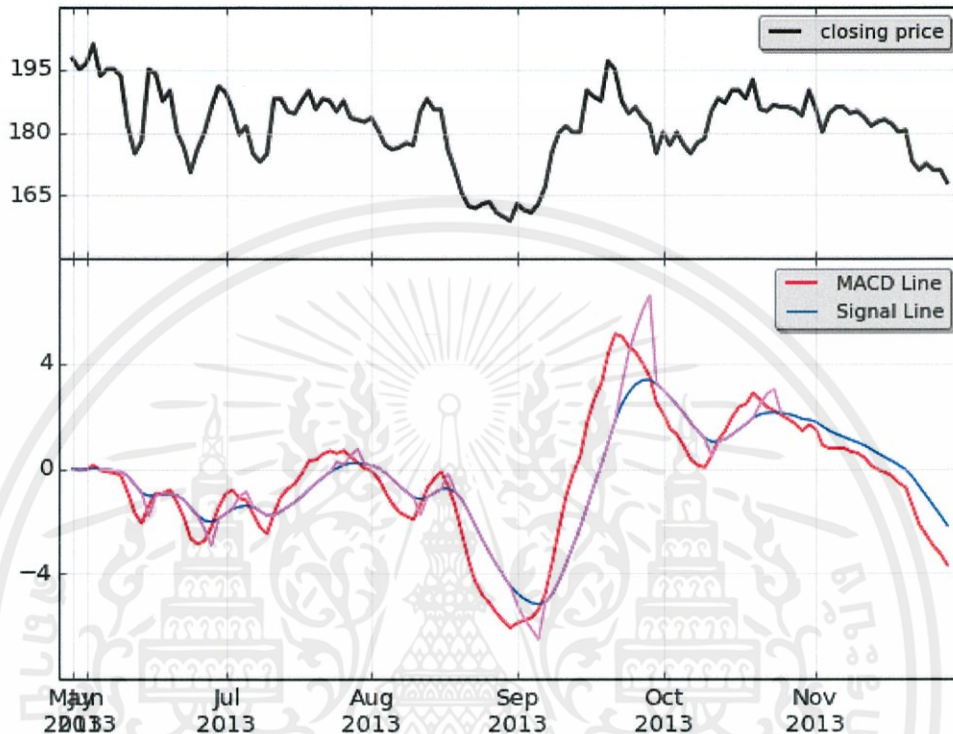
ในทำนองเดียวกัน สามารถสร้างลำดับของเส้นสัญญาณดัดแปลงได้ดังนี้

```
> from macdtester.modifiedsignalline import getModifiedSignalLine
> modifiedSignalLine = getModifiedSignalLine(macd, signalLine, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้สร้างเส้นสัญญาณดัดแปลงด้วยค่าปรับแก้  $K=1$  ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถพล็อตกราฟของลำดับทั้ง 4 ลำดับได้ดังนี้

```
> from macdtester.plot import standardPlot, addModifiedSignalLine
> figure = standardPlot(pricesData, macd, signalLine, show=False)
> addModifiedSignalLine(figure, modifiedSignalLine, show=True)
```



รูปที่ ข.4 กราฟของลำดับราคา MACD เส้นสัญญาณ และเส้นสัญญาณตัดแปลง  
เส้นสีดำคือราคา เส้นสีแดงคือ MACD เส้นสีน้ำเงินคือเส้นสัญญาณ และเส้นสีม่วงคือเส้นสัญญาณ  
ตัดแปลง คำนวณจากราคาปิดของหุ้น KBANK ตั้งแต่วันที่ 30 พฤษภาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ.  
2556

จากรูปที่ ข.4 จะเห็นได้ว่ากราฟของ MACD ในช่วงวันแรกๆ จะตัดกันอย่างไร้ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นเพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างเสมือนจริงมากที่สุด จะตัดข้อมูลจำนวน 26 วันแรกทิ้งไป ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
> pricesData = pricesData[25:]
> macd = macd[25:]
> signalLine = signalLine[25:]
> modifiedSignalLine = modifiedSignalLine[25:]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 การทดสอบกับหุ้นรายตัว

สามารถนำข้อมูลที่เตรียมไว้ในหัวข้อ ข.2 มาใช้ทดสอบกับวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมได้ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
> from macdtester.tradingtest_originalmacd import originalMACDTest
> successRate, profitRate = originalMACDTest(pricesData, macd, signalLine)
```

ตัวแปร successRate จะมีค่าเป็นอัตราความสำเร็จและตัวแปร profitRate จะมีค่าเป็นอัตรากำไร

การทดสอบกับวิธีการอื่นสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน

```
> from macdtester.tradingtest_macdr1 import MACDR1Test
> from macdtester.tradingtest_macdr2 import MACDR2Test
> from macdtester.tradingtest_modifiedsignalline import
    modifiedSignalLineTest
> from macdtester.tradingtest_modsigtradingweight import
    modsigTradingWeightTest
> successRate, profitRate = MACDR1Test(pricesData, macd, signalLine)
> successRate, profitRate = MACDR2Test(pricesData, macd, signalLine)
> successRate, profitRate = modifiedSignalLineTest(pricesData, macd,
    signalLine, modifiedSignalLine)
> successRate, profitRate = modsigTradingWeightTest(pricesData, macd,
    signalLine, modifiedSignalLine, 1)
```

เมื่อ modsigTradingWeightTest หมายถึงการทดสอบวิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก และค่าพารามิเตอร์ “1” ในบรรทัดสุดท้ายคือค่า  $R$  ที่ใช้กำหนดจำนวนคาบย้อนหลังที่จะใช้คำนวณจุดขอบเขตการซื้อสั้น (overbought) และขอบเขตการขายสั้น (oversold)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ข.4 การทดสอบกับหุ้นใน SET-100

การทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกับหุ้นใน SET-100 เพื่อหาค่าอัตราความสำเร็จและอัตรากำไรโดยเฉลี่ยสามารถทำได้ดังนี้

```
> from macdtester.tradingtest_originalmacd import originalMACDTest
> successRate, profitRate = originalMACDTestWithSET100(verbose=False)
```

โดยหากกำหนดให้ verbose=True โปรแกรมจะแจ้งความคืบหน้าในการคำนวณไปด้วยแม้จะยังคำนวณไม่เสร็จสิ้น และจะแสดงผลการทดสอบกับหุ้นรายตัวเมื่อคำนวณเสร็จสิ้นแล้ว

ในทำนองเดียวกันการทดสอบวิธีการซื้อขายอื่นสามารถทำได้ดังนี้

```
> from macdtester.tradingtest_macdr1 import MACDR1TestWithSET100
> from macdtester.tradingtest_macdr2 import MACDR2TestWithSET100
> from macdtester.tradingtest_modifiedsignalline import
    modifiedSignalLineTestWithSET100
> from macdtester.tradingtest_modsigtradingweight import
    modsigTradingWeightTestWithSET100
> successRate, profitRate = MACDR1TestWithSET100(verbose=False)
> successRate, profitRate = MACDR2TestWithSET100(verbose=False)
> successRate, profitRate = modifiedSignalLineTestWithSET100(K=0.1,
    verbose=False)
> successRate, profitRate = modsigTradingWeightTestWithSET100(K=0.1, R=1,
    verbose=False)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค  
ผลการทดสอบกับหุ้นรายตัว

ค.1 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม

เมื่อทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิมกับข้อมูลราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACD แบบดั้งเดิม

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
AAV	0.04152485	0.5
ADVANC	-0.007576406	0.25
AMATA	-0.03471458	0.2
AOT	0.06484792	1
AP	-0.003529688	0.3333333
BAY	-0.004849183	0
BBL	-0.02333021	0
BCH	-0.03718669	0.3333333
BCP	-0.03071106	0
BEC	-0.01405196	0.3333333
BECL	-0.01651352	0
BGH	-0.0001424501	0.5
BH	0.02831455	0.5
BIGC	0.01939976	0.5
BJC	0.006111734	0.25
BLA	-0.0316547	0.25
BLAND	0.06615166	0.6666667
BTS	0.002929456	0.5
CENTEL	0.0409938	0.3333333
CK	0.01555904	0.6666667
CPALL	-0.005113042	0.3333333
CPF	-0.01404534	0
CPN	0.002644574	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.1(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
DCC	-0.02191067	0
DELTA	-0.01587302	0.3333333
DEMCO	-0.04719374	0.5
DTAC	-0.0163744	0
EGCO	-0.01563797	0
ESSO	0.003918203	0.3333333
GLOBAL	0.06495277	1
GLOW	-0.02712663	0
GOLD	0.08643411	1
GSTEL	-0.09897661	0
GUNKUL	0.04715088	0.5
HEMRAJ	-0.03530174	0.3333333
HMPRO	-0.04090909	0.5
INTUCH	0.005654527	0.5
IRPC	0.01831995	0.6666667
ITD	0.02370366	0.3333333
IVL	0.03157063	0.6666667
JAS	-0.003053161	0.5
KBANK	-0.02060374	0.25
KCE	0.01717486	0.25
KKP	-0.02016369	0.1666667
KTB	-0.01068238	0.2
KTC	-0.0267912	0.3333333
LH	0.01522248	0.25
LOXLEY	-0.01981665	0.3333333
LPN	0.001602912	0.3333333
MAJOR	-0.01147648	0.25
MALEE	-0.02528024	0.5
MBK	-0.01366987	0
MCOT	-0.005539036	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเปิดเผยไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
MDX	0.01701897	0.6666667
MINT	0.03941077	0.6666667
PF	0.038342	0.6666667
PS	0.008217001	0.4
PTT	-0.01580587	0
PTTEP	-0.009547626	0.2
PTTGC	-0.001555896	0.4
QH	-0.02462485	0.2
RATCH	-0.02213806	0
ROBINS	-0.005619471	0.3333333
ROJNA	0.00350156	0.5
RS	-0.008616345	0.4
SAMART	0.04434695	0.5
SAMTEL	0.08741259	0.5
SAT	0.06336098	0.5
SC	-0.001585139	0.5
SCB	-0.005291459	0.2
SCC	-0.01807761	0.25
SCCC	-0.01081936	0.25
SF	-0.002588956	0.3333333
SIRI	-0.0001886705	0.3333333
SPALI	0.07342657	0.5
SPCG	0.04328041	0.5
SRICHA	-0.008356602	0.4
SSI	-0.02586595	0
STA	-0.01809218	0.25
STEC	-0.03486337	0.2
TCAP	-0.007045382	0.1666667
THAI	0.2248521	1
THCOM	0.03455645	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
THRE	-0.03142418	0.3333333
TISCO	-0.001968565	0.6666667
TMB	-0.01728829	0.2
TOP	-0.01324572	0.3333333
TPIPL	0.005226613	0.4
TRUE	0.08824234	0.5
TTA	-0.002693158	0.3333333
TTCL	0.1191934	0.5
TTW	-0.003076923	0.3333333
TUF	0.02942312	0.6666667
TVO	-0.01376945	0.25
UV	-0.01069695	0.6666667
WHA	-0.02333021	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.2 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1

เมื่อทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR1 กับข้อมูลราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR1

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
AAV	0.003063725	0.5
ADVANC	-0.02737226	0
AMATA	0.01764238	0.6
AOT	0.04394993	1
AP	-0.03373352	0.3333333
BAY	-0.003246753	0
BBL	0.01383367	0.5
BCH	-0.02293093	0.3333333
BCP	-0.02844155	0.3333333
BEC	-0.01190373	0.3333333
BECL	-0.02257702	0.2
BGH	0.003088803	0.5
BH	0.0308434	0.75
BIGC	0.05007538	1
BJC	0.006255538	0.6666667
BLA	-0.01091891	0.5
BLAND	0.006149406	0.6666667
BTS	-0.001308463	0.25
CENTEL	0.02654592	0.6666667
CK	0.02782243	0.6666667
CPALL	0.01445668	0.5
CPF	0.06140287	1
CPN	0.03056541	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.2(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
DCC	-0.03259262	0
DELTA	-0.01069287	0.3333333
DEMCO	-0.02117234	0.5
DTAC	0.03015753	0.75
EGCO	-0.01433518	0
ESSO	0.01869706	0.6666667
GLOBAL	0.05772321	1
GLOW	0.01157899	0.5
GOLD	0.07044114	1
GSTEL	-0.09897661	0
GUNKUL	0.003068182	0.5
HEMRAJ	-0.001189165	0.6666667
HMPRO	0.04322139	1
INTUCH	0.04653979	1
IRPC	0.042067	1
ITD	0.06911441	1
IVL	-0.02706492	0.3333333
JAS	0.01231293	0.75
KBANK	-0.01429443	0.25
KCE	-0.00701293	0.5
KKP	-0.03681064	0.25
KTB	-0.01185932	0.4
KTC	-0.002112116	0.3333333
LH	-0.004276373	0.5
LOXLEY	-0.01642673	0.6666667
LPN	-0.02979956	0.3333333
MAJOR	0.004642657	0.6666667
MALEE	-0.03590565	0.25
MBK	-0.01912155	0
MCOT	0.03467373	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ไปเผยแพร่หรือใช้ข้อมูลใดๆถึงถึงเข้าขององค์กรฯ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
MDX	0.0190855	0.6666667
MINT	0.005120412	0.6666667
PF	0.05126178	1
PS	0.003941703	0.5
PTT	0.008963553	0.5
PTTEP	0.01460455	0.5
PTTGC	0.01840894	0.6666667
QH	-0.01873107	0.5
RATCH	-0.02174234	0
ROBINS	0.01100078	0.6666667
ROJNA	0.01726805	0.5
RS	-0.02510089	0.25
SAMART	-0.03731259	0.5
SAMTEL	0.03905131	1
SAT	0.04093567	1
SC	0.03110845	0.75
SCB	-0.003929677	0.25
SCC	0.008958333	0.5
SCCC	0.00125	0.5
SF	0.05601178	1
SIRI	-0.01920705	0.3333333
SPALI	0.07213556	1
SPCG	-0.02163636	0.5
SRICHA	0.03294182	0.6
SSI	0.01896836	0.6666667
STA	0.007262761	0.3333333
STEC	0.02635414	0.6666667
TCAP	-0.01762926	0.25
THAI	0.0483871	1
THCOM	0.03792921	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้เพื่อทำสิ่งใดอย่างอื่นถึงแม้ว่าจะมีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
THRE	0.01257182	0.6666667
TISCO	-0.004436208	0.6666667
TMB	-0.02069459	0.5
TOP	-0.02772626	0.3333333
TPIPL	0.02142649	0.75
TRUE	0.01934117	0.5
TTA	0.02182362	0.6666667
TTCL	-0.01797829	0.5
TTW	0.03015449	1
TUF	0.006174233	0.6666667
TVO	-0.007653264	0.25
UV	-0.003083534	0.3333333
WHA	0.01383367	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ค.3 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2

เมื่อทดสอบวิธีการซื้อขายด้วย MACDR2 ข้อมูลราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่ วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วย MACDR2

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
AAV	0.06862745	1
ADVANC	-0.05474453	0
AMATA	0.05631028	1
AOT	0.05163043	1
AP	-0.03373352	0.3333333
BAY	None	None
BBL	0.04	1
BCH	-0.01042379	0.5
BCP	-0.0729927	0
BEC	None	None
BECL	None	None
BGH	-0.02857143	0
BH	None	None
BIGC	0.05007538	1
BJC	-0.01586922	0.5
BLA	-0.009431537	0.5
BLAND	0.006149406	0.6666667
BTS	None	None
CENTEL	0.02654592	0.6666667
CK	0.06292009	1
CPALL	0.1118881	1
CPF	0.07862903	1
CPN	0.06024096	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.3(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
DCC	-0.008733624	0
DELTA	0.03553299	1
DEMCO	-0.02117234	0.5
DTAC	0.03043478	1
EGCO	None	None
ESSO	0.08270677	1
GLOBAL	0.06857143	1
GLOW	0.0719697	1
GOLD	0.0962963	1
GSTEL	-0.09897661	0
GUNKUL	0.08	1
HEMRAJ	0.05250197	1
HMPRO	0.04166667	1
INTUCH	0.06325301	1
IRPC	0.03954802	1
ITD	0.06911441	1
IVL	-0.02706492	0.3333333
JAS	0.03198309	1
KBANK	0.05555556	1
KCE	0	0.5
KKP	-0.09289617	0
KTB	0.0001581278	0.5
KTC	0.06382979	1
LH	0.05825243	1
LOXLEY	-0.04116902	0.5
LPN	None	None
MAJOR	0.03763441	1
MALEE	-0.04058524	0.5
MBK	None	None
MCOT	0.03649635	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อมูลเหล่านี้และเผยแพร่ไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ตารางที่ ค.3(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
MDX	0.06735751	1
MINT	-0.01155015	0.5
PF	0.05126178	1
PS	0.003941703	0.5
PTT	None	None
PTTEP	None	None
PTTGC	None	None
QH	-3.144654e-05	0.6666667
RATCH	None	None
ROBINS	0.03076923	1
ROJNA	None	None
RS	0.008231352	0.5
SAMART	-0.03731259	0.5
SAMTEL	None	None
SAT	0.04093567	1
SC	0.06515808	1
SCB	0.09150327	1
SCC	0.03125	1
SCCC	0.045	1
SF	None	None
SIRI	0.05454545	1
SPALI	0.109589	1
SPCG	-0.02163636	0.5
SRICHA	0.07233441	1
SSI	None	None
STA	-0.04316547	0
STEC	0.06230348	1
TCAP	0.04651163	1
THAI	0.0483871	1
THCOM	0.03998731	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ออกไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด

ตารางที่ ค.3(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
THRE	0.05963303	1
TISCO	-0.0338652	0.5
TMB	-0.0381748	0.3333333
TOP	-0.07228916	0
TPIPL	0.01444436	0.6666667
TRUE	0.01934117	0.5
TTA	0.03488372	1
TTCL	-0.01797829	0.5
TTW	None	None
TUF	0.03904858	1
TVO	None	None
UV	-0.01226659	0.5
WHA	0.04	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ค.4 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง

เมื่อทดสอบวิธีซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงกับข้อมูลราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ ค.4

ตารางที่ ค.4 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
AAV	0.0285939	0.5
ADVANC	-0.001020604	0.25
AMATA	0.02330137	0.8
AOT	0.04089056	0.5
AP	0.05179162	0.3333333
BAY	-0.01114767	0
BBL	0.01000074	0.5
BCH	0.01804844	0.6666667
BCP	-0.002217107	0.5
BEC	-0.01062707	0.3333333
BECL	0.007078014	0.6
BGH	0.02941717	1
BH	0.02692902	0.5
BIGC	0.01055606	0.5
BJC	0.01453005	0.25
BLA	0.03654194	1
BLAND	0.05524593	1
BTS	0.02057487	0.5
CENTEL	0.09173134	1
CK	0.0378355	1
CPALL	-0.006722263	0.1666667
CPF	-0.007165193	0.3333333
CPN	0.03239137	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.4(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
DCC	-0.01143283	0.3333333
DELTA	0.004011334	0.3333333
DEMCO	0.05038311	0.75
DTAC	0.03096711	0.75
EGCO	-0.01832116	0.1666667
ESSO	0.02801577	0.6666667
GLOBAL	0.1230748	1
GLOW	-0.01264117	0.25
GOLD	0.03111617	1
GSTEL	-0.06059942	0
GUNKUL	0.06479561	0.5
HEMRAJ	0.0805447	1
HMPRO	0.05260417	1
INTUCH	0.0173011	0.5
IRPC	0.04923313	0.6666667
ITD	0.12874	1
IVL	0.102724	1
JAS	0.04343407	0.75
KBANK	0.02210084	0.5
KCE	0.06232463	0.75
KKP	-0.01323144	0.1666667
KTB	0.03157746	0.4
KTC	0.03957525	0.3333333
LH	0.04601844	0.75
LOXLEY	0.03903938	0.6666667
LPN	0.02992135	0.6666667
MAJOR	0.0393074	0.5
MALEE	0.03511253	0.5
MBK	-0.007734172	0.5
MCOT	0.006179671	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงเป็นต้นฉบับหรือเผยแพร่ต่อสาธารณะทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.4(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
MDX	0.05526415	0.6666667
MINT	0.0973798	1
PF	0.02711796	1
PS	0.04835052	0.6
PTT	-0.02482605	0
PTTEP	-0.02858822	0
PTTGC	-0.009212495	0.4
QH	0.03408888	0.6
RATCH	-0.004569179	0.4
ROBINS	0.08424226	1
ROJNA	-0.002941176	0
RS	0.02216642	0.2
SAMART	0.1210526	1
SAMTEL	0.07380952	0.5
SAT	0.04479629	0.5
SC	0.03817473	0.75
SCB	0.02540431	0.4
SCC	0.001029921	0.25
SCCC	0.01659907	0.25
SF	-0.02519007	0.3333333
SIRI	0.04802016	0.3333333
SPALI	0.0837669	1
SPCG	0.08185673	1
SRICHA	0.02873827	0.6
SSI	0.009009009	0.3333333
STA	0.0227667	0.5
STEC	0.004823906	0.4
TCAP	-0.007252779	0.3333333
THAI	0.2411765	1
THCOM	0.03886688	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากคณะผู้บริหาร

ตารางที่ ค.4(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
THRE	0.03503795	1
TISCO	0.03588541	0.6666667
TMB	0.004253968	0.4
TOP	-0.01400859	0.3333333
TPIPL	0.04348536	1
TRUE	0.04709742	0.5
TTA	0.0506845	0.6666667
TTCL	0.1332465	0.5
TTW	-0.002380143	0.3333333
TUF	0.04621289	0.6666667
TVO	0.002764768	0.5
UV	0.07987666	0.6666667
WHA	0.01000074	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.5 การทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงโดยใช้การ  
ซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

เมื่อทดสอบวิธีซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลงโดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนักกับข้อมูล  
ราคาปิดของหุ้นแต่ละตัวใน SET-100 ตั้งแต่วันที่ 5 กรกฎาคม ถึง 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จะได้  
ผลลัพธ์ดังตารางที่ ค.5

ตารางที่ ค.5 ผลลัพธ์จากการทดสอบหุ้นรายตัวโดยใช้วิธีการซื้อขายด้วยเส้นสัญญาณดัดแปลง  
โดยใช้การซื้อขายแบบถ่วงน้ำหนัก

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
AAV	0.08471074	1
ADVANC	-0.0141833	0
AMATA	0.02182419	0.75
AOT	-0.01558781	0
AP	0.09614763	0.5
BAY	-0.002919159	0
BBL	0.01367898	0.4
BCH	0.02089764	0.5
BCP	-0.006154946	0.6666667
BEC	-0.003887253	0.5
BECL	0.005175805	0.5
BGH	0.01638369	1
BH	0.007015517	0.3333333
BIGC	0.0006941895	0.3333333
BJC	0.02925661	0.3333333
BLA	0.04007289	1
BLAND	0.05996902	1
BTS	0.02578527	0.3333333
CENTEL	0.1112633	1
CK	0.0167932	1
CPALL	-0.001331059	0.2
CPF	-0.009916686	0
CPN	0.0376882	0.6666667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ค.5(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
DCC	0.008249498	0.5
DELTA	-0.005185238	0.5
DEMCO	0.03282601	0.6666667
DTAC	0.02965986	0.6666667
EGCO	-0.01199028	0.2
ESSO	0.0579683	1
GLOBAL	0.02375822	1
GLOW	-0.008713376	0.3333333
GOLD	0.03169528	1
GSTEL	-0.05558335	0
GUNKUL	0.1353383	1
HEMRAJ	0.08274094	1
HMPRO	0.01024154	1
INTUCH	0.005566903	0.3333333
IRPC	0.05890163	1
ITD	0.1058488	1
IVL	0.1208039	1
JAS	0.0183659	0.6666667
KBANK	0.03519333	0.6666667
KCE	0.04524426	0.6666667
KKP	-0.00286406	0.2
KTB	0.05126523	0.5
KTC	0.07468538	0.5
LH	0.05734187	0.6666667
LOXLEY	0.06296589	1
LPN	0.0578597	1
MAJOR	0.05370632	0.3333333
MALEE	0.05493771	0.6666667
MBK	-0.01123983	0.6666667
MCOT	0.02283008	0.6666667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมาธิการ

ตารางที่ ค.5(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
MDX	0.09864304	1
MINT	0.1076452	1
PF	0.04858948	1
PS	0.05467749	0.5
PTT	-0.01656187	0
PTTEP	-0.02016443	0
PTTGC	-0.0119366	0.5
QH	0.02163648	0.5
RATCH	-0.0002165085	0.5
ROBINS	0.02542332	1
ROJNA	0	0
RS	0.03258348	0.25
SAMART	0.2368421	1
SAMTEL	0.200749	1
SAT	0.151561	1
SC	0.02168852	0.6666667
SCB	0.03483834	0.5
SCC	0.01090548	0.3333333
SCCC	-0.01686751	0
SF	-0.04932356	0
SIRI	0.08605854	0.5
SPALI	0.02249256	1
SPCG	0.1314554	1
SRICHA	0.03123624	0.5
SSI	0.01082571	0.5
STA	-0.0111773	0.3333333
STEC	0.02595165	0.5
TCAP	-0.001001516	0.4
THAI	None	None
THCOM	0.03174737	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเป็นงาน และส่งข้อมูลถึงเจ้าพนักงานใดๆอีกตราบใดที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5(ต่อ)

	อัตรากำไรเฉลี่ย	อัตราความสำเร็จ
THRE	0.03763597	1
TISCO	0.04573856	1
TMB	0.004426997	0.5
TOP	-0.003108063	0.5
TPIPL	0.02515006	1
TRUE	0.1002924	1
TTA	0.07454123	1
TTCL	0.3055556	1
TTW	-0.007281417	0
TUF	0.04001775	0.5
TVO	0.01543855	0.6666667
UV	0.01274199	0.5
WHA	0.01367898	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้