

การชี้วัดฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)

คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

2560

# การชี้วัดฟองสบู่ในราคาลินทรีย์

จิรภัทร ใ้วคาศัย

คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(อาจารย์ ดร. อัครกฤตย์ เทพมงคล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันเฉลิม โปรา)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา เศรษฐูปราโมทย์)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. อัครกฤตย์ เทพมงคล)

..... คณบดี  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฝน จันทน์สม)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

## บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	การชี้วัดฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์
ชื่อผู้เขียน	นายจิรภัทร คุ้มคำชัย
ชื่อปริญญา	เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)
ปีการศึกษา	2560

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการพัฒนาดัชนีชี้วัดฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์ โดยใช้หุ่นเป็นสินทรัพย์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังภาวะผันผวนทางเศรษฐกิจ โดยสิ่งที่แตกต่างจากการทำดัชนีฟองสบู่ที่มีอยู่เดิม คือทางผู้วิจัยได้ประยุกต์นำเทคนิคการกรองข้อมูลองค์ประกอบความถี่ด้วยวิธีการแปลงฟูริเย (Fourier Transformation) มาใช้แบ่งข้อมูลราคาสินทรัพย์ออกเป็นความถี่ต่างๆ โดยพบว่า โดยเฉลี่ยแล้ว องค์ประกอบข้อมูลความถี่ต่ำมีลักษณะความสัมพันธ์กับตัวแปรเศรษฐกิจมหภาคสอดคล้องตามทฤษฎีฟองสบู่ (Rational Bubble Theory) เหมาะสมกับการเป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของดัชนีชี้วัดฟองสบู่จากการแปลงฟูริเยข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลอง Log - Periodic Power Law (LPPL) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตฟองสบู่กับการใช้ราคาสินทรัพย์โดยตรง พบว่าดัชนีชี้วัดฟองสบู่จากการแปลงฟูริเยมีความแม่นยำในการประมาณช่วงเวลาวิกฤตสูงกว่าถึงร้อยละ 62 อีกทั้งยังพบว่าการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลในระยะสั้นก่อนการเกิดวิกฤตมีความแม่นยำสูงกว่าการพยากรณ์ล่วงหน้า

## ABSTRACT

<b>Title of Thesis</b>	MEASURING ASSET PRICE BUBBLES
<b>Author</b>	Jirapat Khokasai
<b>Degree</b>	Master of Economics (Business Economics)
<b>Year</b>	2017

---

This thesis develops an indicator on asset price bubbles, namely stock prices. The main contribution is an initiative application of the Fourier transformation technique in decomposing elements of the asset price into many frequency passes. I find that a series from low frequency pass is a good indicator for asset price bubble as its correlations with macroeconomic variables are consistent with the theory of rational bubbles. In addition, this Fourier bubble indicator on average shows the better effectiveness by 62 percent in predicting the bubble time crash under the Log - Periodic Power Law (LPPL) framework. I also find that the Fourier bubble indicator is more accurate in the short-horizon predictor.

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เต็มไปด้วยอุปสรรค ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูล ราคาหุ้น จนกระทั่งขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างล่าช้า แต่สุดท้ายก็สำเร็จลุล่วงตามที่มุ่งหวัง การศึกษาครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จและสมบูรณ์ได้หากขาดการสนับสนุน แรงผลักดัน และกำลังใจจากผู้รอบตัว บุคคลแรกที่ควรกล่าวถึงและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นั่นคือ อ. ดร. อัครกฤตย์ เทพมงคล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการศึกษาครั้งนี้ ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังคอยมอบแรงผลักดัน กำลังใจและยังสละเวลาส่วนตัวจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ขอบขอบคุณคุณวัชรระ อมศิริ กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีควอนตัมและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำรวมถึงการปรับแก้ตัวกรองจนแล้วเสร็จ และคุณอดิษฐ์ สงวนวงษ์ทอง ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำเรื่องการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง Log - Periodic Power Law ด้วยวิธี Maximum Likelihood ขอบขอบคุณเพื่อนๆ เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ รุ่น 34 รุ่นพี่และรุ่นน้อง รุ่น 31, 32, 33 และ 35 ที่คอยให้ความช่วยเหลือ รวมถึงแลกเปลี่ยนปัญหาและประสบการณ์ในการทำงานจนงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมถึงผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

จิรภัทร ไคว์คาศัย

กรกฎาคม 2561

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
ABSTRACT.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 แนวความคิดในการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ความหมายของ Rational Bubble.....	6
2.2 Fourier Transformation Analysis.....	9
2.2.1 Discrete Fourier Transformation Technique.....	10
2.2.2 การออกแบบตัวกรอง (Filter Design).....	11
2.2.3 Frequency Response Function.....	11
2.3 นิยามของวิกฤตทางการเงิน.....	12
2.3.1 การจัดลำดับตามช่วงเวลาและตามอัตราความเปลี่ยนแปลง.....	12
2.3.2 Price coarse-graining algorithm.....	13
2.3.3 CMAX - Crisis Indicator.....	14
2.4 Log – Periodic Power Law.....	15

บทที่ 3 การสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่.....	22
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	22
3.2 การแยกองค์ประกอบของราคาสินทรัพย์โดยการแปลงฟูเรีย .....	23
3.3 การคัดเลือกและออกแบบตัวกรอง(Filter)ที่ใช้ในการศึกษา.....	25
3.3.1 ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter).....	25
3.3.2 ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter).....	26
3.4 การทดสอบคุณสมบัติความเป็น Rational Bubbles .....	27
3.4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์จากตัวกรอง (Filter) และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค .....	33
3.4.2 การทดสอบ Unit Root.....	33
3.4.3 การทดสอบ Cointegration.....	34
3.4.4 ผลการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวชี้วัดทาง เศรษฐศาสตร์มหภาค .....	35
3.5 การพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤต.....	40
3.5.1 การพิจารณาช่วงเวลาวิกฤตและการแบ่งช่วงเวลา.....	40
3.5.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา.....	43
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	45
4.1 ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาวิกฤต .....	45
4.2 ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์.....	49
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	63
5.1 สรุปผลการศึกษาการคัดเลือกตัวกรองที่ใช้ในการทดสอบ .....	63
5.2 สรุปผลการศึกษาผลการพยากรณ์ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุด.....	63
5.3 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา.....	65
5.4 การเปรียบเทียบผลศึกษากับการศึกษาที่ผ่านมา .....	66

5.5 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....	71
5.6 ข้อจำกัดและแนวทางในการวิจัยในอนาคต .....	72
บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก.....	79
A. ตารางแสดงผลการศึกษาเพิ่มเติมของตัวกรอง .....	79
1. ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษาตามเกณฑ์การจำแนกวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator.....	79
2. ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์.....	90
B. ผลการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตด้วยวิธี LPPL โดยใช้ดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการใช้ตัวกรอง ชนิดเลือกความถี่ผ่าน ระหว่าง 0.5 – 0.8.....	105
1. ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษาตามเกณฑ์การจำแนกวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator.....	106
2. ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์.....	116
ประวัติผู้เขียน.....	127

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 : ตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์และผลที่คาดหวังเมื่อเศรษฐกิจอยู่ในสภาวะฟองสบู่..... 9

ตารางที่ 2 : ชื่อตัวกรอง ค่าความถี่เริ่มต้นที่ยอมให้ผ่าน และค่าความถี่สุดท้ายที่ยอมให้ผ่านของตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)..... 25

ตารางที่ 3 : ชื่อตัวกรอง ค่าความถี่เริ่มต้นที่ไม่ยอมให้ผ่าน และค่าความถี่สุดท้ายที่ไม่ยอมให้ผ่าน.... 26

ตารางที่ 4 : ความถี่และช่วงเวลาของข้อมูล..... 32

ตารางที่ 5 : ผลการทดสอบ Unit Root ..... 34

ตารางที่ 6 : ผลการทดสอบ Cointegration ..... 35

ตารางที่ 7 : ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระจากแบบจำลองที่ใช้ตัวแปรตามที่เป็นผลลัพธ์จากตัวกรองทั้ง 18 ชนิด..... 37

ตารางที่ 8 : คะแนนของตัวกรองแต่ละชนิดที่ใช้เกณฑ์ดังที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.3 ..... 39

ตารางที่ 9 : ช่วงเวลาที่ถูกรับเลือกด้วยการใช้ CMAX Indicator..... 42

ตารางที่ 10 : การแบ่งช่วงข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าด้วยแบบจำลอง Log-Periodic Power Law ..... 43

ตารางที่ 11 : ตัวอย่างการคำนวณค่าคาดเคลื่อนและค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ย (ช่วงเวลาที่ 1)..... 46

ตารางที่ 12 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยคิดตามช่วงเวลาที่ได้จากการนิยามวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator ..... 47

ตารางที่ 13 : ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาจากการนิยามวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator..... 49

ตารางที่ 14 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ Base Case ในช่วงข้อมูลตัวที่ 1 – 100 ..... 50

ตารางที่ 15 : ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..... 51

ตารางที่ 16 : ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter)  $F_{15}$  จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก..... 53

ตารางที่ 17 : ค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter) $F_{16}$ จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก.....	54
ตารางที่ 18 : ค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter) $F_{18}$ จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก.....	56
ตารางที่ 19 : ค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) $F_{15}$ จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย .....	57
ตารางที่ 20 : ค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) $F_{16}$ จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย .....	58
ตารางที่ 21 : ค่าตลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) $F_{18}$ จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย .....	60
ตารางที่ 22 : ผลการศึกษาโดยแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ออกเป็น Long - term.....	61
ตารางที่ 23 : ผลการศึกษาโดยแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ออกเป็น Short - term.....	62
ตารางที่ 24 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/2/1987 (1987.213242)      80	
ตารางที่ 25 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 20/8/1987 (1987.721461) .....	81
ตารางที่ 26 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 5/1/1988 (1988.097032).....	82
ตารางที่ 27 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 25/1/1991 (1991.151826) .....	83
ตารางที่ 28 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/3/1995 (1995.296575) .....	84

ตารางที่ 29 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 2/7/1997 (1997.588813).....	85
ตารางที่ 30 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 26/5/2004 (2004.4879).....	86
ตารางที่ 31 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 23/12/2008 (2009.063014).....	87
ตารางที่ 32 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 9/9/2013 (2013.774658).....	88
ตารางที่ 33 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 12/2/2014 (2014.199543).....	89
ตารางที่ 34 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	90
ตารางที่ 35 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	91
ตารางที่ 36 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	92
ตารางที่ 37 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	93
ตารางที่ 38 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	94
ตารางที่ 39 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	95
ตารางที่ 40 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	96
ตารางที่ 41 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	97
ตารางที่ 42 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	98
ตารางที่ 43 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	99
ตารางที่ 44 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	100
ตารางที่ 45 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	101
ตารางที่ 46 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	102
ตารางที่ 47 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 500.....	103
ตารางที่ 48 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 401 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	104

ตารางที่ 49 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/2/1987 (1987.213242) .....	106
ตารางที่ 50 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 20/8/1987 (1987.721461) .....	107
ตารางที่ 51 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ วันที่ 20/8/1987 (1987.721461) .....	108
ตารางที่ 52 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 25/1/1991 (1991.151826) .....	109
ตารางที่ 53 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/3/1995 (1995.296575) .....	110
ตารางที่ 54 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 2/7/1997 (1997.588813).....	111
ตารางที่ 55 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 26/5/2004 (2004.4879).....	112
ตารางที่ 56 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 23/12/2008 (2009.063014) .....	113
ตารางที่ 57 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 9/9/2013 (2013.774658).....	114
ตารางที่ 58 : ผลการประมาณค่า $t_c$ , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 12/2/2014 (2014.199543) .....	115
ตารางที่ 59 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	116
ตารางที่ 60 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	116
ตารางที่ 61 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	117
ตารางที่ 62 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	117
ตารางที่ 63 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา.....	118
ตารางที่ 64 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	118

ตารางที่ 65 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	119
ตารางที่ 66 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	119
ตารางที่ 67 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	120
ตารางที่ 68 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	120
ตารางที่ 69 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	121
ตารางที่ 70 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	121
ตารางที่ 71 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	122
ตารางที่ 72 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	122
ตารางที่ 73 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา .....	123
ตารางที่ 74 : ผลการศึกษาเรียงตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	124
ตารางที่ 75 : ผลการศึกษาเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก.....	125
ตารางที่ 76 : ผลการศึกษาเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย.....	126

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 : ดัชนี SET Index ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม ค.ศ.1984 ไปจนถึง วันที่ 30 ธันวาคม ค.ศ.2016 พร้อมทั้ง Highlight แสดงวิกฤตทางเศรษฐกิจ..... 2

ภาพที่ 2 : แผนภาพแสดงขั้นตอนในการดำเนินงาน ..... 5

ภาพที่ 3 : Crowding Out Effect ..... 7

ภาพที่ 4 : Crowding In Effect..... 8

ภาพที่ 5 : Time - Domain vs. Frequency Component ..... 10

ภาพที่ 6 : ข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ชนิดรายวัน ..... 22

ภาพที่ 7 : Single-side Fourier Transform (Hertz) in Decibels (dB)..... 23

ภาพที่ 8 : Normalized Fourier Transform of Relative SET Index ..... 24

ภาพที่ 9 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{11} - F_{19}$  และตัวกรอง  $F_{h11} - F_{h19}$  (1)..... 28

ภาพที่ 10 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{11} - F_{19}$  และตัวกรอง  $F_{h11} - F_{h19}$  (2)..... 29

ภาพที่ 11 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{11} - F_{19}$  และตัวกรอง  $F_{h11} - F_{h19}$  (3)..... 30

ภาพที่ 12 : ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค ..... 31

ภาพที่ 13 : CMAX Indicator..... 41

ภาพที่ 14 : ดัชนีชี้้นำจากงานศึกษาของทิพวรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนสิงหาคม ปี 1995 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 1997 ..... 68

ภาพที่ 15 : ดัชนีชี้้นำจากงานศึกษาของทิพวรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนมกราคม ปี 2007 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2008 ..... 69

ภาพที่ 16 : ดัชนีชี้้นำจากงานศึกษาของทิพวรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนตุลาคม ปี 2011 ถึงเดือนกันยายน ปี 2013 ..... 70

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

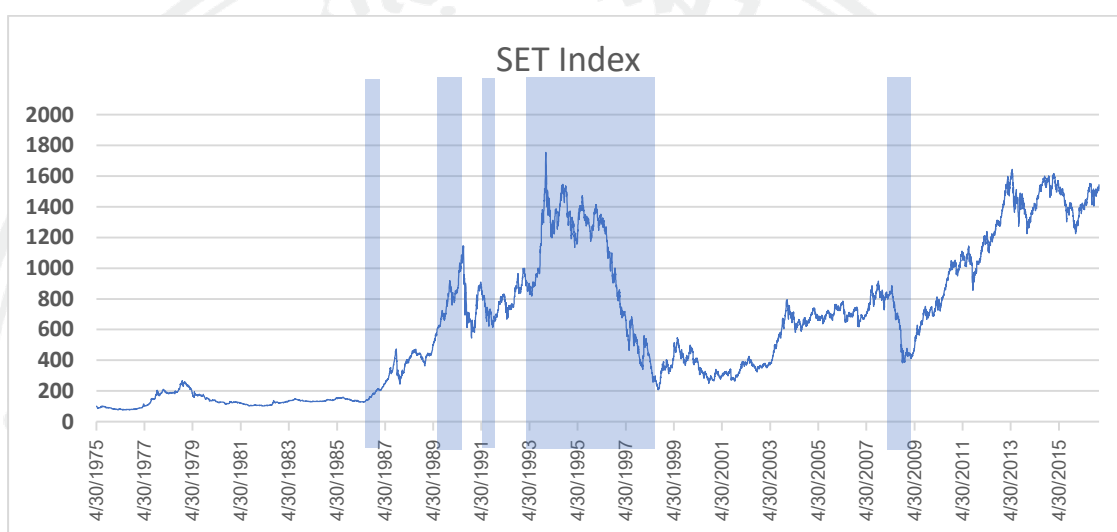
ในธรรมชาติของเศรษฐกิจ สิ่งที่อยู่ควบคู่ไปกับการเติบโตของเศรษฐกิจ คือ ความผันผวนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นภาคส่วนใด แต่เมื่อไรก็ตามที่ความผันผวนทวีความรุนแรงขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของราคาสินทรัพย์เป็นอย่างมาก และในขณะเดียวกันก็สามารถลดลงอย่างมากเช่นกัน สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การเกิดวิกฤตทางการเงิน (Financial Crisis) จึงก่อให้เกิดการความเปลี่ยนแปลง(เชิงลบ)ของราคาอย่างรวดเร็วและฉับพลัน (Financial Crash) โดยความผันผวนดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการตอบสนองต่อข่าวสาร ข่าวลือ ประกาศ รวมถึงการพูดคุยในวงสังคม หากยังมีการตอบสนองที่รุนแรงมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดความผันผวนที่รุนแรงมากยิ่งขึ้น

โดยทั่วไปราคาหุ้นที่เราคุ้นชินและพบเห็นอยู่เป็นปกตินั้นแท้จริงแล้วคือราคาตลาด (Market Price) ซึ่งในทางทฤษฎีราคาตลาดนั้นประกอบไปด้วยองค์ประกอบสองส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนที่เป็นราคาพื้นฐาน (Fundamental Price) และ ส่วนที่เป็นฟองสบู่ในทางทฤษฎี ราคาพื้นฐานคือมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนทั้งหมดของสินทรัพย์นั้นๆ ส่วนฟองสบู่คือส่วนของราคาตลาดที่เกินกว่าราคาพื้นฐานนั่นเอง เมื่อไหร่ก็ตามที่เกิดฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์ ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุพื้นฐานของเศรษฐกิจนั้น หรือ การเก็งกำไรของนักลงทุน ฟองสบู่จะขยายตัวและดึงดูดนักเก็งกำไรจำนวนมากยิ่งขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงเวลาใด ๆ เมื่อความเชื่อมั่นของตลาดหมดไป ย่อมส่งผลให้มูลค่าของสินทรัพย์ลดลงอย่างรวดเร็วและฉับพลัน หรือฟองสบู่แตก (Bubble Burst) (Martin และ Ventura (2016))

จากอดีตที่ผ่านมาพบว่ามีกรณีของการเกิดฟองสบู่เพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีต โดยเกิดวิกฤตทางการเงินทั้งสิ้น 6 ครั้งในช่วงปี 1980 (ตัวอย่างเช่น วิกฤตทางการเงินจากฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์ที่ญี่ปุ่น และ แบลคมันเดย์) 10 ครั้งในช่วงปี 1990 (ตัวอย่างเช่น วิกฤตในเม็กซิโก และ วิกฤตทางการเงินในเอเชีย) 15 ครั้งในช่วงปี 2000 (ตัวอย่างเช่น วิกฤตดอทคอม, วิกฤตซับไพร์ม และวิกฤตธนาคารไอริช) และเพียงช่วงครึ่งแรกของช่วงปี 2010 วิกฤตทางการเงินมากมายเกิดขึ้นในยุโรปและเหล่าประเทศลาตินอเมริกา

เมื่อย้อนกลับมาที่ประเทศไทย นับตั้งแต่ประเทศไทยมีการจัดตั้งตลาดหลักทรัพย์ในปี พุทธศักราช 2505 ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET Index) ได้รับผลกระทบจากการเกิดวิกฤตทางการเงินมาหลายต่อหลายครั้ง เช่น เหตุการณ์ Black Monday ในปี ค.ศ. 1987 ดัชนีหลักทรัพย์สูงสุดที่ 472.86 และต่ำสุดที่ 243.97 ความเปลี่ยนแปลงเท่ากับร้อยละ 48.41, สงคราม

อ่าวเปอร์เซียในปี ค.ศ. 1990 ดัชนีหลักทรัพย์สูงสุดที่ 1143.78 และต่ำสุดที่ 544.30 ความเปลี่ยนแปลงเท่ากับร้อยละ 52.41, เหตุการณ์พฤษภาทมิฬ ในปี ค.ศ. 1992 ดัชนีหลักทรัพย์สูงสุดที่ 832.39 และต่ำสุดที่ 667.84 ความเปลี่ยนแปลงเท่ากับร้อยละ 19.77, วิกฤตต้มยำกุ้งในปี ค.ศ. 1997 ดัชนีหลักทรัพย์สูงสุดที่ 1753.73 และต่ำสุดที่ 207.31 ความเปลี่ยนแปลงเท่ากับร้อยละ 88.18 รวมไปถึงวิกฤตซับไพรม์ ในปี ค.ศ. 2008 ดัชนีหลักทรัพย์สูงสุดที่ 884.19 และต่ำสุดที่ 384.15 ความเปลี่ยนแปลงเท่ากับร้อยละ 56.55 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : ดัชนี SET Index ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม ค.ศ.1984 ไปจนถึง วันที่ 30 ธันวาคม ค.ศ.2016 พร้อมทั้ง Highlight แสดงวิกฤตทางเศรษฐกิจ

อย่างไรก็ตามวิกฤตที่เคยเกิดขึ้นในอดีตกับประเทศไทยพบว่าในแต่ละครั้งก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นในวงกว้าง ผลกระทบกระจายไปในทุกภาคส่วนของประเทศ เช่น ในปี 1997 ที่ประเทศไทยพบกับวิกฤตต้มยำกุ้ง ส่งผลให้การเติบโตของเศรษฐกิจหยุดชะงัก โดยในช่วงปี 1997 ถึง ปี 1999 อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจติดลบเท่ากับ ร้อยละ 2.6 อัตราแลกเปลี่ยน จากเดิมที่มีอัตราแลกเปลี่ยนแบบคงที่ เท่ากับ 25 บาท ค่อยๆปรับตัวขึ้นสูงจนถึง 52.98 บาทในเดือนมกราคม ปี 1998 ภาวะความยากจนที่เคยลดลงในช่วงก่อนวิกฤต (ก่อนปี 1997) กลับเพิ่มสูงขึ้นในช่วงวิกฤต โดยในปี 1996 ความยากจนเท่ากับ ร้อยละ 11.4 ของประชากร เมื่อเทียบกับ ปี 1999 พบว่าความยากจนเท่ากับ ร้อยละ 15.9 (ดูศูนย์การเรียนรู้การสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ สำนักเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช(2013)) รัฐบาลต้องดำเนินการสั่งระงับกิจการของบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์อีกกว่า 50 แห่งสร้างความเสียหายกว่า 5.33 แสนล้านบาท อีกทั้งประเทศไทยยังพบกับความผันผวนของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยตามมาอยู่ตลอดเวลา โดยความผันผวน

ดังกล่าวอาจเกิดจากปัจจัยภายนอก (Exogenous Shock) เช่น สงคราม, ผลกระทบจากวิกฤตเศรษฐกิจจากประเทศอื่น ๆ, ผลกระทบจากนโยบายทางการเงินและการคลัง หรือ ภัยก่อการร้าย เป็นต้น ในทางกลับกันความผันผวนอาจเกิดจากปัจจัยภายใน (Endogenous Shock) เช่น ฟองสบู่, พฤติกรรมของนักลงทุน เป็นต้น (ดู Johansen และ Sornette (2008)) แม้วิกฤตต้มยำกุ้งจะผ่านมากว่า 20 ปีแล้วแต่ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อสังคมโดยรวมยังคงมีให้เห็นอยู่ทั่วไป เช่น อาคารยูนิค ทาวเวอร์ ซึ่งได้รับผลกระทบจนทำให้โครงการดังกล่าวต้องหยุดชะงักลง เป็นต้น ซึ่งนอกจากความเสียหายที่เห็นได้ชัด ยังมีความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อจิตใจของผู้ที่ประสบปัญหาจากวิกฤตต้มยำกุ้ง ธุรกิจล้มละลาย ครอบครัวที่เคยอยู่ดีกินดีกลับต้องใช้ชีวิตอย่างยากลำบากพร้อมหนี้สิน ซึ่งกินพื้นที่ในสังคมเป็นวงกว้าง

นักเศรษฐศาสตร์จำนวนมากมีความพยายามในการสร้างกระบวนการเพื่อการพยากรณ์ช่วงเวลาที่将会เกิดวิกฤตทางการเงิน โดยวิธีที่ใช้ในการทบทวนวรรณกรรมแบ่งออกดังต่อไปนี้ (1) การวิเคราะห์อัตราส่วนที่ใช้ในการเปรียบเทียบราคาบ้านและรายได้ (ดู Himmelberg, Meyer และ Sinai (2005)) (2) การวิเคราะห์ Regression ในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงแบบจำลองที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีอุปสงค์และอุปทานการซื้อบ้าน หรือ การกำหนดราคาสินทรัพย์ (มูลค่าปัจจุบัน) รวมถึงการทดสอบ Cointegration (ดู Abraham และ Hendershott (1996), Black, Fraser และ Hoesli (2006) และ Oikarinen (2009)) และ (3) วิธีการที่อ้างอิงจากหลักฟิสิกส์ที่เน้นการศึกษาที่อัตราการเติบโตของราคา (ดู Sornette (2003) และ Zhou และ Sornette (2006)) ในการศึกษาครั้งนี้จะหยิบยกทฤษฎี Log-Periodic Power Law จาก Sornette (2003) มาทำการประยุกต์ โดยแบบจำลองดังกล่าวมีพื้นฐานมาจาก Risk-Driven model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ศึกษาช่วงเวลาที่มีความเป็นไปได้สูงสุดที่ฟองสบู่จะแตก (Bubble Burst) เมื่อมีความน่าจะเป็นเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลา อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวใช้ข้อมูล Logarithm ของราคาในการพยากรณ์ ซึ่งพบว่าการนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนสูงและมีความแม่นยำต่ำ (ดูผลการพยากรณ์ของ Base case ในบทที่ 4) ดังนั้นเมื่อแบบจำลองดังกล่าวพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดวิกฤตจากฟองสบู่ในราคา จึงทำให้การศึกษานี้มีความประสงค์ในการสร้างดัชนีที่จะใช้เป็นตัวแทนของฟองสบู่สำหรับประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการสร้างดัชนีโดยการใช้การแปลงฟูเรีย (ดู Gencay, Selcuk และ Whitcher (2002)) โดยมีความคาดหวังว่าดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จะให้ผลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากกว่าเดิม อีกทั้งยังคาดหวังว่า ดัชนีชี้วัดฟองสบู่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้กำหนดและดำเนินนโยบายทางเศรษฐกิจ

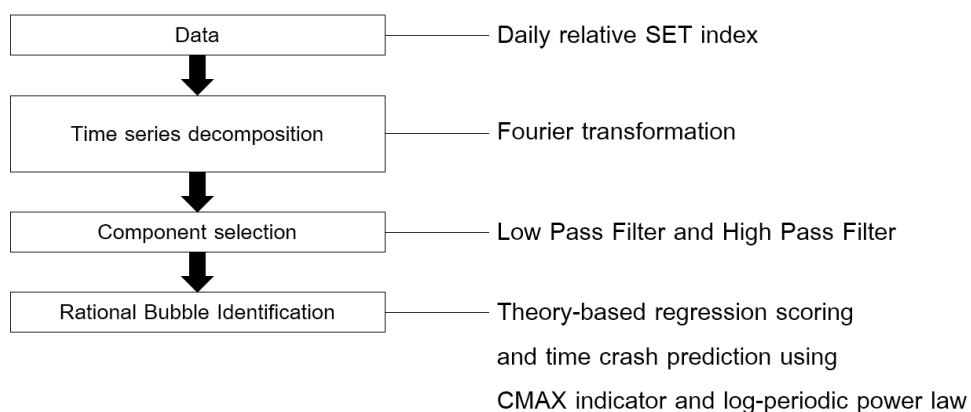
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะประกอบไปด้วย บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม บทที่ 3 การสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่ บทที่ 4 ผลการศึกษา และบทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

## 1.2 แนวความคิดในการศึกษา

ในการศึกษาและสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่จากการแปลงฟูเรียร์มีแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ในการเลือกใช้ข้อมูลตั้งต้นในการสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่ การศึกษานี้จะใช้ราคาหุ้นเป็นตัวแทนสินทรัพย์ทั่วไป เนื่องด้วยคุณสมบัติของข้อมูล อีกทั้งยังเป็นข้อมูลที่เป็นชนิดรายวัน ซึ่งมีความละเอียดสูง
2. เนื่องจาก Rational Bubble Theory (ดู Blanchard และ Watson (1982)) ที่อธิบายการมีอยู่ของฟองสบู่ที่เป็นตัวแปรที่แท้จริง ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์เทียบกับดัชนีผู้บริโภค เป็นข้อมูลหลักในการศึกษา ซึ่งเกิดจากการนำราคาหุ้นหารด้วยดัชนีผู้บริโภค(CPI)
3. ในการสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่ด้วยการสร้างชุดข้อมูลชนิด Time – Series ชุดใหม่นั้น จะสร้างข้อมูลชุดใหม่ โดยการแปลงราคาหุ้น ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งต้นและเป็นข้อมูลชนิด Time – Series ให้อยู่ในรูปขององค์ประกอบคลื่นความถี่ (Frequency Component) ด้วยการแปลงฟูเรียร์ โดยองค์ประกอบความถี่นั้นจะเป็น Normalized Frequency ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 โดยค่าความถี่ 0 – 0.5 จะถือเป็นช่วงความถี่ต่ำ และค่าความถี่ 0.5 – 1 จะถือเป็นช่วงความถี่สูง จากนั้นจึงทำข้อมูลองค์ประกอบความถี่ของราคาหุ้นสัมพัทธ์ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) และความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ณ ระดับความถี่ตัดและความถี่ผ่านที่ระดับต่างๆ จากนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลชนิดองค์ประกอบคลื่นความถี่ให้กลับเป็นข้อมูลชนิด Time – Series ด้วยการแปลงฟูเรียร์ผกผัน
4. เมื่อได้ข้อมูลผลลัพธ์จากตัวกรองในช่วงความถี่ต่างๆ มาทำการทดสอบคุณสมบัติของดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรมหภาคที่สอดคล้องกับ Rational Bubble Theory แล้วจึงกำหนดให้ข้อมูลที่ได้จากตัวกรองในช่วงความถี่ใดก็ตามที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรมหภาคสูงที่สุดเป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่จากการแปลงฟูเรียร์
5. เพื่อทดสอบว่าดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการแปลงฟูเรียร์เป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวัดประสิทธิภาพโดยการพิจารณาผลการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตจากฟองสบู่ผ่านแบบจำลอง Log – Periodic Power Law เปรียบเทียบระหว่างการชี้วัดฟองสบู่จากการแปลงฟูเรียร์กับการใช้ราคาหุ้นสัมพัทธ์โดยตรง

ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2: แผนภาพแสดงขั้นตอนในการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวกรองที่ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติความเป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ ตาม Rational Bubble Theory มากที่สุดคือตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งมีผลการทดสอบที่ให้คะแนนเท่ากันทั้งสองชนิด คือตัวกรองความถี่ระหว่าง 0 – 0.5 ตัวกรองความถี่ระหว่าง 0 – 0.6 และตัวกรองความถี่ระหว่าง 0 – 0.8 ซึ่งจากการพยากรณ์ทั้งสิ้น 150 รูปแบบ พบว่าตัวกรองความถี่ระหว่าง 0 – 0.5 ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำขึ้นร้อยละ 55.33 ตัวกรองความถี่ 0 – 0.6 ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำขึ้นร้อยละ 52 และตัวกรองความถี่ 0 – 0.8 ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำขึ้นถึงร้อยละ 62

## บทที่ 2

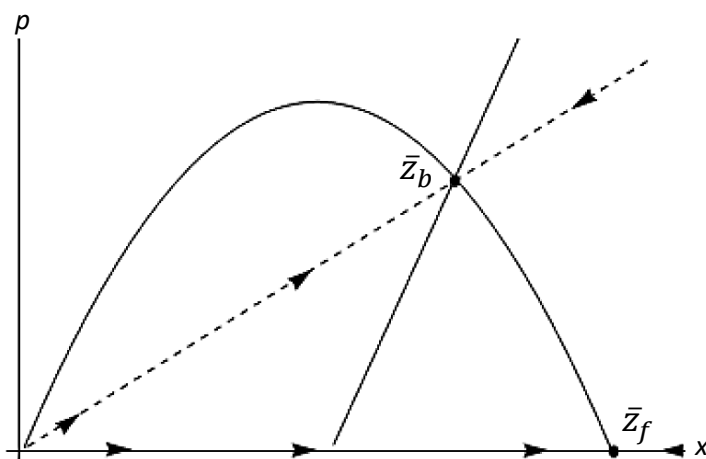
### ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความหมายของ Rational Bubble

ฟองสบู่ในราคาสินทรัพย์คือส่วนต่างระหว่างราคาตลาดของสินทรัพย์กับราคาพื้นฐาน โดยที่ราคาพื้นฐานคิดคำนวณจากค่าปัจจุบันของผลตอบแทนของสินทรัพย์ทั้งหมดในอนาคต ซึ่งสาเหตุที่เกิดฟองสบู่ขึ้นได้นั้น นักเศรษฐศาสตร์พบว่า ระบบเศรษฐกิจขาดสิ่งเก็บรักษามูลค่าข้ามเวลา (Stores of value) นำไปสู่การเกิดสถานะฟองสบู่ โดยฟองสบู่จะทำหน้าที่เป็นสิ่งเก็บรักษามูลค่าข้ามเวลานั้นเสียเอง โดยคนที่ต้องการออมสามารถมาซื้อฟองสบู่วันนี้แล้วไปขายในวันหน้าในราคาที่สูงขึ้น เป็นช่องทางการออมที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับการเพิ่มอัตราผลตอบแทนข้ามเวลาในระบบเศรษฐกิจ โดยสถานะฟองสบู่จะดำเนินอยู่ได้ในเศรษฐกิจที่มีอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยโตทางเศรษฐกิจที่แท้จริง (ดู Weil (1987)) ทั้งนี้เนื่องด้วยเหตุผลสองประการ ประการแรกฟองสบู่จะต้องเติบโตในอัตราที่อย่างน้อยเท่ากับอัตราดอกเบี้ยซึ่งเป็นผลตอบแทนของการลงทุน ไม่เช่นนั้นคนก็ไม่เลือกซื้อสินทรัพย์ฟองสบู่ ประการที่สอง ฟองสบู่ก็ต้องไม่สามารถจะเติบโตเร็วเกินระบบเศรษฐกิจเอง เพราะไม่เช่นนั้น ในอนาคตระบบเศรษฐกิจก็จะมีทรัพยากรเพียงพอที่จะรองรับขนาดของฟองสบู่ไว้ได้ ฟองสบู่ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับทั้งสองประการขั้นต้นเรียกว่า Rational Bubble ซึ่งการที่เศรษฐกิจจะมีอัตราดอกเบี้ยต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยโตของเศรษฐกิจนั้น เกิดได้จากสองสาเหตุด้วยกัน กล่าวคือ สาเหตุที่หนึ่ง คือเศรษฐกิจมีการลงทุนที่มากเกินไปเนื่องจากไม่มีทางเลือกในการเก็บมูลค่าอื่นๆ จนเกิดความไม่มีประสิทธิภาพเชิงพลวัต (Dynamical inefficiency) หรือ สาเหตุที่สอง คือการที่เศรษฐกิจมีข้อจำกัดด้านเครดิต ทำให้การกู้ยืมเกิดขึ้นต่ำกว่าความต้องการ

สาเหตุที่แตกต่างกันนำมาซึ่งคุณลักษณะฟองสบู่ที่แตกต่างกัน ในกรณีที่เศรษฐกิจอยู่ในภาวะลงทุนมากเกินไปจนเกิดความไม่มีประสิทธิภาพเชิงพลวัต การมีอยู่ของฟองสบู่จะไปดึงเงินออมส่วนหนึ่งออกมาจากการลงทุน ทำให้การลงทุนลดลง (Crowding out) ในขณะที่เศรษฐกิจที่ติดอยู่กับข้อจำกัดทางด้านเครดิต Rational Bubble จะช่วยยกระดับข้อจำกัดด้านเครดิต ทำให้เกิดการกู้ยืมไปลงทุนมากขึ้น (Crowding in) (ดู Santos และ Woodford(1997)) และ Werner (2015)) เนื่องจาก Rational Bubble นั้นมีบทบาทสำคัญในการเป็นหลักประกันเพื่อเพิ่มหรือลดเครดิต ซึ่งทำให้เครดิตเติบโตอย่างรวดเร็ว และในทางกลับกันฟองสบู่จะเป็นตัวขับเคลื่อนให้เศรษฐกิจที่เติบโตอย่างรวดเร็วมีความเสี่ยงสูงขึ้นไปด้วย โดย Caballero และ Krishnamurthy (2006) ก็ได้แสดงว่าฟองสบู่เอง

ก็มีส่วนช่วยในการลดเงินทุนไหลออก ในขณะที่ส่งเสริมให้เกิดการลงทุนเพิ่มขึ้น โดย Shiratsuka (2003) ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อ Rational bubble เติบโตอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมและการบริโภคจะเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่การลงทุนสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับระดับความไม่สมบูรณ์ทางการเงินของระบบเศรษฐกิจ ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองของ Kocherlakota (2009) ที่แสดงให้เห็นว่าฟองสบู่สามารถส่งผลถึงขีดความสามารถในการกู้ยืมของผู้ประกอบการ อีกทั้งยังทำให้เกิดผลิตภาพ การบริโภค และสวัสดิการที่เพิ่มขึ้น และ Hirano และ Yanagawa (2017) ที่แสดงให้เห็นว่าหากสามารถควบคุมระดับฟองสบู่ให้อยู่ในระดับต่ำได้ ฟองสบู่จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้เศรษฐกิจมีการเติบโตในระยะยาวอีกด้วย

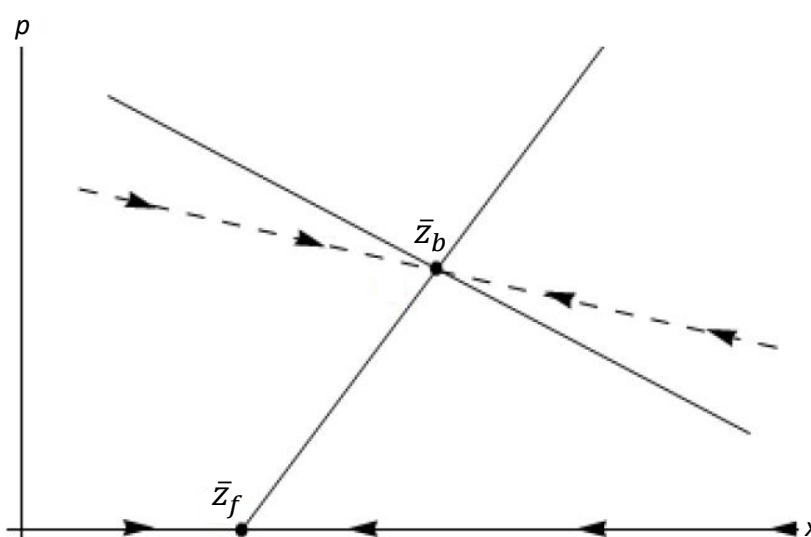


ภาพที่ 3 : Crowding Out Effect

จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น Tirole (1985) ได้แสดงให้เห็นถึงสถานะสมดุลของฟองสบู่ดังภาพที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าราคาพื้นฐานเริ่มต้นที่ 0 และแกนนอนแสดงให้เห็นว่าจุดสมดุลพื้นฐานอยู่ที่  $\bar{z}_f$  และจุดที่ทุกจุดบน Saddle path (เส้นประ) ลู่เข้า  $\bar{z}_b$  เป็นจุดสมดุลของสถานะฟองสบู่ ฟองสบู่ดังกล่าวจะแย่งเงินออมกับการลงทุน เพื่อแก้ปัญหาการลงทุนที่มากเกินไป

จากหลักฐานเชิงประจักษ์ในวิกฤตการณ์ที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็นวิกฤตฟองสบู่ญี่ปุ่น วิกฤตต้มยำกุ้ง หรือ วิกฤตซับไพร์ม ที่ผ่านมาพบว่า ฟองสบู่มักจะทำให้เกิดการลงทุนเพิ่มขึ้น (Investment boom) Farhi และ Tirole (2012) ได้แสดงให้เห็นว่าฟองสบู่ที่เกิดจากปัญหา Credit Constraint สามารถส่งผลให้เกิดการลงทุนได้ โดยให้ความเห็นว่า Credit Constraint ที่มีอยู่จะช่วยลดอุปสงค์เงินกู้และส่งผลให้อัตราดอกเบี้ยต่ำอยู่ในระดับพื้นฐาน ฟองสบู่ทำหน้าที่ในการเป็นหลักประกันในการขยายวงเงินเครดิตและนำไปสู่การขยายตัวของการลงทุน ดังภาพที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับ Bejan และ

Bidian (2015) ที่บรรยายว่าฟองสบู่ที่เกิดจากปัญหาด้าน Credit Constraint สามารถส่งผลให้เกิดการลงทุนได้ โดยให้ความเห็นว่า Credit Constraint ที่มีอยู่จะช่วยลดอุปสงค์เงินกู้และส่งผลให้อัตราดอกเบี้ยต่ำอยู่ในระดับพื้นฐาน ฟองสบู่ทำหน้าที่ในการเป็นหลักประกันในการขยายวงเงินเครดิตและนำไปสู่การขยายตัวของการลงทุน



ภาพที่ 4 : Crowding In Effect

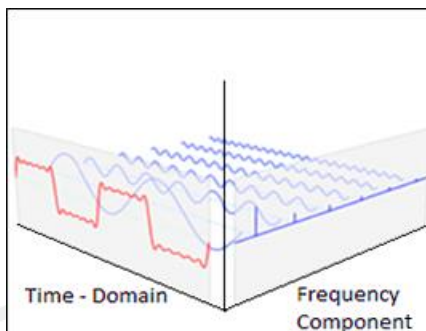
ในการเกิดฟองสบู่และฟองสบู่แตกนั้นจะเกิดการสับเปลี่ยนระหว่างสถานะสมดุลฟองสบู่และสถานะสมดุลพื้นฐานอย่างฉับพลัน ในขณะที่เกิดฟองสบู่ขึ้นนั้น ราคาสินค้าและบริการจะเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตมวลรวมของประเทศเพิ่มขึ้น ดังนั้นการบริโภคก็เพิ่มขึ้น เกิดการขยายตัวของเงินทุนไหลเข้า และการให้สินเชื่อ โดยการลงทุนอาจเป็นไปได้ทั้งการเพิ่มขึ้นตามฟองสบู่หรือลดลงสวนทางกับฟองสบู่ของอยู่กับสถานะเศรษฐกิจ แม้ว่าในการศึกษาที่ผ่านมาส่วนมากจะเชื่อว่าฟองสบู่และการลงทุนจะเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน อัตราดอกเบี้ยอาจมีความขัดแย้งในทางทฤษฎีเนื่องจากทฤษฎีกล่าวว่าฟองสบู่จะช่วยให้อัตราดอกเบี้ยเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสถานะสมดุลพื้นฐาน อย่างไรก็ตามจากภาพที่ 3 และ 4 ได้แสดงให้เห็นว่าอัตราดอกเบี้ยลดลงเมื่อฟองสบู่กำลังเติบโต ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์	ผลที่คาดหวังเมื่อเศรษฐกิจอยู่ในสภาวะฟองสบู่
ราคาหุ้นสัมพัทธ์ที่แท้จริง (RLTSET)	เพิ่มขึ้น
อัตราเงินเฟ้อ (INF)	เพิ่มขึ้น
ผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริง (RGDP)	เพิ่มขึ้น
เงินทุนไหลออกที่แท้จริง (RCAP)	ลดลง
การลงทุน (RINV)	เพิ่มขึ้นหรือลดลง
อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง (RINT)	ลดลง

ตารางที่ 1 : ตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์และผลที่คาดหวังเมื่อเศรษฐกิจอยู่ในสภาวะฟองสบู่

## 2.2 Fourier Transformation Analysis

ในการวิจัยนี้ มีการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ช่วงความถี่หรือเรียกอีกอย่างว่าการวิเคราะห์หาสเปกตรัม(Spectral Analysis) ซึ่งมีหลากหลายวิธี เช่น Lomb-Spectral Analysis ใน Zhou และ Sornette (2009) แต่ในงานวิจัยนี้ เราสนใจวิธีการวิเคราะห์สเปกตรัมด้วยการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) (Press และคณะ(1992)) โดย Fourier นั้นมีความคิดที่ว่า ทุกความถี่ ความถี่หรือข้อมูลความถี่ใด ๆ นั้นโดยธรรมชาติของคลื่นเหล่านั้นไม่อาจจะมึสิ่งใดที่ซับซ้อนเช่นนั้น จึงเป็นที่มาของ Fourier Equation ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแยกคลื่นความถี่หรือข้อมูลใด ๆ ออกเป็นองค์ประกอบ ซึ่งคลื่นใดคลื่นหนึ่งที่มีความซับซ้อน จะประกอบไปด้วยคลื่นที่มีความเรียบง่ายอย่างคลื่นไซน์ (Sine Wave) ประกอบกันอยู่ และเมื่อทำการ Fourier Transform ก็จะได้รูปแบบของแผนภูมิที่แสดงช่วงความถี่ของข้อมูลออกมา ดังภาพที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะของการแปลงฟูเรียร์ ซึ่งจะพิสูจน์ว่าข้อมูลความถี่ใดๆ ใน Time-Domain เกิดจากคลื่นไซน์หลายความถี่ประกอบกัน และสามารถแสดงกราฟแสดงความถี่ได้ ซึ่งเป็น Frequency Component



ภาพที่ 5 : Time - Domain vs. Frequency Component

\*รูปภาพดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในการอธิบายการแปลงฟูเรียร์ จัดทำภาพเคลื่อนไหวโดย Lucas V. Barbosa เผยแพร่เมื่อ 23 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2013 ([https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform))

### 2.2.1 Discrete Fourier Transformation Technique

หลักการพื้นฐานของการ Fourier Transformation คือการแปลงข้อมูลตั้งต้นซึ่งอยู่ในรูปของ Time - Domain หรือ Time - series Data ( $x(t)$ ) ให้เป็นชุดข้อมูลใหม่ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปของ Frequency - Domain ( $X(f)$ ) ซึ่งในงานศึกษาฉบับนี้เลือกใช้ Fourier Transform โดยจากข้อมูลดัชนีหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่นำมาใช้นั้น จัดว่าเป็นข้อมูลชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้การแปลงฟูเรียร์สำหรับข้อมูลชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transformation) ซึ่งแสดงได้ดังสมการ 2.2.1-1

$$X(f) = \sum_{t=-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} \quad (2.2.1-1)$$

จากทฤษฎีของ De Moivre's (Euler's) ทำให้สามารถแสดงพจน์  $e^{-i2\pi ft}$  ได้ดังนี้

$$e^{-i2\pi ft} = \cos(2\pi ft) - i \sin(2\pi ft)$$

สมการ 2.2.1-1 แสดงการแปลงสัญญาณตั้งต้น  $x(t)$  ให้อยู่ในองค์ประกอบของคลื่นความถี่ โดยเราสามารถแปลงองค์ประกอบของคลื่นความถี่ให้กลับมาอยู่ในรูปของสัญญาณตั้งต้น โดยการให้ Inverse Fourier Transform ซึ่งแสดงได้ดังสมการ 2.2.1-2 (Masset (2008))

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(f) e^{-i2\pi ft} df$$

(2.2.1-2)

## 2.2.2 การออกแบบตัวกรอง (Filter Design)

ในทางคณิตศาสตร์ ตัวกรอง (Filter) คือกระบวนการแปลงข้อมูลตั้งต้น  $x(t)$  ให้อยู่ในรูปของข้อมูลผลลัพธ์  $y(t)$  โดยผ่าน Coefficient Vector ( $w$ ) แสดงดังสมการ 2.2.2-1

$$y(t) = (w * x)(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} w_k x_{t-k}$$

(2.2.2-1)

โดยจุดประสงค์ของตัวกรอง (Filter) นั้นคือการแยกองค์ประกอบของความถี่บางส่วนออกจากข้อมูลตั้งต้น  $x(t)$  เช่น แนวโน้ม (Trend), ผลของฤดูกาล (Seasonalities) และ นอยส์ (Noise) เป็นต้น

## 2.2.3 Frequency Response Function

ในทอมนของ Frequency – Domain นั้นการวิเคราะห์ Frequency Response Function (หรือ Transfer Function) ของตัวกรอง (Filter) นั้นจะเป็นการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบความถี่ใด ๆ ที่ถูกตัวกรอง (Filter) คัดแยกออกไปจากข้อมูลตั้งต้น โดย Frequency Response Function นั้นสามารถแสดงได้ในรูป Fourier transform ของค่าสัมประสิทธิ์ตัวกรอง (Filter Coefficients) ดังสมการ 2.2.3-1

$$H(f) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} w_k e^{-i2\pi ftk}$$

(2.2.3-1)

โดย Frequency Response,  $H(f)$  สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนได้ดังสมการ 2.2.3-2

$$H(f) = G(f)e^{i\theta(f)}$$

(2.2.3-2)

เมื่อ  $G(f)$  หมายถึง Gain Function และ  $e^{i\theta(f)}$  หมายถึง Phase Function และ  $\theta$  หมายถึง มุมเชิงเฟส (Phase Angle) โดยที่ Gain Function เป็นฟังก์ชันที่แสดงการตอบสนองต่อความถี่ (Frequency Response) โดย Gencay (2002) ได้แสดงคุณสมบัติของตัวกรอง ผ่าน Gain Function ได้ต่อไปนี้

1. Low Pass Filter : จะเป็นฟังก์ชันที่ตรวจจับองค์ประกอบในช่วงความถี่ต่ำ โดยค่าของ Gain Function ควรจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ Normalized Frequency,  $f$  อยู่ระหว่าง 0 – 0.5
2. High Pass Filter : จะเป็นฟังก์ชันที่ตรวจจับองค์ประกอบในช่วงความถี่สูง โดยค่าของ Gain Function ควรจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ Normalized Frequency,  $f$  อยู่ระหว่าง 0.5 – 1
3. Band Pass Filter : จะเป็นฟังก์ชันที่ตรวจจับช่วงองค์ประกอบในช่วงความถี่  $f_{lo} - f_{hi}$  โดย Gain Function ควรจะมีค่าเท่ากับ 1
4. All Pass Filter : จะเป็นฟังก์ชันที่ตรวจจับทุกองค์ประกอบในทุกช่วงความถี่ โดย Gain Function ควรจะมีค่าเท่ากับ 1 ในทุกช่วงความถี่ โดยตัวกรองชนิดนี้จะยังเก็บทุกองค์ประกอบในทุกช่วงความถี่ไว้เหมือนกับข้อมูลตั้งต้น

### 2.3 นิยามของวิกฤตทางการเงิน

Sornette(2003) และ Jacobsson(2010) ได้แสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์ปริมาณการขาดทุนสะสม โดย Sornette(2003) ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ทฤษฎี Extreme value theory(EVT) นั้นมีข้อจำกัด คือ ทฤษฎีดังกล่าวจะแสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่มีความสุดโต่ง (Extreme) ต่ำ

ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการพิจารณาการให้คำนิยามของวิกฤตทางการเงินด้วยวิธีต่างๆ ดังต่อไปนี้ และพิจารณาวิธีที่ดีที่สุด

#### 2.3.1 การจัดลำดับตามช่วงเวลาและตามอัตราความเปลี่ยนแปลง

Drawdown นั้นเป็นคำจำกัดความของการที่มีการลดต่ำลงของราคา, ดัชนี หรือค่าอ้างอิงใด ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถวัดได้โดย การลดต่ำลงจากจุดที่มีค่าสูงสุดในครั้งก่อนไปจนถึงจุดที่มีค่าต่ำสุดในครั้งถัดไป โดย Sornette(2003) ได้แสดงตัวอย่างดังนี้

เมื่อกำหนดให้ ดัชนีใด ๆ มีค่าลดต่ำลง 10% ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ช่วงเวลา ลดลงจากค่าดัชนีสูงสุดในช่วงเวลาก่อน นั้นหมายความว่า Drawdown จะมีค่าเท่ากับ 30% โดยการที่ดัชนีจะลดลงถึง 10% ในหนึ่งวันนั้น จะเกิดขึ้นในทุก 4 ปี (วันทำการของตลาดหลักทรัพย์เท่ากับ 250 วันต่อปี) นั้นหมายความว่า ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวเท่ากับ  $1/1000$  หรือ 0.001% ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ดัชนีลดต่ำลง 10% ต่อวันติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน เท่ากับ  $(1/10^3)^3$  หรือเท่ากับ  $1/10^9$  ซึ่งเท่ากับเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดเพียง 1 ครั้งในรอบ 4 ล้านปีทำการ ซึ่งตัวอย่างดังกล่าวขัดแย้งต่อความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

Jacobsson (2010) ได้แสดงการคำนวณปริมาณการขาดทุนสะสม (Drawdown) โดยกำหนดให้  $P_{t=1,T}$  เป็นข้อมูลราคา ดัชนี หรือค่าอ้างอิงใด ๆ โดยเป็นข้อมูลชนิด Time series ให้  $P_{max} = P_k$  เท่ากับค่าสูงสุดสัมพัทธ์ (Local maximum) และ  $P_{min} = P_{k+n}$  เท่ากับค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ (Local minimum) เมื่อ  $k \geq 2$  และ  $n \geq 1$  เมื่อ  $n$  หมายถึงจำนวนช่วงเวลาระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ โดย  $P_k > P_{k+1} > \dots > P_{k+n}$  และ  $P_{k+n} < P_{k+n+1} < \dots$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า  $P_k = P_{max}$  และ  $P_{k+n} = P_{min}$  และสามารถคำนวณอัตราการขาดทุนสะสมได้ดังสมการ 2.3.1-1

$$D = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max}} \quad (2.3.1-1)$$

การพิจารณา Drawdown ด้วยวิธีดังกล่าวจะเป็นการนำข้อมูลทั้งหมดมาประเมินช่วงเวลาที่ดัชนีหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET Index) มีการปรับตัวลง(ขึ้น)ติดต่อกัน รวมถึงการประเมินอัตราการลดลงในช่วงเวลาดังกล่าว และเมื่อดำเนินการตามวิธีการดังกล่าวแล้วพบว่า การแบ่งช่วงเวลาด้วยวิธีดังกล่าวมีความละเอียดที่สูงเกินไป เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะเป็น Local Minimum (Maximum) ในช่วงเวลาที่สั้นมาก จึงส่งผลให้เหตุการณ์ที่เป็นวิกฤตทางการเงินครั้งใหญ่ เช่น เหตุการณ์ในช่วงปี ค.ศ.1997 (พ.ศ.2540) ซึ่งในบางช่วงของข้อมูลยังมีการปรับตัวขึ้นของ SET Index จึงทำให้การประเมินเบื้องต้นยังไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างตรงประเด็น

### 2.3.2 Price coarse-graining algorithm

โดยนอกจากวิธีการ การจัดลำดับตามช่วงเวลาและตามอัตราความเปลี่ยนแปลง หัวข้อที่ 2.3.1 งานศึกษาของ Johansen and Sornette (2008) ได้นำเสนอ Price coarse-graining algorithm ซึ่งเป็นหลักการในการคัดแยกข้อมูลโดยอาศัยค่า  $\epsilon$  โดย Drawdown หรือ Drawup ใด ๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่า  $\epsilon$  จะไม่ถูกนับรวม (Filtering)

ค่า  $\epsilon$  อาจถูกเรียกได้ว่าเป็นค่า  $\sigma$  ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3.2-1

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^N [r_{i+1} - E(r)]^2}{N}$$

(2.3.2-1)

โดยที่  $r_{i+1} \equiv \log p(t_{i+1}) - \log p(t_i)$  หมายถึงผลตอบแทนในช่วงเวลา  $i$  ถึง  $i+1$  และได้ใช้ค่า  $\epsilon$  เท่ากับ  $0, \sigma, \sigma/2$  และ  $\sigma/4$  ในการกำหนดค่า  $\epsilon$  เท่ากับ  $0$  นั้นหมายถึงการไม่คัดแยกข้อมูลใด ๆ ซึ่งเท่ากับการคัดแยกในขั้นตอนแรกนั่นเอง

เนื่องจากข้อมูลมีความละเอียดในระดับรายวันและ SET Index มีความผันผวนสูงมากเมื่อทำการทดสอบด้วยค่า  $\epsilon$  ที่น้อยลงจะทำให้คัดแยกข้อมูลออกไปน้อยมาก ซึ่งคาดว่าเกิดจากการที่ SET Index มีขอบเขตของข้อมูลที่กว้าง ในข้อมูลของช่วงแรกนั้นมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับหลักทศนิยมถึงหลักหน่วย ในขณะที่ช่วงเวลาใกล้ปัจจุบันนั้นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ SET Index นั้นอยู่ในระดับหลักหน่วยถึงหลักสิบ

ดังนั้นจึงทดลองปรับข้อมูลให้อยู่ในความละเอียดระดับรายเดือน เพื่อทำการคำนวณค่า  $\epsilon$  และพบว่าการใช้ค่า  $\epsilon$  เท่ากับ  $\sigma, \sigma/2$  และ  $\sigma/4$  นั้นไม่ใช่ทางเลือกที่ดีนัก เนื่องจากค่า  $\epsilon$  ที่ได้นั้นไม่สามารถคัดกรองความผันผวนที่เกิดขึ้นได้แม้จะใช้ค่า  $\epsilon$  เท่ากับ  $\sigma$  ก็ตาม อีกทั้งประกอบกับการใช้ค่า  $\sigma$  นั้นทำให้เกิดการข้ามช่วงสำคัญของข้อมูล เช่น ในช่วงเดือนมิถุนายน ค.ศ.1975 ถึง เมษายน ค.ศ. 1977 ทำให้เห็นว่าการใช้ค่า  $\sigma$  ทำให้เกิดการข้ามช่วง Local Minima ไปแต่เมื่อทำการใช้ค่า  $\sigma/2$  และ  $\sigma/4$  กลับให้การคัดกรองออกที่น้อยมากจนใกล้เคียงการใช้ค่า  $\epsilon = 0$  และยังพบว่าค่า Drawdown ที่เกิดขึ้นนั้นต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบแรกที่ใช้หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกวันที่มีความเปลี่ยนแปลงทิศทางเดียวกันติดกันต่อเนื่อง

### 2.3.3 CMAX - Crisis Indicator

จากทั้งสองวิธีในหัวข้อที่ผ่านมาทั้ง การจัดลำดับตามช่วงเวลาและตามอัตราความเปลี่ยนแปลง และ Price coarse-graining algorithm พบว่าวิธีการทั้งสองยังไม่สามารถระบุ คัดแยก หรือสื่อถึงนิยามของการเกิดวิกฤตได้ดีเท่าที่ควร ในขณะที่วิธีการทั้งสองใช้นิยามจากค่า Drawdown โดย Goudert และ Gex (2008) ได้นำวิธีการ CMAX Indicator มาประยุกต์ใช้ในงานศึกษา ซึ่งเป็นการพิจารณาโดย การนำราคา  $P_t$  ณ ช่วงเวลา  $t$  ใด ๆ หากรับ ราคาที่สูงที่สุดในช่วง 24 เดือนก่อนหน้า ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการ 2.3.3-1

$$CMAX_t = \frac{P_t}{\max(P_{t-24}, P_{t-23}, P_{t-22}, \dots, P_t)} \quad (2.3.3-1)$$

โดยจากตัวอย่างกำหนดให้  $t$  มีหน่วยเป็นเดือน

เมื่อสามารถคำนวณค่า  $CMAX_t$  ณ ช่วงเวลา  $t$  ได้แล้วจะนำมาพิจารณาโดย

$$CMAX_t = 1 \text{ เมื่อ } P_t = \max(P_{t-24}, P_{t-23}, P_{t-22}, \dots, P_t)$$

และเมื่อมีการลดลงของราคาเป็นอย่างมาก  $CMAX_t$  จะมีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งจะหมายถึงมีความใกล้เคียงต่อการเกิดวิกฤต ซึ่งในงานศึกษาของ Goudert และ Gex (2008) ได้ทำการกำหนดเงื่อนไขเพื่อช่วยต่อการพิจารณาดังนี้

$$C_t = 1 \text{ เมื่อ } CMAX_t < \overline{CMAX_t} - 2\sigma_t$$

$$C_t = 0 \text{ เมื่อไม่เป็นไปตามเงื่อนไขก่อนหน้า}$$

โดยที่  $C_t$  หมายถึง Crisis Indicator และเมื่อ  $C_t$  มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ณ ช่วงเวลาดังกล่าวถือเป็นช่วงเวลาที่มียูวิกฤต

จากการให้คำนิยามของวิกฤตทางการเงินทั้ง 3 วิธีนั้นพบว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำหนดนิยามของวิกฤตและมีความใกล้เคียงกับวิกฤตที่เคยเกิดขึ้นจริงในอดีตที่ผ่านมาของประเทศไทย คือวิธี CMAX - Crisis Indicator ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา

#### 2.4 Log – Periodic Power Law

$$F(t) = A + B(t_c - t)^\alpha [1 + C \cdot \cos(\omega \log(t_c - t) + \gamma)] \quad (2.4-1)$$

สมการ (2.4-1) เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดย Sornette (2003) ซึ่งเขาได้เสนอว่าการเกิดวิกฤต (Crash) เป็นเรื่องที่ไม่แน่นอน แต่ในขณะที่เดียวกันเราสามารถอธิบายลักษณะของการเกิดเหตุการณ์ได้ด้วย Hazard rate,  $h(t)$  ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ใดๆในช่วงเวลานั้น ๆ ( $t$ ) เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน

Hazard rate จะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความอ่อนไหว รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในความเป็นจริง ไม่ว่าจะเป็น ความหวาดระแวงของผู้คนในช่วงเวลานั้น ๆ หรือลักษณะตลาดที่ปรากฏ เช่น Bullish-market และ Bearish-market ดังตัวอย่างที่ถูกยกมานำเสนอ นั่นคือ Keynes's Beauty contest ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Keynes's ได้ยกตัวอย่างการโหวตนางงามผ่านสื่อหนังสือพิมพ์ในสหรัฐอเมริกา โดยมีสาวงาม 100 คน และผู้ลงคะแนนโหวตจะมีโอกาสสุ่มรางวัลได้ก็ต่อเมื่อ นางงามที่ผู้ลงคะแนนผู้นั้นเลือกโหวตให้ ดังนั้นจึงส่งผลให้ ผู้ลงคะแนนจะไม่เลือกสาวงามตามมุมมองที่ตนเชื่อ ว่าสาวงามคนนั้นสวยที่สุด ในขณะที่เดียวกันผู้ลงคะแนนจะเลือกโหวตให้สาวงามคนที่คิดว่าคนส่วนใหญ่จะคิดว่านางงามคนนั้นสวย

จากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้คนในสังคมขนาดใหญ่ ที่ประกอบไปด้วยกลุ่มขนาดต่าง ๆ มีพฤติกรรมไปในทิศทางเดียวกันในแต่ละกลุ่ม แต่ในกลุ่มต่าง ๆ อาจมีมุมมองที่แตกต่างกัน เช่น ในสังคมมีกลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ตัดสินใจใช้กลยุทธ์ขาย ในขณะที่กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เลือกที่จะอยู่นิ่ง ๆ ย่อมไม่ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในราคาอย่างรุนแรงและฉับพลันนัก แต่ในทางกลับกัน หากทั้ง 3 กลุ่มในสังคมดังกล่าว มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ย่อมทำให้ขาดความมีเสถียรภาพเกิดขึ้น และนำไปสู่วิกฤต (Crash) ในที่สุด ดังที่งานวิจัยและศึกษาที่เกี่ยวข้องในเรื่องของวิกฤต (Crash) และ ฟองสบู่ (Bubbles) ส่วนใหญ่กล่าวคือ Crash จะเกิดก็ต่อเมื่อเกิดการเทขายสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นจำนวนมากในช่วงเวลาสั้น ๆ แทบจะทันทีทันใด และสิ่งที่ตัวอย่างที่ผ่านมาได้สะท้อนให้เห็นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (K) มีผลต่อพฤติกรรมการลงทุนและลดการตัดสินใจตามความคิดของตน รวมไปถึงการเกิดวิกฤต (Crash) ซึ่งแสดงได้ดังนี้

เมื่อเกิดความเห็นระหว่างกลุ่มไม่ตรงกันและไม่เกิดปริมาณการขายที่มากพอ นั้นหมายถึง  $K < K_c$  แต่เมื่อกลุ่มส่วนใหญ่ในสังคมมีความคิดเห็นที่ตรงกันและเกิดปริมาณที่มากพอที่จะก่อให้เกิดวิกฤต (Crash) นั้นหมายถึง  $K \rightarrow K_c$  โดย  $K_c$  คือ ระดับความสัมพันธ์ที่อาจก่อให้เกิดความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤต (Crash) สูงที่สุด ในขณะที่เดียวกัน ความสัมพันธ์  $K$  ในระดับอื่น ๆ นั้นต่างก็มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤต (Crash) ได้เช่นกัน เพียงแต่ระดับความน่าจะเป็นนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า  $K_c$  ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวถูกเรียกอย่างแพร่หลายว่า “Critical Phenomena” และสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\chi = A(K_c - K)^{-\gamma} \quad (2.4-2)$$

โดย

$A$  = ค่าคงที่ใด ๆ โดย  $A \in I^+$

$\gamma$  = Critical Component

Sornette (2003) ได้แสดงความเห็นว่า  $h(t)$  เป็นผลรวมของการมีส่วนร่วมระหว่างนักลงทุน และมีความเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดย  $t_c$  เป็นช่วงเวลาที่มีโอกาสที่จะเกิดวิกฤตสูงที่สุด และนักลงทุนมีความสัมพันธ์กับผู้คนรอบข้างอย่างน้อย 1 คน แสดงได้ดังนี้

$$h(t) = \frac{B}{(t_c - t)^\alpha} \quad (2.4-3)$$

โดย

$$\alpha = \frac{1}{\lambda - 1} \quad (2.4-4)$$

เมื่อ

$\lambda$  = จำนวนผู้คนที่นักลงทุนมีความสัมพันธ์รวมถึงตัวนักลงทุนด้วย ดังนั้น  $2 \geq \lambda > \infty$

$B$  = ค่าคงที่ใด ๆ โดย  $B \in I^+$

ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดวิกฤต (Crash) นั้นสามารถหาได้จาก

$$1 - \int_{t_0}^{t_c} h(t) dt > 0 \quad (2.4-5)$$

โดย  $\int_{t_0}^{t_c} h(t) dt$  หมายถึงผลรวมของความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตในช่วงเวลา  $t$  ไปจนถึง  $t_c$

Sornette (2003) ได้สมมติให้ ดัชนี (ราคา) ลดลงด้วยอัตราคงที่ ( $\eta \in (0,1)$ ) และ  $P_1$  เท่ากับดัชนี (ราคา) อ้างอิง และจะได้ว่า

$$dp = \mu(t)p(t)dt - \eta(p(t) - p_1)dj \quad (2.4-6)$$

เมื่อ  $j$  หมายถึง Jump process ซึ่งมีค่า 0 หรือ 1 โดยช่วงเวลาก่อนการเกิดวิกฤต  $j$  จะมีค่าเท่ากับ 0 และหลังการเกิดวิกฤต  $j$  จะมีค่าเท่ากับ 1 โดยได้ตัดการพิจารณาอัตราดอกเบี้ย, Risk

aversion, Information asymmetry และ Market-clearing condition ออกเพื่อความสะดวกในการพิจารณาส่วนอื่น ๆ ต่อไป

โดยใน Rational Expectation นั้น Sornette (2003) ได้ทำการสมมติให้นักลงทุนทุกคนมีความเท่าเทียมกันในเรื่องของการข้อมูล อยู่ในภาวะเบี่ยงและทำตามกติกา และจาก Martingale hypothesis of rational expectation จะได้ว่า

$$E_t(P(t)) = p(t) ; \forall t' > t$$

(2.4-7)

เมื่อ

$p(t)$  = ระดับดัชนี(ราคา) ณ เวลา  $t$

$E_t(\cdot)$  = ระดับเงื่อนไขที่คาดหวังภายใต้ข้อมูล ข่าวสาร ณ เวลา  $t$

จาก สมการ 2.4-6 จะได้

$$dp = \mu(t)p(t)dt - \eta(p(t) - p_1)dj$$

(2.4-6)

จากสมการ 2.4-6 ถ้าดัชนี (ราคา) ลดลงด้วยอัตราคงที่  $\eta \in (0,1)$  จะได้

$$dp = \mu(t)p(t)dt - \eta p(t)dj$$

(2.4-8)

และเมื่อ

$$\frac{dj}{dt} = h(t)$$

$$dj = h(t)dt$$

แทนค่า  $dj$  ในสมการ 2.4-8 จะได้

$$E_t(dp) = \mu(t)p(t)dt - \eta p(t)h(t)dt = 0$$

$$\mu(t)p(t)dt = \eta p(t)h(t)dt$$

$$\mu(t) = \frac{\eta p(t)h(t)dt}{p(t)dt}$$

$$\mu(t) = \eta h(t)$$

(2.4-9)

สมการ 2.4-9 นั้น (Jacobsson, 2009) ได้แสดงให้เห็นว่า จาก The Martingale condition นั้นนักลงทุนจะได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้น เพื่อชดเชยความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อผลตอบแทน รวมถึงดัชนี (ราคา) เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อแทนค่าสมการ 2.4-9 ลงในสมการ 2.4-8 จะได้

$$dp = \eta h(t)p(t)dt - \eta p(t)dj$$

(2.4-10)

โดยเมื่ออยู่ในช่วงเวลาก่อนการเกิดวิกฤตนั้นหมายความว่า  $j = 0$

จากสมการ 2.4-10 เมื่อใช้หลัก Ordinary Differential equations (ODE) และทำการจัดรูปให้อยู่ในรูปอย่างง่ายจะได้ว่า

$$\begin{aligned} p'(t) &= \eta h(t)p(t) \\ \frac{p'(t)}{p(t)} &= \eta h(t) \end{aligned}$$

(2.4-11)

ทำการ Integrate ทั้งสองข้างของสมการ 2.4-11 จะได้

$$\begin{aligned} \log \frac{p(t)}{p(t_0)} &= \eta \int_{t_0}^t h(t)dt \\ \log p(t) - \log p(t_0) &= \eta \int_{t_0}^t h(t)dt \\ \log p(t) &= \log p(t_0) + \eta \int_{t_0}^t h(t)dt \end{aligned}$$

(2.4-12)

จากสมการ 2.4-3 จะได้

$$h(t) = B(t_c - t)^{-\alpha}$$

โดยที่  $B \in I^+$  เป็นค่าคงที่ใด ๆ ก็ได้

$$\int_{t_0}^t h(t) dt = B \int_{t_0}^t (t_c - t)^{-\alpha} dt$$

$$\int_{t_0}^t h(t) dt = -B \left[ \frac{(t_c - t)^{-(\alpha+1)}}{\alpha + 1} \right]_{t=t_0}^t$$

เมื่อกำหนดให้  $t_0 = t_c$  และ  $\beta = \alpha + 1$

$$\int_{t_0}^t h(t) dt = -\frac{B}{\beta} (t_c - t)^\beta$$

(2.4-13)

เมื่อแทนค่าสมการ 2.4-13 ลงในสมการ 2.4.12 จะได้

$$\log p(t) = \log p(t_0) - \eta \frac{B}{\beta} (t_c - t)^\beta$$

(2.4-14)

จากสมการ 2.4-2

$$\chi = A(K_c - K)^{-\gamma}$$

กำหนดให้ Exponent ในส่วนของ Power Law เป็นจำนวนเชิงซ้อน (Complex Number) โดยเขียนอยู่ในรูปทั่วไป ในรูปของผลรวมดังนี้

$$\chi \approx \text{Re} [A_0 (K_c - K)^{-\gamma} + A_1 (K_c - K)^{-\gamma + i\omega} + \dots]$$

$$\approx A_0 (K_c - K)^{-\gamma} + A_1 (K_c - K)^{-\gamma} \cos(\omega \log(K_c - K) + \theta)$$

(2.4-15)

เมื่อ  $A_0, A_1, \omega$  และ  $\theta$  เป็นจำนวนจริงและ  $Re[]$  เป็นสัญลักษณ์แทน Real Part ของจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งลักษณะดังกล่าวเรียกว่า Log-Periodic โดยมีค่าความถี่เท่ากับ  $\frac{\omega}{2\pi}$  และเมื่อ ปฏิบัติตามขั้นตอนเดียวกันกับสมการ 2.4-15 กับ Hazard rate จะได้

$$\begin{aligned} h(t) &= Re[B_0(t_c - t)^{-\gamma} + B_0(t_c - t)^{-\gamma+i\omega} + \dots] \\ &\approx B_0(t_c - t)^{-\gamma} + B_0(t_c - t)^{-\gamma} \cos(\omega \log(t_c - t) + \theta) \end{aligned} \quad (2.4-16)$$

เมื่อแทนค่าสมการ 2.4-16 ลงในสมการ 2.4-14 จะได้

$$\begin{aligned} \log p(t) &= \log p(t_0) - \frac{\eta}{\beta} B_0(t_c - t)^{-\gamma} \\ &\quad + B_0(t_c - t)^{-\gamma} \cos(\omega \log(t_c - t) + \theta) \end{aligned} \quad (2.4-17)$$

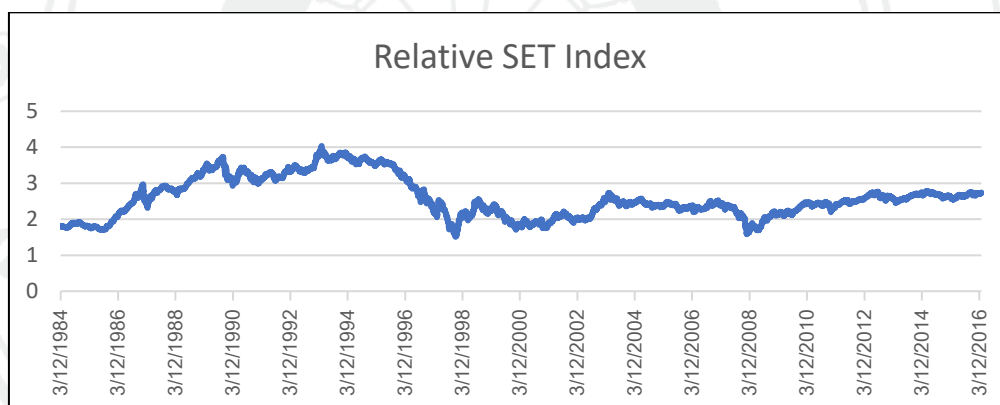
เมื่อทำการจัดรูปให้อยู่ในรูปอย่างง่าย จะได้ดังสมการ 2.4-1

$$F(t) = A + B(t_c - t)^\alpha [1 + C \cdot \cos(\omega \log(t_c - t) + \gamma)] \quad (2.4-1)$$

### บทที่ 3 การสร้างดัชนีชี้วัดฟองสบู่

#### 3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูล ราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ชนิดรายวัน ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม ค.ศ.1984 ไปจนถึง วันที่ 20 ธันวาคม ค.ศ.2016 ซึ่งราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) นั้นเป็นผลการคำนวณมาจาก ดัชนีหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยชนิดรายวัน ถูกหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI) ในเดือนนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ดัชนีหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในเดือน ธันวาคม ค.ศ.1984 ก็จะถูกหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI) ของเดือนธันวาคม ค.ศ.1984 โดยผลลัพธ์ที่ออกมาจะเป็นราคาหุ้นสัมพัทธ์ชนิดรายวัน (Relative Stock Price) ของเดือนธันวาคม ค.ศ.1984 ซึ่งแสดงดังภาพที่ 6



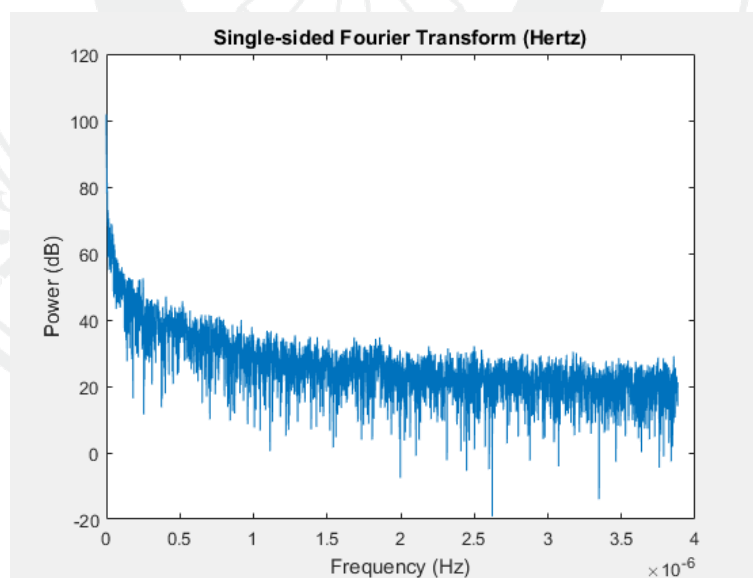
ภาพที่ 6: ข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ชนิดรายวัน

ข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.0355 หน่วยซึ่งตรงกับวันที่ 4 มกราคม ค.ศ.1994 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.5121 หน่วยซึ่งตรงกับวันที่ 4 กันยายน ค.ศ.1998 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 2.5884 หน่วย ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3.1376 โดยจะนำข้อมูลดังกล่าวมาจำแนกออกเป็นช่วงที่ใช้ในการศึกษาในหัวข้อที่ 3.4 การจำแนกช่วงข้อมูล ก่อนที่จะนำไปทดสอบด้วยแบบจำลองแล้วจึงทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

### 3.2 การแยกองค์ประกอบของราคาสินทรัพย์โดยการแปลงฟูเรีย

จากนิยาม ราคาสินทรัพย์จะประกอบไปด้วย ราคาพื้นฐาน และ ฟองสบู่ งานวิจัยนี้ต้องการจะแยกส่วนที่เป็นฟองสบู่ออกมาจากราคาสินทรัพย์ ซึ่งเทคนิคหนึ่งในการแยกองค์ประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในแวดวงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม แต่ไม่ค่อยได้มีการนำมาใช้ในงานสายเศรษฐศาสตร์ นั่นคือเทคนิคการแปลงฟูเรีย โดยแนวคิดของการแปลงฟูเรียคือการนำข้อมูลอนุกรมเวลา (Time – Series) ในช่วงเวลาใด ๆ มาทำการแบ่งออกเป็นองค์ประกอบความถี่ต่าง ๆ โดยช่วงความถี่ต่ำหมายถึงข้อมูลมีองค์ประกอบที่มีความยาวคลื่นมากและในทางกลับกับความถี่สูงหมายถึงข้อมูลมีองค์ประกอบที่มีความยาวคลื่นสั้น (ดู Press และคณะ (1992) และ Kammler (2007)) โดยในการศึกษาครั้งนี้มีแนวคิดว่าชุดข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบความถี่ใด ๆ ที่จะเป็น Rational Bubbles ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะเป็นมูลค่าพื้นฐาน

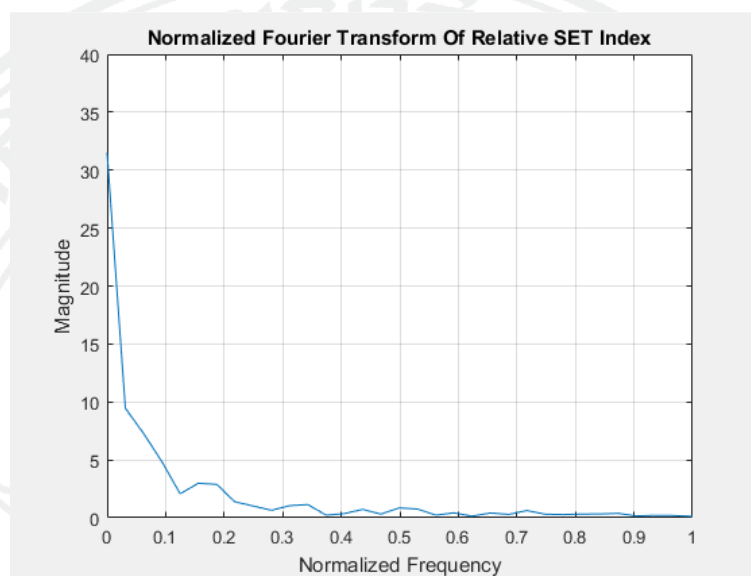
เมื่อนำข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์มาทำการแปลงฟูเรียในรูปแบบของ Magnitude (โดยค่ากำลังในหน่วย Magnitude สามารถคำนวณได้จากค่า  $\text{abs}(X(f))$  โดยค่า  $X(f)$  คือผลการแปลงฟูเรียของ  $x(t)$ ) และเมื่อทำการแปลงค่า Magnitude ให้อยู่ในรูปแบบของหน่วย Decibel (โดยค่ากำลังในหน่วย Decibels (dB) สามารถคำนวณได้จาก  $20 \times \log_{10}(\text{Magnitude})$ ) จะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 : Single-side Fourier Transform (Hertz) in Decibels (dB)

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าความถี่มีหน่วยเป็น micro Hertz ( $10^{-6}$ ) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เพื่อความสะดวกแก่การพิจารณาองค์ประกอบความถี่จากการแปลงฟูเรีย จะทำการ Normalize

ค่าความถี่ให้อยู่ระหว่าง 0 – 1 โดยเกณฑ์การตัด (Cut-off) ความถี่จะใช้หลักการ -3 dB Cut-off (ดู D. Schlichthärle (2000)) และทำการ Normalize โดยในการ Normalize จะเลือกความถี่ Cut-off จากวิธี -3 dB Cut-off นั้นจะทำการตัดค่าความถี่ที่มีค่ากำลังในหน่วย Decibels ที่ต่ำกว่าค่ากำลังสูงสุดลบด้วย 3 dB ออกทั้งหมดและนำค่าความถี่สูงสุดมาเป็นตัวกำหนดในการ Normalize ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 : Normalized Fourier Transform of Relative SET Index

ซึ่งจะเห็นได้ว่าราคาหุ้นสัมพัทธ์มีค่า Magnitude ในช่วงองค์ประกอบความถี่ต่ำสูงในขณะที่องค์ประกอบความถี่สูงมีกำลังน้อยกว่า โดยจากภาพที่ 8 สามารถตีความได้ว่าองค์ประกอบของราคาหุ้นสัมพัทธ์นั้นอยู่ในช่วงความถี่ต่ำเป็นส่วนมากหรือกล่าวได้ว่าราคาหุ้นสัมพัทธ์มีองค์ประกอบของคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากนั่นเอง (Trend) ส่วนช่วงความถี่สูงนั้นจะประกอบไปด้วยคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้น (Noise) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhashyam, Doran และ Dorney (1999) และ Gencay, Selcuk และ Whitcher (2002) แต่อย่างไรก็ตามเราไม่ยังไม่สามารถตัดสินหรือระบุได้อย่างชัดเจนว่าองค์ประกอบความถี่สูงที่ประกอบไปด้วยคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นที่มีการเคลื่อนไหวแบบคลื่นรบกวน (Noise) คลื่นในช่วงดังกล่าวอาจเป็นองค์ประกอบของฟองสบู่ก็เป็นได้

### 3.3 การคัดเลือกและออกแบบตัวกรอง(Filter)ที่ใช้ในการศึกษา

ตัวกรองที่ใช้ในการศึกษานี้มีทั้งสิ้น 18 ตัวกรอง แบ่งออกเป็นตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) 9 ตัวกรอง ซึ่งจะยอมให้ความถี่  $0 - 0.1f$  ผ่านได้ เมื่อ  $f = 1, 2, 3, \dots, 9$  และ ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) 9 ตัวกรอง ซึ่งจะยอมให้ความถี่  $0.1f - 1$  ผ่านได้ เมื่อ  $f = 1, 2, 3, \dots, 9$  ดังตารางที่ 2 และ 3

#### 3.3.1 ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

ชื่อตัวกรอง	ค่าความถี่เริ่มต้นที่ยอมให้ผ่าน	ค่าความถี่สุดท้ายที่ยอมให้ผ่าน
F <sub>11</sub>	0	0.1
F <sub>12</sub>	0	0.2
F <sub>13</sub>	0	0.3
F <sub>14</sub>	0	0.4
F <sub>15</sub>	0	0.5
F <sub>16</sub>	0	0.6
F <sub>17</sub>	0	0.7
F <sub>18</sub>	0	0.8
F <sub>19</sub>	0	0.9

ตารางที่ 2 : ชื่อตัวกรอง ค่าความถี่เริ่มต้นที่ยอมให้ผ่าน และค่าความถี่สุดท้ายที่ยอมให้ผ่านของตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ทั้ง 9 ตัวกรองซึ่งตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่านนั้นจะเป็นตัวกรองที่ จะลดทอนกำลังขององค์ประกอบความถี่ที่นอกเหนือจากค่าความถี่เริ่มต้นที่ยอมให้ผ่านไปจนถึงค่าความถี่สุดท้ายที่ยอมให้ผ่าน หรือกล่าวได้ว่าตัวกรองความถี่ต่ำผ่านในแต่ละตัวกรองจะตัดทอนค่าองค์ประกอบความถี่ระหว่างค่าในตารางที่ 3 นั้นเอง โดยค่าความถี่ต่ำที่ผ่านได้จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวคลื่นมาก

### 3.3.2 ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)

ชื่อตัวกรอง	ค่าความถี่เริ่มต้นที่ไม่ยอมให้ผ่าน	ค่าความถี่สุดท้ายที่ไม่ยอมให้ผ่าน
$F_{h1}$	0	0.1
$F_{h2}$	0	0.2
$F_{h3}$	0	0.3
$F_{h4}$	0	0.4
$F_{h5}$	0	0.5
$F_{h6}$	0	0.6
$F_{h7}$	0	0.7
$F_{h8}$	0	0.8
$F_{h9}$	0	0.9

ตารางที่ 3 : ชื่อตัวกรอง ค่าความถี่เริ่มต้นที่ไม่ยอมให้ผ่าน และค่าความถี่สุดท้ายที่ไม่ยอมให้ผ่าน

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ทั้ง 9 ตัวกรองซึ่งตัวกรองชนิดความถี่สูงผ่านนั้นจะเป็นตัวกรองที่จะลดทอนกำลังขององค์ประกอบความถี่ที่นอกเหนือจากค่าความถี่เริ่มต้นที่ไม่ยอมให้ผ่านไปจนถึงค่าความถี่สุดท้ายที่ไม่ยอมให้ผ่าน หรือกล่าวได้ว่าตัวกรองความถี่สูงผ่านในแต่ละตัวกรองจะตัดทอนค่าองค์ประกอบความถี่ระหว่างค่าในตารางที่ 3 ออกนั่นเอง โดยค่าความถี่ต่ำที่ผ่านได้จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวคลื่นน้อย

ในการออกแบบและคัดเลือกตัวกรองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อสังเกต 2 ประการ ดังนี้

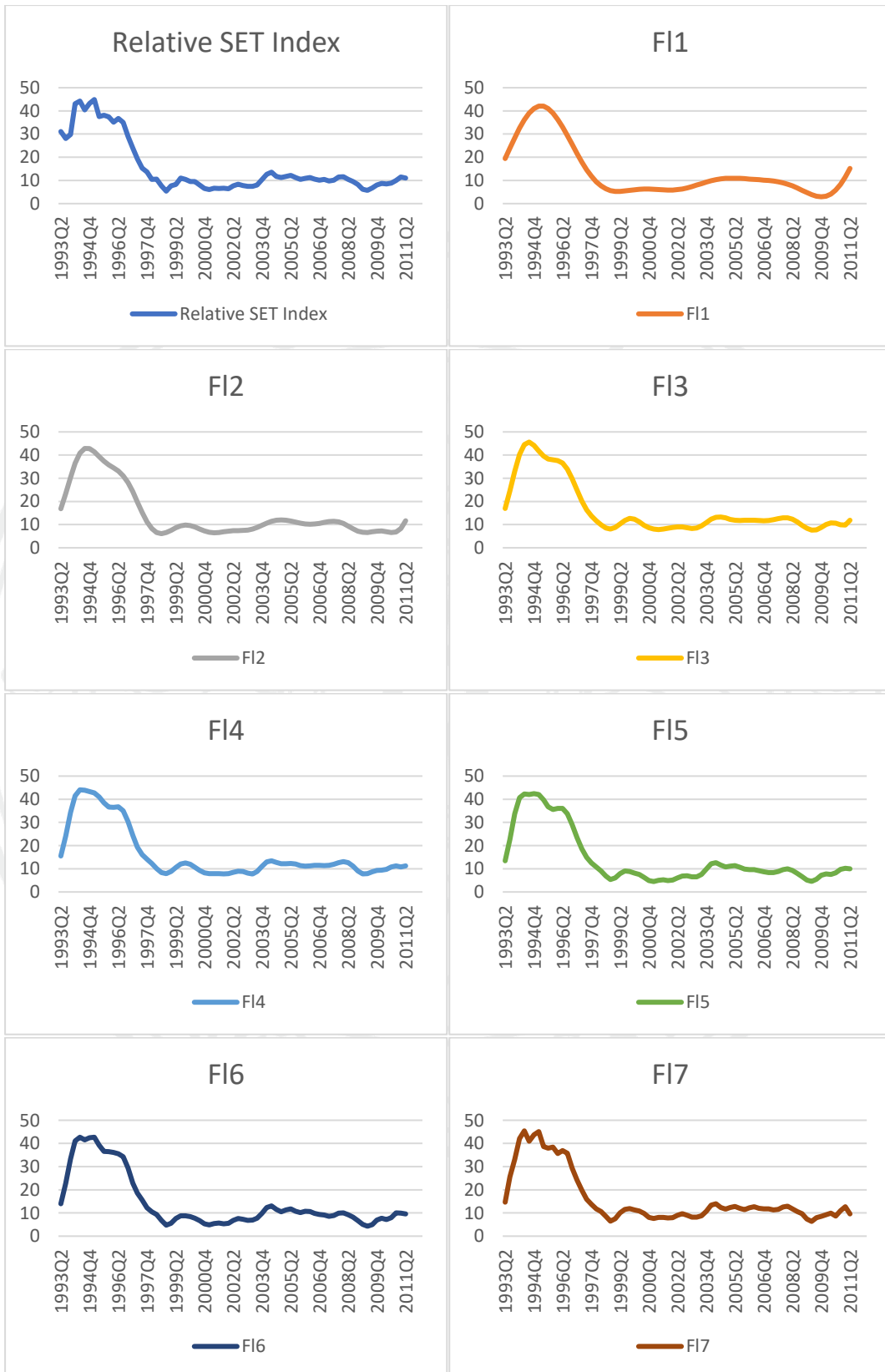
1. ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ตัวกรองชนิด Low Pass Filter และ High Pass Filter เท่านั้น เนื่องจากภาพที่ 5 ได้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบความถี่ของราคาหุ้นสัมพัทธ์ซึ่งไม่พบช่วงความถี่ในช่วงกลางขององค์ประกอบความถี่ที่มีนัยสำคัญปรากฏขึ้น จึงไม่นำ Band Pass Filter และ Band Stop Filter มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้
2. ในทางทฤษฎี Rational Bubbles ไม่ได้ปรากฏหรือดำรงอยู่ในทุกช่วงเวลา ดังนั้นการแยกองค์ประกอบของฟองสบู่ในการศึกษาครั้งนี้อาจไม่ถูกต้องทั้งหมด

### 3.4 การทดสอบคุณสมบัติความเป็น Rational Bubbles

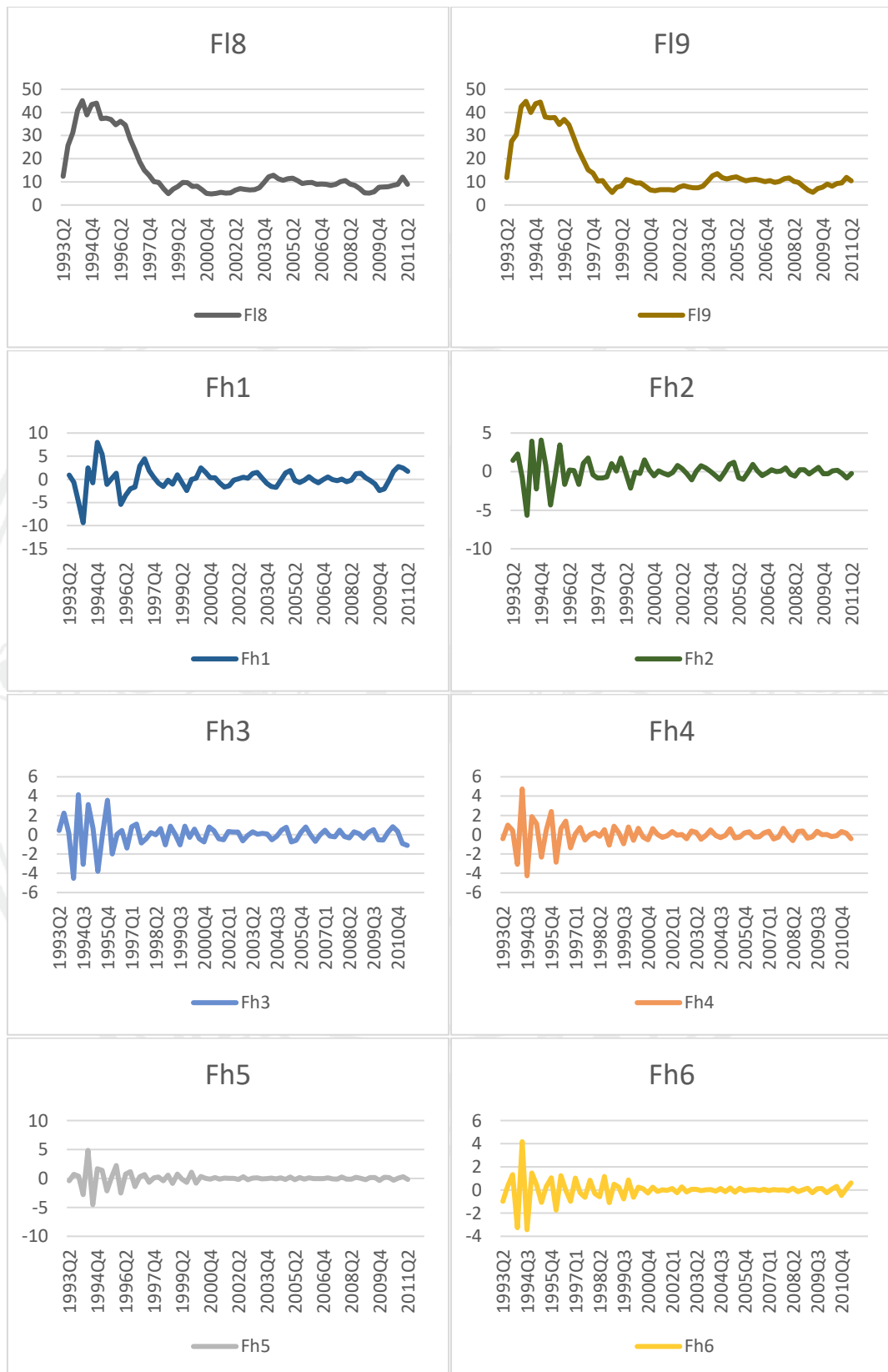
ในการพิจารณาตัวกรองต่างๆ เพื่อทดสอบหาตัวกรองที่จะสามารถเป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ดี นั้น จะเป็นการนำข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม ค.ศ.1984 ไปจนถึง วันที่ 30 ธันวาคม ค.ศ.2016 มาทำการพยากรณ์เพื่อหาช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตทางการเงินสูงสุด ( $T_c$ ) และใช้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกรณีฐาน (Base Case) จากนั้นจึงนำชุดข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) ไปผ่านตัวกรอง(Filter) ทั้ง 18 ตัว ซึ่งจะให้ผลลัพธ์เป็นชุดข้อมูลใหม่ทั้งสิ้น 18 ข้อมูล และนำผลดังกล่าวมาทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวกรอง (Filter) ทั้ง 18 ตัว และ ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาคที่ ดังนี้

- ราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Stock Price) มาจากการนำดัชนี SET Index มาหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI)
- เงินทุนไหลออกที่แท้จริง (Real Capital Outflow) มาจากการนำเงินทุนไหลออก มาหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI)
- ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศไทยที่แท้จริง (Real GDP) มาจากการนำผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศไทยมาหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI)
- อัตราเงินเฟ้อ (Inflation) มาจากอัตราความเปลี่ยนแปลงของดัชนีผู้บริโภค (CPI)
- เงินลงทุนที่แท้จริง (Real Investment) มาจากการนำ Private Investment Index มาหารด้วยดัชนีผู้บริโภค (CPI)
- อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง (Real Interest Rate) มาจากการนำ Saving Interest Rate มาลบด้วยอัตราเงินเฟ้อ (Inflation)

ซึ่งผลลัพธ์จากตัวกรองทั้ง 18 ตัวกรองและตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาคสามารถแสดงกราฟได้ดังภาพที่ 9, ภาพที่ 10, ภาพที่ 11 และภาพที่ 12



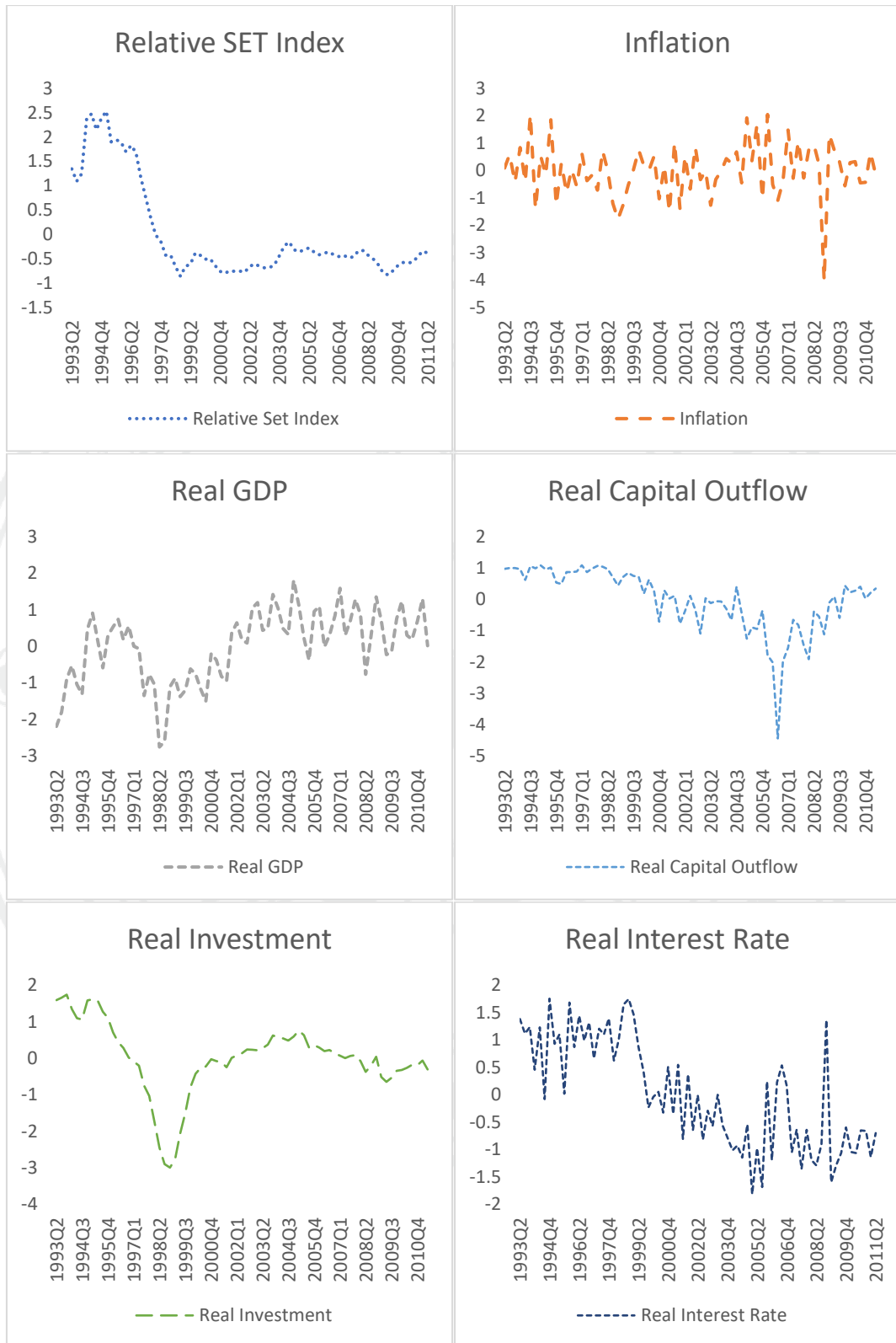
ภาพที่ 9 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{11} - F_{19}$  และตัวกรอง  $F_{h1} - F_{h9}$  (1)



ภาพที่ 10 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{I1} - F_{I9}$  และตัวกรอง  $F_{h1} - F_{h9}$  (2)



ภาพที่ 11 : ข้อมูลตั้งต้นและผลลัพธ์จากตัวกรอง  $F_{l1} - F_{l9}$  และตัวกรอง  $F_{h1} - F_{h9}$  (3)



ภาพที่ 12 : ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค

โดยจะกำหนดเงื่อนไขการให้คะแนนแก่ตัวกรอง (Filter) ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์หน้าพารามิเตอร์ จะต้องมิติศทางที่ถูกต้องตามตารางที่ 1
- พารามิเตอร์ผ่านนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จึงจะได้คะแนน 1 หน่วย จากนั้นจะทำการเลือกตัวกรอง (Filter) ที่มีคะแนนสูงที่สุดเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ในการศึกษาครั้งนี้

เนื่องด้วยข้อจำกัดในด้านความถี่และช่วงเวลาของข้อมูล ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์จากตัวกรอง (Filter) และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาคดังต่อไปนี้

ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค	ความถี่ของข้อมูล	วันที่เริ่มต้น	วันที่สิ้นสุด
SET Index	ชนิดรายวัน	30/4/1975	30/12/2016
CPI	ชนิดรายเดือน	12/1984	12/2016
Capital Outflow	ชนิดรายเดือน	1/1993	6/2011
GDP	ชนิดไตรมาส	Q1/1993	Q3/2017
Inflation	คำนวณจากอัตราความเปลี่ยนแปลงของ CPI		
Investment	ชนิดรายเดือน	1/1980	12/2016
Interest Rate	ชนิดรายเดือน	1/1978	12/2016

ตารางที่ 4 : ความถี่และช่วงเวลาของข้อมูล

ซึ่งจากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศไทยมีความละเอียดของข้อมูลต่ำที่สุดโดยเป็นข้อมูลชนิดรายไตรมาส และช่วงเวลาข้อมูลที่แคบที่สุดคือระหว่างไตรมาสที่ 1 ปี 1993 ถึงไตรมาสที่ 2 ปี 2011 ซึ่งเป็นข้อจำกัดของข้อมูลเงินทุนไหลออก

ดังนั้นจึงได้ทำการปรับข้อมูลให้เป็นข้อมูลชนิดไตรมาสโดยการนำข้อมูลรายวันหรือรายเดือนในไตรมาสนั้นๆ มาทำการเฉลี่ยและได้เป็นข้อมูลไตรมาสซึ่งจะใช้ในการทดสอบต่อไป

3.4.1 แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์จากตัวกรอง (Filter) และตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค

ในการทดสอบสมมติฐานจะใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ดังสมการ 3.4.1-1

$$F_{ij_t} = \beta_{ij_1} + \beta_{ij_2}RLTSET_t + \beta_{ij_3}RCAP_t + \beta_{ij_4}RGDP_t + \beta_{ij_5}INFL_t + \beta_{ij_6}RINV_t + \beta_{ij_7}RINT_t + \varepsilon_{ij_t}$$

(3.4.1-1)

โดย  $i = l, h$  และ  $j = 1, 2, 3, \dots$ ,

$F_{ij_t}$  คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวกรอง  $F_{ij}$  ในช่วงเวลา  $t$

$RLTSET_t$  คือ ราคาหุ้นสัมพัทธ์ ในช่วงเวลา  $t$

$RCAP_t$  คือ เงินทุนไหลออกที่แท้จริง ในช่วงเวลา  $t$

$RGDP_t$  คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศไทยที่แท้จริง ในช่วงเวลา  $t$

$INFL_t$  คือ อัตราเงินเฟ้อ ในช่วงเวลา  $t$

$RINV_t$  คือ เงินลงทุนที่แท้จริง ในช่วงเวลา  $t$

$RINT_t$  คือ อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง ในช่วงเวลา  $t$

### 3.4.2 การทดสอบ Unit Root

ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์นั้น ขั้นตอนแรกผู้ทำการศึกษาควรทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูลก่อน เนื่องจากข้อมูลชนิด Time – Series นั้นมักมีลักษณะเป็นข้อมูลชนิดไม่นิ่ง (Non - Stationary) โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้การทดสอบ Unit Root ด้วยวิธี Augmented Dickey – Fuller โดยมีผลการทดสอบตัวแปรตามและตัวแปรอิสระดังนี้

ตัวแปร	ผลการทดสอบ Unit Root Test	ตัวแปร	ผลการทดสอบ Unit Root Test	ตัวแปร	ผลการทดสอบ Unit Root Test
$F_{I1}$	I(2)	$F_{h1}$	I(0)	<i>RLTSET</i>	I(1)
$F_{I2}$	I(3)	$F_{h2}$	I(0)	<i>RCAP</i>	I(0)
$F_{I3}$	I(4)	$F_{h3}$	I(0)	<i>RGDP</i>	I(1)
$F_{I4}$	I(2)	$F_{h4}$	I(1)	<i>INFL</i>	I(0)
$F_{I5}$	I(3)	$F_{h5}$	I(1)	<i>RINV</i>	I(1)
$F_{I6}$	I(0)	$F_{h6}$	I(1)	<i>RINT</i>	I(1)
$F_{I7}$	I(0)	$F_{h7}$	I(1)		
$F_{I8}$	I(1)	$F_{h8}$	I(1)		
$F_{I9}$	I(1)	$F_{h9}$	I(1)		

ตารางที่ 5 : ผลการทดสอบ Unit Root

จากผลการทดสอบ Unit Root เพื่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน ข้อมูลเหล่านี้จึงจะต้องถูกปรับให้หนึ่ง โดยการนำผลต่างลำดับที่ 1 ตามผลที่ได้จากการทดสอบ Unit Root

### 3.4.3 การทดสอบ Cointegration

หลังจากการทดสอบ Unit Root ในทดสอบสมมติฐาน ผู้ทำการศึกษาความทำการทดสอบ Cointegration เพื่อทดสอบคุณภาพในระยะยาวของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยในระยะยาวตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาควรมีทิศทางเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกัน ถึงแม้ว่าในระยะสั้นจะมีความแตกต่างกันก็ตาม

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการศึกษาจะเลือกใช้วิธี Cointegration Test ของ Engle – Granger ในการทดสอบคุณภาพในระยะยาวของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบ			
ไม่มี Cointegration	$F_{l1}$	มี Cointegration	$F_{h1}$
มี Cointegration	$F_{l2}$	มี Cointegration	$F_{h2}$
มี Cointegration	$F_{l3}$	มี Cointegration	$F_{h3}$
มี Cointegration	$F_{l4}$	มี Cointegration	$F_{h4}$
มี Cointegration	$F_{l5}$	มี Cointegration	$F_{h5}$
มี Cointegration	$F_{l6}$	มี Cointegration	$F_{h6}$
มี Cointegration	$F_{l7}$	มี Cointegration	$F_{h7}$
มี Cointegration	$F_{l8}$	มี Cointegration	$F_{h8}$
ไม่มี Cointegration	$F_{l9}$	ไม่มี Cointegration	$F_{h9}$

ตารางที่ 6 : ผลการทดสอบ Cointegration

#### 3.4.4 ผลการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค

จากการทดสอบ Cointegration ในหัวข้อ 3.4.3 ทำให้ทราบได้ว่าแบบจำลองใดที่ควรมีการปรับข้อมูลให้หนึ่งโดยใช้วิธีลำดับผลต่าง ลำดับที่ 1 ตามที่ได้ทดสอบ Unit Root ในหัวข้อ 3.4.2 ซึ่งหลังจากการปรับข้อมูลให้หนึ่ง และทำการทดสอบสมมติฐานตามแบบจำลองที่กล่าวในหัวข้อ 3.4.1 เพื่อให้สะดวกต่อการให้คะแนนตัวกรอง (Filter) แต่ละชนิด จึงมีผลการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ซึ่งแยกออกเป็นค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient), ค่า P-Value และ คะแนน (Score) โดยตัดค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) และค่า P-Value ของค่าคงที่ออก ดังต่อไปนี้

Filter	Relative Stock Price(+)	Real Capital Outflow(-)	Real GDP(+)	Inflation(+)	Real Investment(-)	Real Interest Rate(-)
$F_{l1}$	0.01018	-0.00470	-0.00005	-0.14412*	0.06261	-0.06439
$F_{l2}$	0.94641*	-0.00491	0.00037	0.17880	-0.46462	0.06505
$F_{l3}$	1.03317*	-0.00948	0.00024	-0.24716	-1.33498*	-0.29576
$F_{l4}$	1.05691*	0.00012	0.00027	-0.31324	-1.64564*	-0.39587
$F_{l5}$	1.07208*	0.02713	0.00046*	-0.16377	-1.51904*	-0.25346
$F_{l6}$	1.05366*	0.00334	0.00045*	-0.04832	-1.21134*	-0.13783
$F_{l7}$	1.04007*	-0.02920	0.00034	-0.15659	-1.31019*	-0.20231
$F_{l8}$	1.09015*	0.02169	0.00046*	-0.26273	-1.72825*	-0.31620
$F_{l9}$	0.83617*	-0.03450	0.00023	0.37952	0.84649	0.13468
$F_{h1}$	-0.05674	-0.03848	0.00022	0.02693	0.45873	0.20381
$F_{h2}$	-0.02563	0.00300	0.00002	-0.09826	0.31701	0.14309
$F_{h3}$	-0.02216	0.00584	0.00001	-0.06840	0.31477	0.10842
$F_{h4}$	0.00087	-0.00016	0.00005	-0.16678	0.04902	0.02416
$F_{h5}$	0.00967	-0.00313	0.00001	-0.19796	-0.01983	-0.02928
$F_{h6}$	0.00466	0.00216	-0.00001	-0.20299	0.02457	-0.04519

Filter	Relative Stock Price(+)	Real Capital Outflow(-)	Real GDP(+)	Inflation(+)	Real Investment(-)	Real Interest Rate(-)
$F_{h7}$	-0.00120	-0.00002	-0.00001	-0.15099	0.07774	-0.01444
$F_{h8}$	-0.00385	0.00038	-0.00001	-0.11848	0.11201	0.00345
$F_{h9}$	-0.02114	-0.00184	0.00004	-0.00175	0.12610	0.03897

ตารางที่ 7 : ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระจากแบบจำลองที่ใช้ตัวแปรตามที่เป็นผลลัพธ์จากตัวกรองทั้ง 18 ชนิด

\* ในตารางหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรนั้นๆมีค่า P-value ต่ำกว่า 0.05



Filter	Relative Stock Price	Real Capital Outflow	Real GDP	Inflation	Real Investment	Real Interest Rate	Total
$F_{l1}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{l2}$	1	0	0	0	0	0	1
$F_{l3}$	1	0	0	0	1	0	2
$F_{l4}$	1	0	0	0	1	0	2
$F_{l5}$	1	0	1	0	1	0	3
$F_{l6}$	1	0	1	0	1	0	3
$F_{l7}$	1	0	0	0	1	0	2
$F_{l8}$	1	0	1	0	1	0	3
$F_{l9}$	1	0	0	0	0	0	1
$F_{h1}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h2}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h3}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h4}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h5}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h6}$	0	0	0	0	0	0	0

Filter	Relative Stock Price	Real Capital Outflow	Real GDP	Inflation	Real Investment	Real Interest Rate	Total
$F_{h7}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h8}$	0	0	0	0	0	0	0
$F_{h9}$	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 8 : คะแนนของตัวกรองแต่ละชนิดที่ใช้เกณฑ์ดังที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.3



จากตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8 ซึ่งแสดงผลการศึกษาพบว่าตัวกรองประเภทความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ซึ่งเป็นตัวกรองที่จะตัดทอนองค์ประกอบช่วงความถี่ต่ำออกดังที่แสดงในตารางที่ 3 ในหัวข้อ 3.3.2 (ตัวกรอง  $F_{h1} - F_{hp}$ ) มีคะแนนเท่ากับ 0 และเมื่อพิจารณาตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระ มีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีอยู่มาก อีกทั้ง ค่า P-Value มีค่าเกินระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เป็นส่วนมาก และในทางกลับกัน ตัวกรองประเภทความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ซึ่งเป็นตัวกรองที่จะตัดทอนองค์ประกอบช่วงความถี่สูงออกดังที่แสดงในตารางที่ 2 ในหัวข้อ 3.3.1 (ตัวกรอง  $F_{l1} - F_{lp}$ ) มีคะแนนที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด พบว่าผลลัพธ์ที่ผ่านตัวกรอง (Filter) ที่  $F_{l5}$ ,  $F_{l6}$  และ  $F_{l8}$  ซึ่งเป็นตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ที่ยอมให้ความถี่ Normalized Frequency ระหว่าง 0 – 0.5, 0 – 0.6 และ 0 – 0.8 ผ่านได้ตามลำดับ มีผลคะแนนสูงที่สุดที่ 3 คะแนน จาก 7 คะแนนเท่ากัน\* จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 3.4.4 นี้จะถูกนำไปศึกษาต่อโดยการนำดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Rational Bubbles ที่สุด 3 ดัชนีไปทำการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อหาค่า  $t_c$  , ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุด และทำการศึกษาในหัวข้ออื่นต่อไป

\*โดยเมื่อพิจารณาผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า มีความเป็นไปได้ที่ช่วงองค์ประกอบความถี่ระหว่าง 0.5 – 0.8 จะเป็นองค์ประกอบความถี่ที่เป็นฟองสบู่อยู่เมื่อพิจารณาว่าในช่วงความถี่ต่ำ 0 – 0.5 เป็นมูลค่าพื้นฐาน (Fundamental Value) จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งผลไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยผลการศึกษาถูกแสดงไว้ใน ภาคผนวก B.

### 3.5 การพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤต

#### 3.5.1 การพิจารณาช่วงเวลาวิกฤตและการแบ่งช่วงเวลา

จากสมการ 2.3.3-1 จะได้ว่า

$$C_{MAX}_t = \frac{P_t}{\max(P_{t-24}, P_{t-23}, P_{t-22}, \dots, P_t)} \quad (2.3.3-1)$$

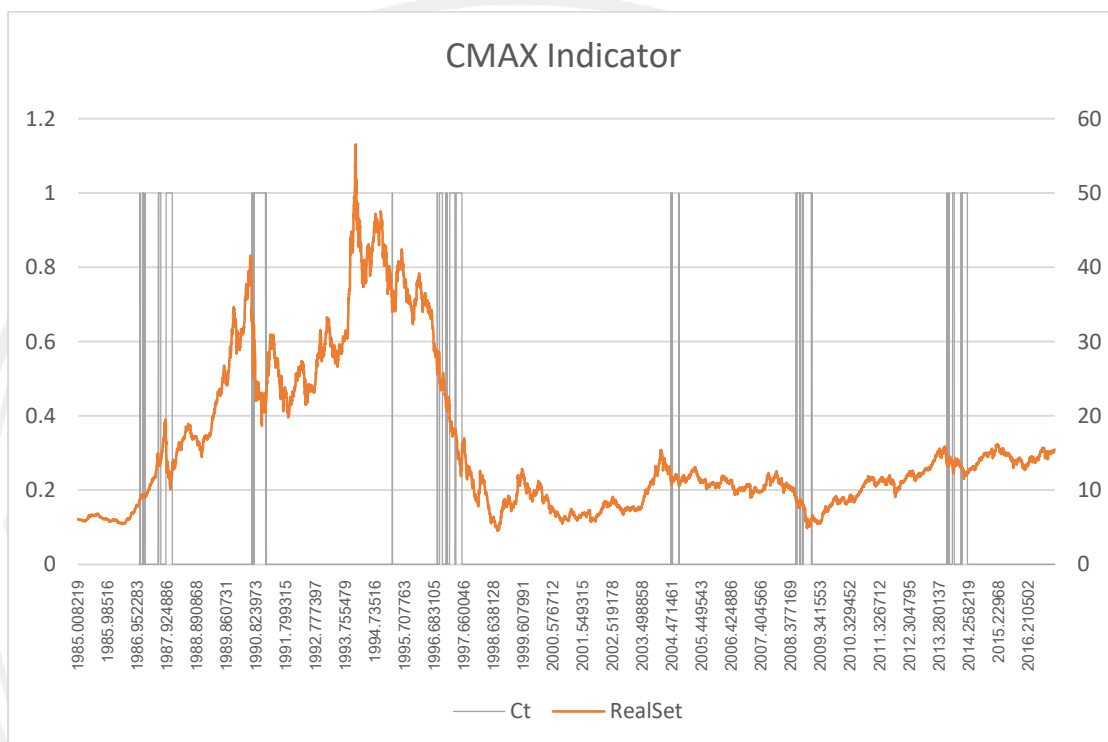
โดย

$$C_t = 1 \text{ เมื่อ } C_{MAX}_t < \overline{C_{MAX}_t} - 2\sigma_t$$

$$C_t = 0 \text{ เมื่อไม่เป็นไปตามเงื่อนไขก่อนหน้า}$$

$C_t$  หมายถึง Crisis Indicator และเมื่อ  $C_t$  มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ณ ช่วงเวลาดังกล่าวถือเป็นช่วงเวลาที่มึวิกฤต

เมื่อนำ CMAX Indicator มาปรับใช้กับข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์ จึงได้ผลซึ่งแสดงดังภาพที่ 6 โดยเส้นกราฟสีส้มคือราคาหุ้นสัมพัทธ์และเส้นกราฟสีเทาคือ Crisis Indicator เมื่อ ค่า  $C_t = 1$  หมายถึงมีวิกฤตเกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ในขณะที่  $C_t = 0$  หมายถึงในช่วงเวลาดังกล่าวไม่เข้านิยามความเป็นวิกฤตด้วยวิธีการดังกล่าว



ภาพที่ 13 : CMAX Indicator

โดยจากภาพที่ 13 พบว่าในบางช่วงเวลาที่มีความผันผวนและมีความเปลี่ยนแปลงในราคาสูงอย่างในช่วงปี ค.ศ.1993 และ ค.ศ.1994 ไม่สามารถถูกประเมินได้ด้วยวิธีดังกล่าว ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลเพื่อนำไปทำการศึกษาได้ทั้งสิ้น 10 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาที่	วันที่	เหตุการณ์สำคัญ
1	17/2/1987	-
2	20/8/1987	Black Monday
3	5/1/1988	-
4	25/1/1991	สงครามอ่าวเปอร์เซีย
5	17/3/1995	-

ช่วงเวลา	วันที่	เหตุการณ์สำคัญ
6	2/7/1997	วิกฤตต้มยำกุ้ง
7	26/5/2004	-
8	23/12/2008	วิกฤตซับไพร์ม
9	9/9/2013	วิกฤตทางการเงินของประเทศไต้หวัน
10	12/2/2014	-

ตารางที่ 9 : ช่วงเวลาที่ถูกแบ่งด้วยการใช้ CMAX Indicator

เมื่อสามารถจำแนกช่วงเวลาที่เกิดวิกฤตโดยใช้ CMAX Indicator ได้แล้ว ในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกใช้ข้อมูลก่อนหน้ารวมทั้งสิ้น 500 ข้อมูลและทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยช่วงข้อมูลต่อไปนี้

ตำแหน่งข้อมูลเริ่มต้น	ตำแหน่งข้อมูลสุดท้าย
1	100
1	200
1	300
1	400
1	500
100	200
100	300
100	400
100	500
200	300
200	400
200	500
300	400
300	500

ตำแหน่งข้อมูลเริ่มต้น	ตำแหน่งข้อมูลสุดท้าย
400	500

ตารางที่ 10 : การแบ่งช่วงข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าด้วยแบบจำลอง Log-Periodic Power Law

โดยในการแบ่งช่วงข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่านั้น เพื่อที่จะทำการศึกษาผลของระยะเวลาที่มีต่อการพยากรณ์ค่า  $t_c$  (ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงที่สุด) โดยกำหนดให้วันที่เป็นวันวิกฤตคือข้อมูลที่ 500 และ กำหนดให้ตำแหน่งข้อมูลสุดท้าย ตั้งแต่ 400 จนถึง 500 เป็นข้อมูลชนิด Short-term และ ตำแหน่งข้อมูลสุดท้าย 100 จนถึง 300 เป็นข้อมูลชนิด Long-term เพื่อทดสอบผลการศึกษาการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตในระยะสั้นและการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตในระยะยาว รวมถึงผลของปริมาณข้อมูลก่อนหน้าการเกิดวิกฤตที่มีต่อการพยากรณ์ค่า  $t_c$  ในบทต่อไป

### 3.5.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

Sornette (2003) ได้แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการนำ Log-Periodic oscillations Power Law (LPPL) ในการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตจากราคาสินทรัพย์ แบบจำลองดังกล่าวมีรากฐานมาจาก Risk-Driven Model ในหัวข้อที่ 2.4 โดย Sornette ได้กล่าวถึง Hazard Rate ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่ราคาสินทรัพย์ลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับมูลค่าพื้นฐาน

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะทำการนำแบบจำลอง LPPL มาใช้เพื่อเป็นตัวชี้วัด ดัชนีชี้วัดฟองสบู่ทั้ง 3 ดัชนีที่ได้จากหัวข้อก่อนหน้า โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อทดสอบความสามารถในการพยากรณ์ของดัชนีชี้วัดฟองสบู่ทั้ง 3 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ราคาหุ้นสัมพัทธ์ในการพยากรณ์ โดยอย่างน้อยดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการแปลงฟูเรียร์ควรจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าการใช้ข้อมูลเดิม
2. เพื่อตัดสินและเลือกดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ดีที่สุดจากดัชนีทั้ง 3 ตัว

โดยแบบจำลอง LPPL สามารถแสดงได้ดังนี้

จาก สมการ 2.4-1 จะได้

$$F(t) = A + B(t_c - t)^\alpha [1 + C \cdot \cos(\omega \log(t_c - t) + \gamma)] \quad (2.4-1)$$

โดยที่

$F(t)$  = ค่า Logarithm ของราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Relative Price of SET Index)

$A$  = มูลค่าดัชนีพื้นฐาน (Fundamental Value) ณ ช่วงเวลา  $t_c$

$B$  = อัตราความเปลี่ยนแปลงของ SET Index ณ ก่อนช่วงเวลา  $t_c$

$C$  = ค่า Magnitude ของความผันผวนที่เกิดขึ้น ณ ช่วงที่เป็น Exponential Growth โดยที่  $C \neq 0$

$t_c$  = ช่วงเวลาวิกฤต ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตทางการเงินสูงที่สุด

$t$  = ช่วงเวลาใด ๆ ก่อนช่วงเวลาวิกฤต

$\alpha$  = ตัวประกอบของ Power Law Growth

$\omega$  = ความถี่ของความผันผวนที่เกิดขึ้นก่อนเกิดวิกฤต

$\gamma$  = Shift Parameter

$B(t_c - t)^\alpha$  = พจน์ที่แสดงถึงอัตราการเติบโตของข้อมูล

$C \cdot \cos(\omega \log(t_c - t) + \gamma)$  = พจน์ที่แสดงถึงการสั่น (Accelerating Oscillation) ของข้อมูล

เนื่องจากเวลา  $t$  ในแบบจำลอง LPPL เป็นข้อมูลชนิดต่อเนื่องดังนั้นในการพยากรณ์จำเป็นที่จะต้องแปลงข้อมูลให้อยู่ในชนิดต่อเนื่อง

$$t = Year + \frac{Month}{12} + \frac{Date}{365}$$

(3.5.2-1)

อย่างไรก็ตาม  $t_c$  ที่ได้จากการพยากรณ์ไม่ใช่ช่วงเวลาที่เกิดวิกฤตแท้จริง แต่เป็นช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงที่สุด ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าวิกฤตอาจเกิดขึ้นก่อนถึงช่วงเวลา  $t_c$

## บทที่ 4 ผลการศึกษา

จากข้อสรุปที่ได้ในหัวข้อที่ 3.4 ซึ่งตัวกรอง (Filter) ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาในบทที่ 4 นี้ คือ ตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ตัวที่  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  โดยในการศึกษาคั้งนี้จะทำการพยากรณ์ทั้งสิ้น 4 กรณี ได้แก่ กรณีฐาน และกรณีของดัชนีชี้วัดทั้ง 3 โดยนำข้อมูลทั้ง 4 กรณีแทนค่าในแบบจำลอง LPPL โดยใช้ข้อมูลดังกล่าวแทนราคาสินทรัพย์ ในทางทฤษฎีการเกิดวิกฤตในราคาสินทรัพย์หรือเรียกว่าฟองสบู่แตก จะทำให้ราคาสินทรัพย์ ณ ราคาฟองสบู่ลดลงอย่างฉับพลันไปสู่มูลค่าพื้นฐาน หากดัชนีชี้วัดที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นตัวแทนของฟองสบู่ได้ดี แบบจำลอง LPPL ควรที่จะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำมากขึ้น

### 4.1 ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาวิกฤต

โดยสามารถคำนวณค่าคาดเคลื่อนและค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 11 ซึ่งแสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์  $t_c$  ของช่วงเวลาที่ถูกนิยามว่าเป็นเวลาวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator ช่วงที่ 1 ซึ่งตรงกับวันที่ 17 กุมภาพันธ์ ค.ศ.1987 หรือเมื่อแปลงเวลาจะได้เท่ากับ 1987.2132 ซึ่งผลการประมาณค่าใน 1 ช่วงเวลาจะถูกแบ่งออกเป็น 15 ผลซึ่งจำแนกตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ โดยตำแหน่งข้อมูลที่ 500 คือวันที่วิกฤต ซึ่งวันที่วิกฤตของช่วงเวลาที่ 1 เท่ากับ 1987.2132 และ 1 คือ 500 ข้อมูลก่อนหน้าวันวิกฤต

Initial	Final	Base Case	Error
1	100	1996.9635	-9.7503
100	200	1988.7048	-1.4916
200	300	1992.9616	-5.7484
300	400	2058.5068	-71.2936
400	500	1995.5721	-8.3589
1	200	1990.9643	-3.7510
100	300	1999.1316	-11.9184
200	400	2009.9194	-22.7062

Initial	Final	Base Case	Error
300	500	1990.8610	-3.6477
1	300	1998.2927	-11.0795
100	400	2018.3812	-31.1679
200	500	2003.5526	-16.3394
1	400	2001.2041	-13.9909
100	500	1991.1713	-3.9581
1	500	2013.6198	-26.4065
Average			-16.1072

ตารางที่ 11 : ตัวอย่างการคำนวณค่าคาดเคลื่อนและค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ย (ช่วงเวลา 1)

ข้อมูลในแถวที่ 1 Initial เท่ากับ 1 Final เท่ากับ 100 Base Case เท่ากับ 1996.9635 และ Error เท่ากับ -9.7503 หมายความว่าผลการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตโดยใช้ข้อมูลระหว่าง 500 วัน ก่อนเวลาวิกฤตถึง 400วันก่อนเวลาวิกฤตเท่ากับ 1996.9635 สามารถคำนวณค่าคาดเคลื่อนได้โดยการหาผลต่างระหว่างผลการพยากรณ์กับเวลาวิกฤตจากวิธี CMAX Indicator ซึ่งเท่ากับ -9.7503 ปี และสามารถคำนวณค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยได้โดยการนำค่าคาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ทั้ง 15 ตำแหน่งข้อมูลซึ่งจากตารางที่ 12 จะได้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของกรณี Base Case ในช่วงเวลา 1 เท่ากับ -16.1072 ปี\* ซึ่งจะถูกเปรียบเทียบโดยผลการคำนวณค่าคาดเคลื่อนของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยที่จะได้ Score 1 คะแนนเมื่อค่าคาดเคลื่อนที่ได้มีค่าต่ำกว่ากรณี Base Case

\*ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์  $t_c$  ของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  รวมถึงช่วงเวลาวิกฤตอื่นๆ โดยแบ่งกลุ่มตามช่วงเวลาวิกฤต ถูกแสดงไว้ในภาคผนวก A. ผลการศึกษาเพิ่มเติม

ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  รวมถึงค่า Score รวมของช่วงเวลาดังกล่าวถูกแสดงไว้ในตารางที่ 12

ช่วงเวลา	วันเดือนปี	Base Case	$F_{I5}$		$F_{I6}$		$F_{I8}$	
		Average	Average	Score	Average	Score	Average	Score
1	17/2/1987	-16.10722	-17.41271	6	-15.84649	5	-15.14996*	10
2	20/8/1987	-13.61681	-15.64290	9	-25.34249	6	-11.78962*	9
3	5/1/1988	-18.91489	-13.84406*	11	-27.65538	8	-13.90225	10
4	25/1/1991	-50.58318	-41.50207	11	-37.96116	9	-33.63013*	9
5	17/3/1995	-87.67666	-96.33612	6	-74.36156	9	-56.09731*	9
6	2/7/1997	-70.52523	-36.93050*	10	-50.16974	7	-63.29063	11
7	26/5/2004	-14.82911	-24.58229	6	-17.29169	7	-14.13942*	9
8	23/12/2008	-28.46633	-15.69063	11	-11.07492*	10	-37.16038	8
9	9/9/2013	-20.90643	-20.17202	4	-21.67435	6	-14.53564*	9
10	12/2/2014	-18.04171*	-21.36813	9	-20.45513	11	-19.35243	9
	Total	-33.96676	-30.34814	83	-30.18329	78	-27.90478	93

ตารางที่ 12 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยคิดตามช่วงเวลาที่ได้จากการนิยามวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator สัญลักษณ์ \* ในตารางหมายถึงค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยนั้นๆ มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่นๆ

เมื่อพิจารณาผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ tc, และนำผลการประมาณค่าที่ได้มาหักลบกับวันที่ที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator และแบ่งค่า tc ที่ได้ออกตามช่วงเวลาและทำการเฉลี่ยพบว่าค่าเฉลี่ยค่าคลาดเคลื่อนรวมของข้อมูลทุกช่วงเวลา ของกรณีฐานเท่ากับ -33.9668 ปี กรณีผลลัพธ์ของตัวกรอง FL5 เท่ากับ -30.3481 ปี FL6 เท่ากับ -30.1833 ปี และ กรณีผลลัพธ์ของตัวกรอง FL8 เท่ากับ -27.9048 ปี และค่าคะแนนรวมของ ตัวกรอง FL5 เท่ากับ 83 คะแนน FL6 เท่ากับ 78 คะแนน และตัวกรอง FL8 เท่ากับ 93 คะแนน จาก 150 คะแนน คิดเป็น 50% และ 62% ตามลำดับ และสามารถอธิบายตารางที่ 13 ได้ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 ซึ่งตรงกับวันที่ 17 กุมภาพันธ์ ค.ศ.1987 ตัวกรอง FL8 มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -15.14996 ปี โดยได้คะแนน 10 จาก 15 คะแนน ซึ่งหมายความว่าจากการพยากรณ์ทั้ง 15 ตำแหน่งข้อมูลตามที่ยกตัวอย่างในตารางที่ 12 ตัวกรอง FL8 มีค่าคาดเคลื่อนต่ำกว่ากรณีฐานถึง 10 ตำแหน่งข้อมูล

ช่วงเวลาที่ 2 ซึ่งตรงกับวันที่ 20 สิงหาคม ค.ศ.1987 ตัวกรอง FL8 มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -11.78962 ปี โดยได้คะแนน 9 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 3 ซึ่งตรงกับวันที่ 5 มกราคม ค.ศ.1988 ตัวกรอง FL5 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -13.84406 ปี โดยได้คะแนน 11 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 4 ซึ่งตรงกับวันที่ 25 มกราคม ค.ศ.1991 ตัวกรอง FL8 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -33.63013 ปี โดยได้คะแนน 9 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 5 ซึ่งตรงกับวันที่ 17 มีนาคม ค.ศ.1995 ตัวกรอง FL8 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -56.09731 ปี โดยได้คะแนน 9 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 6 ซึ่งตรงกับวันที่ 2 กรกฎาคม ค.ศ.1997 ตัวกรอง FL5 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -36.93050 ปี โดยได้คะแนน 10 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 7 ซึ่งตรงกับวันที่ 26 พฤษภาคม ค.ศ.2004 ตัวกรอง FL8 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -14.13942 ปี โดยได้คะแนน 9 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 8 ซึ่งตรงกับวันที่ 23 ธันวาคม ค.ศ.2008 ตัวกรอง FL6 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -11.07492 ปี โดยได้คะแนน 10 จาก 15 คะแนน

ช่วงเวลาที่ 9 ซึ่งตรงกับวันที่ 9 กันยายน 2013 ค.ศ.2008 ตัวกรอง FL6 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -14.53564 ปี โดยได้คะแนน 9 จาก 15 คะแนน

และช่วงเวลาที่ 10 ซึ่งตรงกับวันที่ 12 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2014 ไม่มีตัวกรองใดที่ให้ค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่ากรณี Base Case

ตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 1 ถึง ช่วงเวลาที่ 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าขาดเคลื่อนในแต่ละช่วงเวลาของตัวกรอง FL5 ต่ำที่สุด ทั้งสิ้น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาที่ 3 และ 6 FL6 ต่ำที่สุด ทั้งสิ้น 1 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาที่ 8 และตัวกรอง FL8 ต่ำที่สุด ทั้งสิ้น 7 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาที่ 1, 2, 4, 5, 7, และ 9 โดยช่วงเวลาที่ 10 ตัวกรองทั้ง 3 ให้ค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีฐาน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยค่าขาดเคลื่อนตัวกรอง FL8 มีผลที่ดีที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแยกในแต่ละช่วงเวลาพบว่าในแต่ละช่วงเวลาตัวกรองที่มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด ไม่จำเป็นที่จะต้อง มี Score สูงสุดเสมอไปตัวอย่างเช่น

ช่วงเวลาที่ 4 ตัวกรอง FL8 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ตัวกรอง FL5 มีค่า Score ที่สูงที่สุด

ช่วงเวลาที่ 6 ตัวกรอง FL6 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ตัวกรอง FL8 มีค่า Score ที่สูงที่สุด

ช่วงเวลาที่ 8 ตัวกรอง FL6 มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ตัวกรอง FL5 มีค่า Score ที่สูงที่สุด

ช่วงเวลาที่ 10 กรณี Base Case มีค่าขาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ตัวกรอง FL6 มีค่า Score ที่สูงที่สุด

ดังนั้นจึงไม่อาจให้ข้อสรุปว่าตัวกรองใดมีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดและเป็นตัวแทนของดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนจึงจะทำการพิจารณาผลการศึกษาดังกล่าวด้วยวิธีแบ่งตามค่าเฉลี่ยของตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวกรองเมื่อแบ่งตามช่วงเวลา มีความเกาะกลุ่มและไม่สามารถบอกได้ชัดเจนถึงรูปแบบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

#### 4.2 ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์

เมื่อทำการแบ่งผลการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตหรือค่าพารามิเตอร์  $t_c$  ตามช่วงข้อมูลที่ใช้ดังตารางที่ 14 ซึ่งประกอบไปด้วยช่วงเวลาวิกฤตที่ได้จากนิยามวิกฤตจากวิธี CMAX Indicator และผลการแปลงช่วงเวลา

ช่วงเวลาที่	วันที่	ผลการแปลงช่วงเวลา
1	17/2/1987	1987.213242
2	20/8/1987	1987.721461
3	5/1/1988	1988.097032
4	25/1/1991	1991.151826
5	17/3/1995	1995.296575
6	2/7/1997	1997.588813
7	26/5/2004	2004.4879
8	23/12/2008	2009.063014
9	9/9/2013	2013.774658
10	12/2/2014	2014.199543

ตารางที่ 13 : ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาจากการนิยามวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator

ซึ่งค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ Base Case แบ่งโดยช่วงข้อมูลระหว่าง ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 หรือ 500ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึง 400ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 14

ช่วงเวลา	Base Case	Error
1	1996.963535	-9.7503
2	2003.380946	-15.6595
3	2022.167677	-34.0706
4	2085.481417	-94.3296
5	2180.24921	-184.9526
6	2072.18618	-74.5974
7	2022.556883	-18.0690
8	2047.321625	-38.2586
9	2020.743644	-6.9690
10	2031.324037	-17.1245
	<b>Average</b>	-49.3781

ตารางที่ 14 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ Base Case ในช่วงข้อมูลตัวที่ 1 – 100

\*ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์  $t_c$  ของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  รวมถึงช่วงเวลาวิกฤตอื่นๆ โดยแบ่งกลุ่มตามช่วงข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ ถูกแสดงไว้ในภาคผนวก A. ผลการศึกษาเพิ่มเติม

เมื่อนำค่า  $t_c$  ที่ได้จากการพยากรณ์ของกรณี Base Case ในตารางที่ 14 มาหาผลต่างเทียบกับค่าเวลาวิกฤตที่ได้จากการนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator จะทำให้ได้ค่าคาดเคลื่อน (Error) และสามารถหาค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการแบ่งตามกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ ดังที่แสดงในตารางที่ 14 ซึ่งค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลอื่นๆ ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 15

			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 15 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา  
โดยเรียงตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

โดยแถวที่ 1 Initial เท่ากับ 1 Final เท่ากับ 100 หมายถึงใช้ข้อมูลระหว่าง 500 วันก่อนหน้า เวลาวิกฤตถึง 400 วันก่อนหน้าเวลาวิกฤต เป็นข้อมูลชนิด Long – Term กรณี Base Case มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ -49.3781 ปี กรณีตัวกรอง  $F_{15}$  มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ -21.1257 ปี และในช่วงข้อมูลตำแหน่งที่ 1 – 100 ให้ค่าคาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าค่าคาดเคลื่อนของกรณี Base Case ทั้งสิ้น 6 จาก 10 ช่วงเวลา ตัวกรอง  $F_{16}$  มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ -28.7181 ปี และในช่วงข้อมูลตำแหน่งที่ 1 – 100 ตัวกรอง  $F_{15}$  ให้ค่าคาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าค่าคาดเคลื่อนของกรณี Base Case ทั้งสิ้น 5 จาก 10 ช่วงเวลา และตัวกรอง  $F_{18}$  มีค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ -37.6599 ปี และในช่วงข้อมูลตำแหน่งที่

1 – 100 ตัวกรอง  $F_{15}$  ให้ค่าคาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าค่าคาดเคลื่อนของกรณี Base Case ทั้งสิ้น 8 จาก 10 ช่วงเวลา

ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการพิจารณาผลการศึกษาก็จัดเรียงแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้และผลรวมของคะแนนตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  จากค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยไปหามากและเรียงตามลำดับ Score ของตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  ดังตารางต่อไปนี้



			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 16 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter)  $F_{15}$  จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก

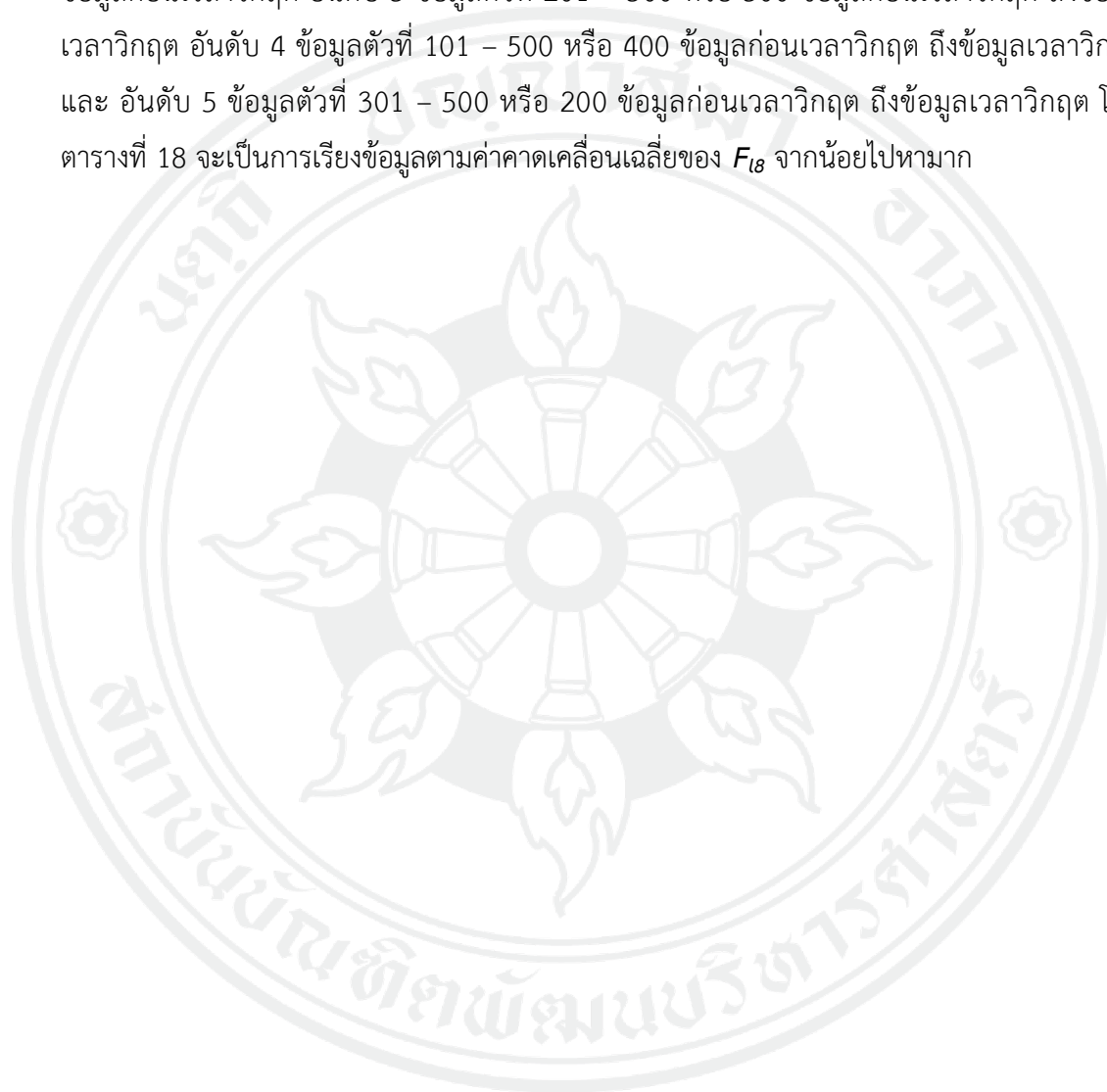
จากตารางที่ 16 เมื่อเรียงข้อมูลตามค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ  $F_{15}$  จากน้อยไปหามากพบว่า 4 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Long – Term หรือเป็นช่วงเวลาที่ห่างจากเวลาวิกฤตที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1 ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 2 ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 3 ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูลตัวที่ 1

- 100 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต และ อันดับ 5 ข้อมูลตัวที่ 1 - 400 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึง 100 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต โดยตารางที่ 18 จะเป็นการเรียงข้อมูลตามค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ  $F_{16}$  จากน้อยไปหามาก

Initial	Final		Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
			Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 17 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter)  $F_{16}$  จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก

จากการสังเกตพบว่า 4 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Short – Term หรือเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงช่วงเวลาวิกฤตที่ถูกละเลาะด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1 ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 2 ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 100 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 3 ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงข้อมูลเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงข้อมูลเวลาวิกฤต และ อันดับ 5 ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงข้อมูลเวลาวิกฤต โดยตารางที่ 18 จะเป็นการเรียงข้อมูลตามค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ  $F_{18}$  จากน้อยไปหามาก



			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 18 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter)  $F_{18}$  จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก

จากการสังเกตพบว่า 3 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Long – Term หรือเป็นช่วงเวลาใกล้ช่วงเวลาที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1 ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 2 ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง ข้อมูลเวลาวิกฤต อันดับ 3 ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงข้อมูลเวลาวิกฤต

และ อันดับ 5 ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต จากตารางที่ 17 18 และ 19 ยังไม่สามารถให้ข้อสรุปที่ชัดเจนได้ จึงทำการจัดเรียงข้อมูลตาม ผลรวม ของคะแนนตามตำแหน่งข้อมูลของตัวกรอง  $F_{15}$  จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย ดังตารางที่ 19

Initial	Final		Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
			Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 19 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter)  $F_{15}$  จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย

จากตารางที่ 19 เมื่อเรียงข้อมูลตามค่าคะแนนของ  $F_{15}$  จากน้อยไปหามากพบว่า 4 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Long – Term หรือเป็น ช่วงเวลาที่ห่างจากเวลาวิกฤตที่ถุกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1

ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 2  
ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 3  
ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูล  
ตัวที่ 301 – 400 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 100 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต และ อันดับ 5  
ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึง 100 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต โดยพบว่า 3 จาก 5  
อันดับตรงกับ 5 อันดับแรกของการเรียงตามค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยของ  $F_{15}$  จากน้อยไปหามาก

Initial	Final		Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
			Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 20 : ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา  
โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter)  $F_{16}$  จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย

จากตารางที่ 20 เมื่อเรียงข้อมูลตามค่าคะแนนของ  $F_{16}$  จากน้อยไปหามากพบว่า 4 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Short – Term หรือเป็นช่วงเวลาที่ใกล้ช่วงเวลาวิกฤตที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1 ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 100 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 2 ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงเวลาวิกฤต อันดับ 3 ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงเวลาวิกฤต และ อันดับ 5 ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึงเวลาวิกฤต



			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
1	500	ST	-43.4160	-23.0956	6	-30.6441	7	-20.2489	9
301	500	ST	-29.2754	-22.8670	6	-22.4824	6	-19.8015	8
1	100	LT	-49.3781	-21.1257	6	-28.7181	5	-37.6599	8
201	500	ST	-31.8201	-22.6241	5	-21.1782	6	-16.3590	7
101	500	ST	-20.0165	-24.2168	4	-21.3297	5	-22.3878	7
401	500	ST	-37.6696	-41.8266	5	-42.3940	4	-29.9054	7
101	200	LT	-66.6493	-31.0480	8	-44.4368	6	-57.8263	6
101	300	LT	-16.7841	-11.7970	8	-25.7878	5	-14.1973	6
1	300	LT	-26.5837	-20.9066	7	-18.0441	5	-20.0124	6
1	400	ST	-29.1924	-22.4578	4	-27.5874	5	-26.4180	6
301	400	ST	-53.5890	-67.7111	7	-45.7911	4	-32.8782	6
201	300	LT	-25.1894	-30.8752	2	-33.1386	2	-34.9219	5
201	400	ST	-34.6712	-59.2445	6	-18.8960	8	-40.0751	4
101	400	ST	-26.9303	-36.6012	5	-33.6073	5	-27.1145	4
1	200	LT	-18.3362	-18.8251	4	-38.7138	5	-18.7654	4
<b>Total</b>			-33.9668	-30.3481	83	-30.1833	78	-27.9048	93

ตารางที่ 21 : ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างแต่ละช่วงเวลาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter)  $F_{18}$  จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย

จากตารางที่ 21 เมื่อเรียงข้อมูลตามค่าคะแนนของ  $F_{18}$  จากน้อยไปหามากพบว่า 4 จาก 5 อันดับแรกของกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำ เป็นชุดข้อมูลที่เป็นชนิด Short – Term หรือเป็นเวลาที่ใกล้ช่วงเวลาวิกฤตที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator อันประกอบไปด้วย อันดับ 1 ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงเวลาวิกฤต อันดับ 2 ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงเวลาวิกฤต อันดับ 3 ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 หรือ 500 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึง 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต อันดับ 4 ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤต ถึงเวลาวิกฤต และ อันดับ 5 ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเวลาวิกฤตถึงเวลาวิกฤต

ต่อมาเมื่อทำการพิจารณาผลการศึกษาโดยแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ออกเป็น Short – term และ Long - term

			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
1	100	LT	-49.37810916	-21.12567398	6	-28.71808381	5	-37.65989278	8
1	200	LT	-18.33623187	-18.82510519	4	-38.71377544	5	-18.76540261	4
1	300	LT	-26.58369533	-20.90656273	7	-18.04409476	5	-20.01241254	6
101	200	LT	-66.64932504	-31.04799317	8	-44.43681615	6	-57.82634203	6
101	300	LT	-16.7840631	-11.79695117	8	-25.78781477	5	-14.19725314	6
201	300	LT	-25.18937046	-30.87519124	2	-33.13858581	2	-34.92193515	5
<b>Total</b>			-33.8201	-22.4296	5.8333	-31.4732	4.6667	-30.5639	5.8333

ตารางที่ 22 : ผลการศึกษาโดยแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์  
ออกเป็น Long - term

			Base Case	$F_{15}$		$F_{16}$		$F_{18}$	
Initial	Final		Average Error	Average Error	Score	Average Error	Score	Average Error	Score
1	400	ST	-29.19238335	-22.45777701	4	-27.58743204	5	-26.4179704	6
1	500	ST	-43.41604091	-23.09556819	6	-30.64407377	7	-20.2489462	9
101	400	ST	-26.93031072	-36.60122844	5	-33.60734269	5	-27.11449235	4
101	500	ST	-20.01646685	-24.21677242	4	-21.32971167	5	-22.38775437	7
201	400	ST	-34.67118233	-59.24449866	6	-18.89598615	8	-40.07506945	4
201	500	ST	-31.8201189	-22.62409919	5	-21.17821618	6	-16.35901789	7
301	400	ST	-53.58904306	-67.71112664	7	-45.79105853	4	-32.87824564	6
301	500	ST	-29.27537046	-22.86698059	6	-22.48240047	6	-19.80153455	8
401	500	ST	-37.66964795	-41.82660305	5	-42.39395491	4	-29.90538598	7
Total			-34.06450717	-35.6271838	5.333	-29.32335294	5.556	-26.13204631	6.444

ตารางที่ 23 : ผลการศึกษาโดยแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์  
ออกเป็น Short - term

จากตารางที่ 22 และ 23 พบว่าเมื่อทำการแบ่งผลออกเป็น Short - term และ Long - term พบว่าข้อมูลชนิด Short - term ตัวกรอง  $F_{18}$  มีค่าเฉลี่ยของค่าคาดเคลื่อนต่ำที่สุด เท่ากับ - 22.4296 ปี ในขณะที่ข้อมูลชนิด Long - term ตัวกรอง  $F_{15}$  มีค่าเฉลี่ยของค่าคาดเคลื่อนต่ำที่สุด เท่ากับ - 22.4296 ปี ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 19, 20 และ 21 จึงได้ทำการสรุปว่าข้อมูลที่ได้จากตัวกรอง  $F_{15}$  เป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ในระยะยาว ในขณะที่ตัวกรอง  $F_{18}$  เป็นดัชนีชี้วัดฟองสบู่ในระยะสั้น

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษาการคัดเลือกตัวกรองที่ใช้ในการทดสอบ

จากการศึกษาในหัวข้อที่ 3.4 พบว่าเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการนำข้อมูลตั้งต้น, *ราคาหุ้นสัมพัทธ์* ผ่านตัวกรอง (Filter) ทั้ง 18 ตัวกรองอันได้แก่ ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) อันได้แก่ตัวกรอง  $F_{11}$  - ตัวกรอง  $F_{19}$  และตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) อันได้แก่ตัวกรอง  $F_{h1}$  - ตัวกรอง  $F_{h9}$  จากนั้นนำผลลัพธ์จากตัวกรองดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะมีผลลัพธ์ทั้งสิ้น 18 ชุดข้อมูล ไปทำการทดสอบหา Unit Root และ Cointegration จากนั้นจึงนำมาทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค อันได้แก่ ราคาหุ้นสัมพัทธ์ (ข้อมูลตั้งต้น), ปริมาณเงินทุนไหลออกที่แท้จริง, ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทยที่แท้จริง, รายจ่ายที่แท้จริงของภาครัฐ, ปริมาณเงินลงทุนที่แท้จริง, อัตราเงินเฟ้อ และ อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง พบว่าตัวกรองที่มีค่าคะแนนสูงที่สุดคือตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ได้แก่ตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  โดยเงื่อนไขการให้คะแนนการทดสอบคือ ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรจะต้องมีทิศทางตรงตามทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดฟองสบู่และตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์มหภาพ และ จะต้องผ่านการทดสอบสมมติฐาน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และตัวกรอง  $F_{18}$  มีผลคะแนนการทดสอบเท่ากันที่ 3 คะแนน จาก 7 คะแนน ในขณะที่ตัวกรองชนิดความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) มีคะแนนการทดสอบเท่ากับศูนย์ทุกตัวกรอง

#### 5.2 สรุปผลการศึกษาผลการพยากรณ์ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุด

จากการศึกษาในหัวข้อที่ 4.1 เมื่อนำข้อมูลตั้งต้น, *ราคาหุ้นสัมพัทธ์* มาผ่านตัวกรอง  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลชุดใหม่ 2 ชุด ซึ่งหลังจากนี้จะถูกเรียกว่าดัชนี  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  มาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ผ่านแบบจำลอง Log – Periodic Power Law (LPPL) ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยพารามิเตอร์สำคัญที่ได้จากการประมาณค่าจะประกอบไปด้วย ราคาหุ้นสัมพัทธ์พื้นฐาน (Fundamental Value of Relative SET Index), อัตราความเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Trend of Relative SET Index) และ ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุด (Critical Time) โดยหลังจากนี้จะถูกเรียกว่า “ช่วงเวลาวิกฤต” ในการศึกษารั้งนี้จะเป็นการนำข้อมูลช่วงเวลาวิกฤตมาใช้เป็นตัวชี้วัดในการพิจารณาผลของการศึกษา โดยผลการศึกษาถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามการจำแนกผลการศึกษา อันประกอบไปด้วย

ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาการเกิดวิกฤตที่ถูกจำแนกวิกฤตที่เกิดด้วยวิธี CMAX และ ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

เมื่อนำวันที่เกิดวิกฤตอันเป็นการจำแนกวิกฤตด้วยวิธี CMAX เป็นตัวตั้ง จากนั้นทำการคำนวณหาค่าคลาดเคลื่อน ที่เกิดขึ้นจากการประมาณค่าช่วงเวลาวิกฤตโดยข้ามการพิจารณาเรื่องตำแหน่งของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่า อันซึ่งจะถูกนำมาพิจารณาในผลการศึกษาลัดไป โดยการนำช่วงเวลาวิกฤตที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์มาหักลบกับวันที่ที่ถูกพิจารณาว่าเป็นวิกฤต พบว่าเมื่อใช้ข้อมูลตั้งต้น, *ราคาหุ้นสัมพัทธ์* ในการประมาณค่าช่วงเวลาวิกฤตนั้นมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ -33.9668 ปี ในขณะที่เมื่อนำดัชนี  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  มาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์จะมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ -30.3481 ปี, -30.1833 ปี และ -27.9048 ปีตามลำดับ และเมื่อทำการพิจารณาผลคะแนนของดัชนี  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนโดยจะให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนนเมื่อผลการประมาณช่วงเวลาวิกฤตของตัวกรองนั้น ๆ มีค่าคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาใด ๆ น้อยกว่าผลการประมาณช่วงเวลาวิกฤตจากข้อมูลตั้งต้น พบว่าจากการประมาณค่าเวลาวิกฤตทุกช่วงเวลารวมทั้งสิ้น 150 ครั้ง ดัชนี  $F_{15}$  มีผลการประมาณค่าเวลาวิกฤตที่ดีกว่าข้อมูลตั้งต้นทั้งสิ้น 83 ครั้ง คิดเป็นอัตราร้อยละ 55.33 ดัชนี  $F_{16}$  ดีกว่าทั้งสิ้น 78 ครั้ง คิดเป็นอัตราร้อยละ 52.00 ในขณะที่ข้อมูลชุด  $F_{18}$  มีผลการประมาณค่าเวลาวิกฤตที่ดีกว่าข้อมูลตั้งต้นทั้งสิ้น 93 ครั้ง คิดเป็นอัตราร้อยละ 62 และยังพบว่าเมื่อแยกพิจารณาออกเป็นช่วงข้อมูลระยะสั้นและระยะยาวพบว่า เมื่อใช้ข้อมูลระยะสั้นดัชนี  $F_{18}$  มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -26.1320 ปี ในขณะที่เมื่อใช้ข้อมูลระยะยาวดัชนี  $F_{15}$  มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ -22.4296 ปี จึงสรุปว่าดัชนี  $F_{18}$  เหมาะสมแก่การใช้เพื่อพิจารณาฟองสบู่ในระยะสั้นเนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมต่ำที่สุด ในขณะที่  $F_{15}$  เหมาะแก่การใช้เพื่อเฝ้าและระวังการก่อตัวของฟองสบู่

โดยดัชนีในระยะยาวจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบของคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า 0.5 หรือกล่าวได้ว่าเป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก ซึ่งจะเป็นดัชนีที่จะบ่งบอกถึงแนวโน้มของ Rational Bubbles ในขณะที่ดัชนีในระยะสั้นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบของคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า 0.8 หรือกล่าวได้ว่าดัชนีดังกล่าวมีองค์ประกอบของดัชนีระยะยาวอยู่ด้วยประกอบกับความถี่ที่สูงขึ้นหรือมีความยาวคลื่นที่ต่ำลง ซึ่งจะทำให้ดัชนีระยะสั้นรวมความผันผวนที่เกิดขึ้นเข้าไปด้วย ดังนั้นผู้กำหนดนโยบาย นักลงทุน หรือผู้ที่มีความสนใจและใกล้ชิดกับฟองสบู่ควรที่จะให้ความสนใจดัชนีชี้วัดฟองสบู่ทั้งในระยะยาวและระยะสั้นเพื่อที่จะสามารถเฝ้าระวังและกำหนดทิศทางในการดำเนินงานให้เกิดผลดียิ่งขึ้น

### 5.3 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

จากการสรุปผลการศึกษาในหัวข้อก่อนหน้าพบว่าตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ที่มี Normalized Frequency ที่ผ่านได้อยู่ระหว่าง 0 – 0.5 และ 0 – 0.8 ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่เข้าได้กับนิยามทฤษฎีของดัชนีชี้วัดฟองสบู่ อีกทั้งยังให้ผลการประมาณค่าเวลาวิกฤตที่แม่นยำขึ้นนั้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยตัวกรองดังกล่าวนั้นจะคัดแยกองค์ประกอบความถี่สูง ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.5 – 1 และ 0.8 – 1 ออกซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าองค์ประกอบความถี่ในช่วงดังกล่าวอาจถือได้ว่ามีความเป็นคลื่นรบกวน (Noise) ซึ่งการตีความในด้านขององค์ประกอบคลื่นนั้น การที่คลื่นใด ๆ มีองค์ประกอบอยู่ในช่วงความถี่ต่ำมาก (มีกำลังสูง) กว่าองค์ประกอบในช่วงความถี่สูง หมายความว่าผลกระทบในระยะยาวขึ้นอยู่กับองค์ประกอบคลื่นในช่วงความถี่ต่ำ ในขณะที่องค์ประกอบคลื่นในช่วงความถี่สูงจะส่งผลกระทบในระยะสั้น ๆ และมีกำลังต่ำ ดังนั้นการที่ตัวกรองดังกล่าวจะคัดกรองความถี่ซึ่งถูกตีความทางทฤษฎีว่ามีผลกระทบ(กำลัง)น้อยและมีความเป็นคลื่นรบกวนจึงสมเหตุและสมผลต่อการที่จะทำให้การประมาณค่ามีความแม่นยำสูงขึ้น

อีกทั้งค่า Normalized Frequency นั้นซึ่งอยู่ระหว่าง 0 – 1 เป็นค่าความถี่ที่ได้จากการ Normalized ณ ช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่ง ซึ่งค่าความถี่ที่นอกเหนือจากค่าความถี่ดังกล่าวจะถูกตัดทิ้ง (Cut – off) โดยในการพิจารณาถึงระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้น เนื่องจากรูปแบบขององค์ประกอบความถี่ของข้อมูลประเภทดัชนีหลักทรัพย์ ราคาสินทรัพย์นั้นเป็นรูปแบบที่เมื่อความถี่เพิ่มสูงขึ้น กำลังจะลดลงเรื่อย ๆ ต่อเนื่อง ดังนั้นจากการคำนวณค่ากำลัง (Magnitude) ที่ลดลงขององค์ประกอบความถี่ที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ พบว่า ณ ค่า Normalized Frequency ที่สูงกว่า 1 นั้นมีผลกระทบต่อข้อมูลใน Time – Domain ต่ำกว่า  $10^{-5}$  ดังนั้นการตัดทอนช่วงความถี่ดังกล่าวออกไปทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่รับได้

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาในบทที่ 4 พบว่าผลการประมาณค่าพารามิเตอร์หรือการพยากรณ์เวลาวิกฤตนั้นในบางกรณีมีค่าคาดเคลื่อนสูงและมีระยะเวลาวิกฤตที่ไกลออกไปมาก เมื่อทำการพิจารณาค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ได้จากการประมาณค่านอกจากค่าเวลาวิกฤต เช่น มูลค่าพื้นฐานของราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Fundamental Value of Relative SET Index) รวมถึงระดับความชันหรืออัตราความเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นสัมพัทธ์ (Trend of Relative SET Index) พบว่าในส่วนผลพยากรณ์ที่มีค่าคาดเคลื่อนสูงนั้น มีระดับความชันต่ำเนื่องจากถูกแบบจำลองพิจารณาว่ามีความเป็นสภาวะฟองสบู่ที่เกิดขึ้นจากราคาพื้นฐาน ซึ่งมีอัตราการเติบโตต่ำจึงทำให้ระยะเวลาวิกฤตไกลออกไป อีกทั้งการที่ค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์มีค่าอยู่ในช่วงลบเนื่องจากแบบจำลอง Log – Periodic Power Law (LPPL) นั้นเป็นการพยากรณ์ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงที่สุด โดยช่วงเวลาก่อนหน้าสามารถเกิดวิกฤตขึ้นเมื่อใดก็ได้ ณ ระดับความน่าจะเป็นนั้น ๆ อีกทั้งประกอบกับ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ตัดสินใจเลือกใช้ตัวแปรที่แท้จริง (Real Variables) จึงอาจก่อให้เกิดความคาดเคลื่อนที่ยังคงสูงอยู่

#### 5.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับการศึกษาที่ผ่านมา

ในการศึกษาที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับระบบการเตือนภัยล่วงหน้าทางการเงิน (Early Warning System: EWSs) ซึ่ง ทิพวรรณ (2013) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองดังกล่าว โดยในการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างกลุ่ม Parametric และ Non – Parametric Approach ซึ่งพบว่าแบบจำลองกลุ่ม Parametric Approach ซึ่งใช้วิธี Logit โมเดล โดยมีดัชนีชี้้นำสำคัญคือ

- 1) สัดส่วนดุลบัญชีเดินสะพัดต่อ GDP
- 2) สัดส่วนปริมาณเงินต่อเงินสำรองทางการ
- 3) การเปลี่ยนแปลงของเงินสำรองทางการ

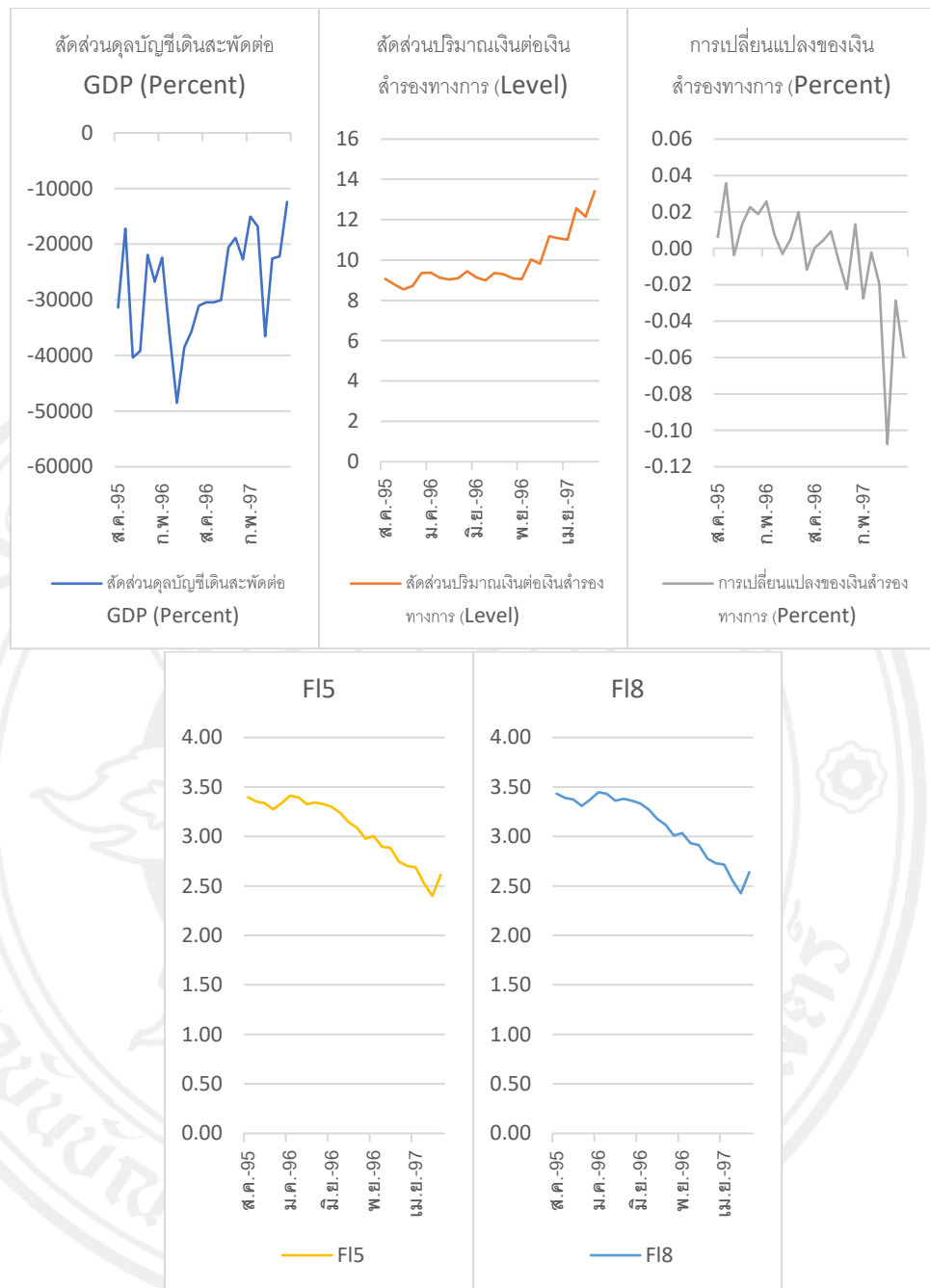
และใช้ข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม ค.ศ.1994 ถึงเดือนตุลาคม ค.ศ.2013

พบว่าในช่วงขอบเขตของข้อมูลมีวิกฤตทางการเงินครั้งใหญ่เกิดขึ้นจริง 3 ครั้งได้แก่ วิกฤตต้มยำกุ้งในปี 1997, วิกฤตซับไพร์มในปี 2008 และ วิกฤตทางการเงินในประเทศไซปรัสในปี 2013 โดยในงานศึกษาดังกล่าว พบว่าสัดส่วนดุลบัญชีเดินสะพัดต่อ GDP มีค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง Logit เท่ากับ  $-0.47$  ซึ่งหมายความว่า การลดต่ำลงของสัดส่วนดุลบัญชีเดินสะพัดต่อ GDP มีส่วนทำให้มีโอกาสส่งสัญญาณการเกิดวิกฤตเพิ่มขึ้น ในขณะที่ สัดส่วนปริมาณเงินต่อเงินสำรองทางการ มีค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง Logit เท่ากับ  $3.21$  ซึ่งหมายความว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนปริมาณเงินต่อเงินสำรองทางการ มีส่วนทำให้มีโอกาสส่งสัญญาณการเกิดวิกฤตเพิ่มขึ้น และ อัตราความเปลี่ยนแปลงของเงินสำรองทางการ มีค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง Logit เท่ากับ  $-0.09$  ซึ่งหมายความว่า การลดต่ำลงของอัตราความเปลี่ยนแปลงของเงินสำรองทางการมีส่วนทำให้มีโอกาสส่งสัญญาณการเกิดวิกฤตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อทำการนำดัชนีชี้นำในการศึกษาดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ในช่วงเวลาเดียวกันดังภาพที่ 14, ภาพที่ 15 และ ภาพที่ 16

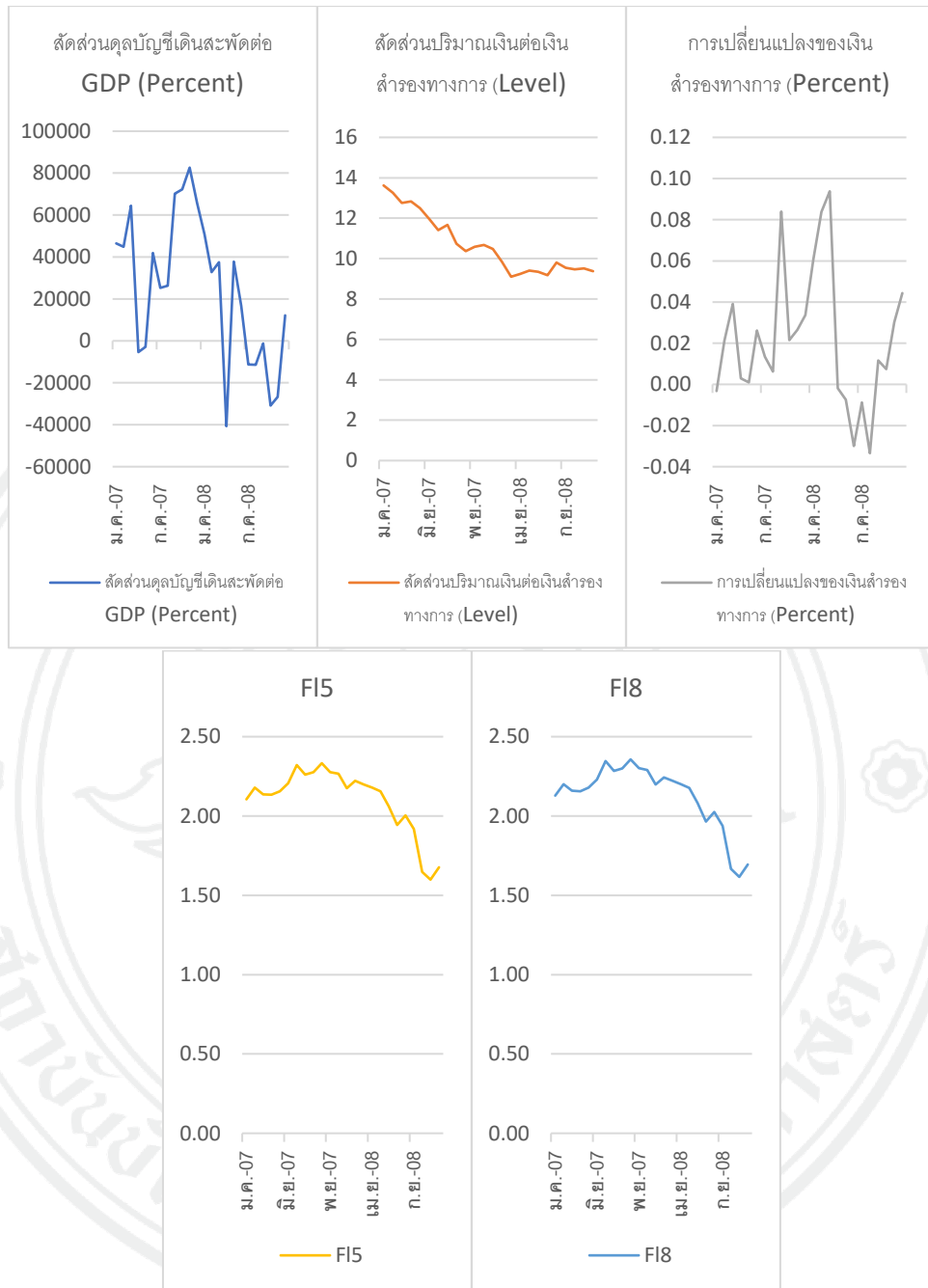
อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วงวิกฤตต้มยำกุ้งในปี 1997 ดัชนีชี้นำทั้ง 3 มีการส่งสัญญาณเตือนอย่างถูกต้อง ในขณะที่ดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  แสดงให้เห็นว่าในช่วงก่อนหน้าการเกิดวิกฤตมีฟองสบู่อยู่ในระดับสูงและปรับตัวลงเมื่อเกิดวิกฤตหรือฟองสบู่แตก (Bubbles Burst) ดังภาพที่ 14 ต่อมาในวิกฤตซับไพร์มในปี 2008 พบว่าดัชนีชี้นำทั้ง 3 ไม่มีความชัดเจนในส่งสัญญาณเตือน ในขณะที่ดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  แสดงให้เห็นว่าในช่วงก่อนหน้าการเกิดวิกฤตมีการปรับตัวขึ้นของฟองสบู่เมื่อ

เทียบกับช่วงเวลาก่อนหน้า ก่อนที่จะตกในช่วงวิกฤต ดังภาพที่ 15 และวิกฤตทางการเงินในประเทศ  
ไซปรัสในปี 2013 มีเพียงสัดส่วนคืบคลานขึ้นเล็กน้อยต่อ GDP ที่มีการส่งสัญญาณเตือนอย่างชัดเจน  
ก่อนการเกิดวิกฤต ในขณะที่ สัดส่วนปริมาณเงินต่อเงินสำรองทางการและอัตราการเปลี่ยนแปลงของ  
เงินสำรองทางการไม่มีการส่งสัญญาณเตือนในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ตามดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  
 $F_{18}$  แสดงให้เห็นว่าฟองสบู่มีการปรับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยก่อนที่จะลดลงเมื่อเกิดวิกฤต ดังภาพที่ 16 ซึ่ง  
แสดงให้เห็นว่าดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  มีประสิทธิภาพในการชี้วัดฟองสบู่ในช่วงวิกฤตได้

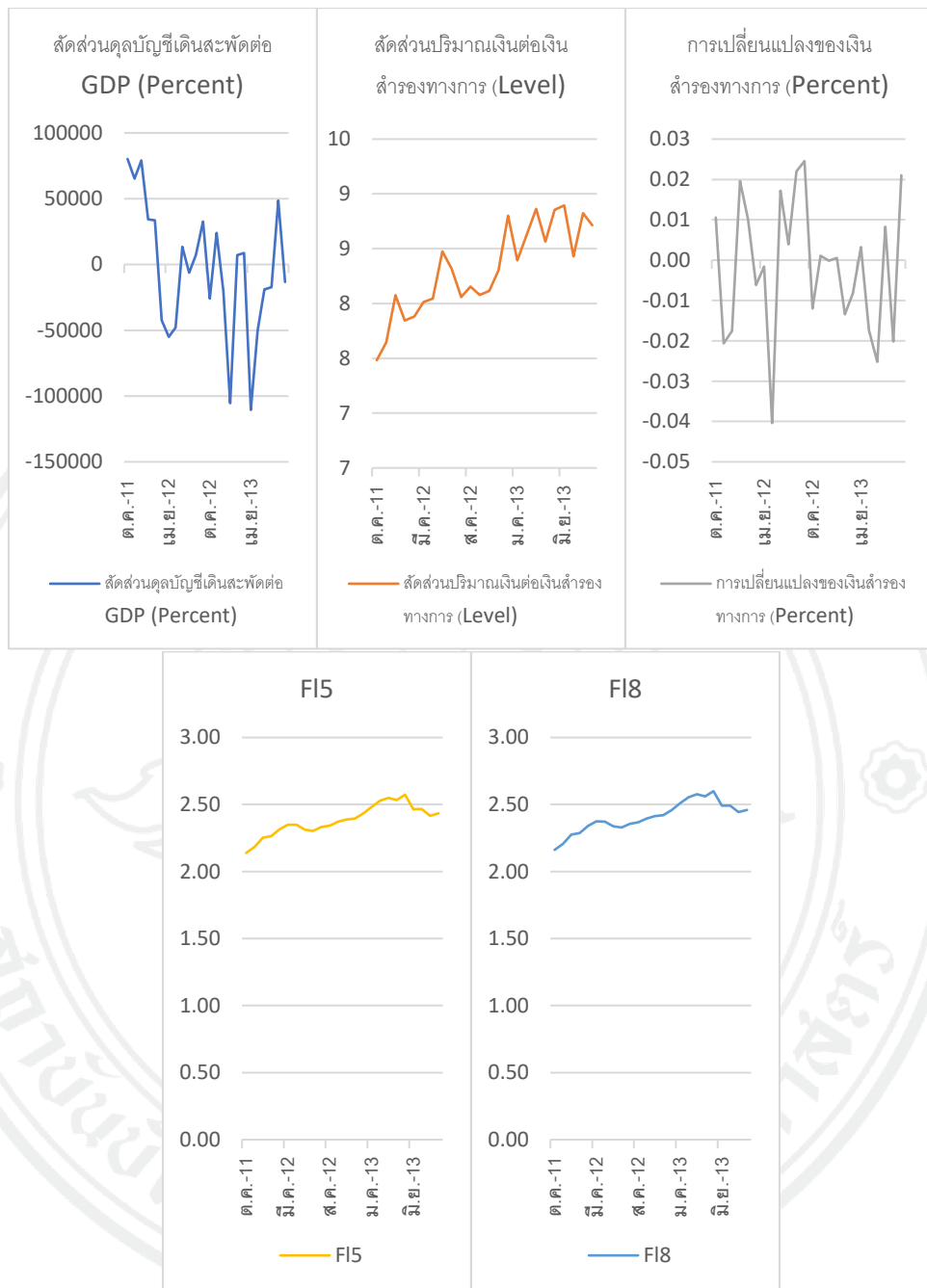




ภาพที่ 14 : ดัชนีชี้แจงจากงานศึกษาของทีพวรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนสิงหาคม ปี 1995 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 1997



ภาพที่ 15 : ดัชนีชี้้นำจากงานศึกษาของทิพวรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนมกราคม ปี 2007 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2008



ภาพที่ 16 : ดัชนีชี้วัดจากงานศึกษาของทิววรรณ (2013) และดัชนีฟองสบู่  $F_{15}$  และ  $F_{18}$  ระหว่างเดือนตุลาคม ปี 2011 ถึงเดือนกันยายน ปี 2013

## 5.5 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ในการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤต เมื่อผลการพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้นย่อมส่งผลต่อการศึกษารวมถึงการเผื่อระวัง จากผลการศึกษาพบว่าดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{18}$  เหมาะสำหรับการพยากรณ์ในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยมีดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{15}$  ที่เหมาะกับการพยากรณ์ล่วงหน้าในระยะไกลก่อนเกิดวิกฤต อย่างไรก็ตามนอกจากการคาดการณ์ผลจากการพยากรณ์ สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญและเผื่อระวัง คือ การรักษาเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ การรักษาระดับราคาสินทรัพย์ให้มีเสถียรภาพ

ในการรับมือกับความผันผวนทางเศรษฐกิจที่อาจเกิดขึ้น สามารถสร้างเสริมความพร้อมดังกล่าวได้โดย การสร้างความเข้มแข็งให้แก่สถาบันทางการเงิน พัฒนาตลาดทุนโดยการสร้าง – ส่งเสริมเครื่องมือในการกระจายความเสี่ยง พัฒนาการความรู้รวมถึงการกระจายข่าวสารให้นักลงทุนรายย่อย เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมทั้งในภาพรวมและนักลงทุนรายย่อยให้พร้อมต่อช่วงเวลาที่อาจเกิดวิกฤตได้

การรักษาเสถียรภาพของระดับราคานั้นสามารถทำได้โดยการดำเนินนโยบายทางการเงิน เมื่ออัตราดอกเบี้ยในระยะยาวมีเสถียรภาพ ย่อมก่อให้เกิดแรงจูงใจในการลงทุนส่งผลให้ในภาพรวมของเศรษฐกิจมีการพัฒนาอย่างยั่งยืน และในการดำเนินนโยบายทางการเงินไม่ควรมุ่งไปที่การปรับตัวของราคาสินทรัพย์ เพราะตัวราคาสินทรัพย์เองนั้นมีความผันผวนสูงอยู่แล้ว แต่ควรให้ความสำคัญที่ระดับการเปลี่ยนแปลงของราคามากกว่า ประกอบกับควรมีการควบคุมการปล่อยสินเชื่อในช่วงที่คาดการณ์ว่าอยู่ในสภาวะฟองสบู่เนื่องจากการปล่อยสินเชื่ออย่างผ่อนคลายเป็นไปในช่วงเวลาดังกล่าว ย่อมก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เลวร้ายกว่าเดิมเมื่อฟองสบู่แตก ในขณะเดียวกันนอกจากการดำเนินนโยบายทางการเงินจากธนาคารแห่งประเทศไทยในส่วนของภาคเอกชนเองก็ควรมีส่วนในการควบคุมปริมาณหนี้ภาคเอกชนให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะไม่สูงจนเกินไป

อย่างไรก็ตามการดำเนินนโยบายควรเป็นไปเพื่อการรักษาเสถียรภาพของเศรษฐกิจมากกว่าที่จะเป็นการส่งเสริมหรือควบคุมขนาดฟองสบู่ควบคู่กับการเผื่อระวังการก่อตัวของฟองสบู่โดยการพิจารณาจากดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{15}$  ซึ่งเหมาะสมในการพยากรณ์ระยะไกลก่อนที่จะเกิดวิกฤต แม้อัตราดังกล่าวจะเหมาะสมแก่การพยากรณ์ระยะไกลก่อนที่จะเกิดวิกฤต แต่ก็ยังมีค่าคาดเคลื่อนที่สูงอยู่ดี ดังนั้นในการพิจารณาควรใช้การพิจารณาควบคู่ไปกับดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{18}$  ที่มีค่าคาดเคลื่อนต่ำและแม่นยำกว่าแต่เหมาะแก่การใช้พยากรณ์ระยะสั้น เนื่องจากในทางทฤษฎีนั้นการคาดการณ์ช่วงเวลาหรือวันที่จะเกิดวิกฤตนั้นเป็นไปได้เลยที่จะมีความแม่นยำ ประกอบกับในการศึกษาฉบับนี้เอง ช่วงเวลาวิกฤตนั้นเป็นเพียงช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงที่สุดเท่านั้น ในช่วงเวลาก่อนหน้าเวลาวิกฤตสามารถเกิดวิกฤตเมื่อใดก็ได้ ณ ระดับความน่าจะเป็นในช่วงเวลานั้น ๆ

เมื่อดัชนีชี้วัดฟองสบู่ทั้งสองเริ่มส่งสัญญาณว่าปัจจุบันเริ่มเข้าใกล้ช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดวิกฤตสูงแล้วหรือกล่าวได้ว่าปัจจุบันฟองสบู่เริ่มก่อตัวแล้ว สิ่งที่กระทรวงการคลังและธนาคารแห่งประเทศไทยควรเกิดการตื่นตัวก็คือ การชะลอความร้อนแรงของเศรษฐกิจ ในส่วนของกระทรวงการคลังควรควบคุมรายจ่ายของรัฐบาล รวมถึงอัตราภาษีเพื่อลดการใช้บริโภค ในขณะที่ธนาคารแห่งประเทศไทยควรใช้เครื่องมืออย่างอัตราดอกเบี้ยและปริมาณเครดิตในการควบคุมปริมาณการลงทุน ในส่วนของสถาบันการเงินเองก็ควรมีส่วนร่วมในการควบคุมปริมาณวงเงินกู้เช่นกัน เพราะจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแม้การที่เศรษฐกิจอยู่ในภาวะฟองสบู่มีความเสี่ยงที่จะเกิดวิกฤตอย่างไรก็ตามฟองสบู่เองก็มีส่วนช่วยในการทำให้เศรษฐกิจเติบโต ดังนั้นการที่จะใช้ดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{IS}$  และ  $F_{IS}$  เพื่อติดตาม ฝ้าระวัง และในการฝ้าระวังและควบคุมฟองสบู่ไม่ใช่แค่หน้าที่ของรัฐ หรือธนาคารแห่งประเทศไทย ในส่วนของภาคเอกชนและครัวเรือนเองก็ควรมีส่วนร่วมในการฝ้าระวังและควบคุมปริมาณหนี้และการใช้จ่ายหากดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการศึกษานี้เริ่มส่งสัญญาณการก่อตัวของฟองสบู่

## 5.6 ข้อจำกัดและแนวทางในการวิจัยในอนาคต

เนื่องจากการศึกษานี้มีข้อจำกัดในด้านของทรัพยากรและเวลาจึงทำให้การออกแบบตัวกรอง (Filter) มีเพียง 18 ตัวกรอง และแยกออกเพียง 2 ชนิด คือ ตัวกรองชนิดความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) และ ตัวกรองชนิดความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) ซึ่งผลการทดลองพบว่าการตัดทอนค่าความถี่ ระหว่าง 0.8 – 1 ออกไปนั้นส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนลดน้อยลง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ นั้นยังมีตัวกรองพื้นฐานอีก 2 ชนิดคือ ตัวกรองชนิดช่วงความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) และตัวกรองชนิดช่วงความถี่หยุด (Band Stop Filter) ซึ่งจะสามารถเลือกความถี่ที่ยอมให้ผ่านและความถี่ที่จะตัดทอนออกไป รวมถึงมีความยืดหยุ่นสูงหากแต่ในการออกแบบตัวกรองชนิดดังกล่าวและนำไปใช้ในการทดสอบ Unit Root Test, Cointegration Test รวมถึงการนำผลลัพธ์ไปประมาณค่าพารามิเตอร์นั้น เพื่อความเป็นระเบียบและความเหมาะสมในการศึกษานั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ทรัพยากรรวมถึงเวลาเป็นอย่างมาก

ในขณะเดียวกันแม้ชนิดของข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษานั้นเป็นราคาหุ้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความชัดเจนรวมถึงสามารถเก็บข้อมูลได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเลือกดัชนีชี้วัดฟองสบู่ในบทที่ 3.4 พบกับข้อจำกัดในเรื่องของความถี่ของข้อมูล ทำให้ในการทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ Rational Bubbles ไม่สามารถแบ่งช่วงเวลาได้ละเอียดนัก ซึ่งฟองสบู่เองก็ไม่ได้ปรากฏในเศรษฐกิจตลอดเวลา ดังนั้นด้วยข้อจำกัดดังกล่าวจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น และทำให้ผลคะแนนออกมาต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

เนื่องจากแบบจำลอง Log – Periodic Power Law (LPPL) นั้นสามารถใช้ข้อมูลตั้งต้นเป็นราคาสินค้าหรือดัชนีใดก็ได้ในรูปของ Logarithm ดังงานศึกษาก่อนหน้าที่ได้กล่าวในบทนำ และในปัจจุบันเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ว่าเงินสกุลดิจิทัลหรือ Cryptocurrency นั้นเป็นสิ่งที่อยู่ในช่วงขาขึ้นและมีความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเงินสกุลดังกล่าวประกอบด้วยหลายสกุลย่อย ซึ่งมีคุณสมบัติในการใช้งานที่แตกต่างกัน เช่น ใช้งานเพื่อทำการแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ ใช้งานเพื่อการทำธุรกรรมด้วยความปลอดภัยระดับสูง หรือ ใช้งานเพื่อการใช้งานทรัพยากร เป็นต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลราคาเบื้องต้นพบว่าเงินสกุลดิจิทัลนั้น มีความผันผวนอยู่ในระดับที่สูงและมีความคิดเห็นจากนักเศรษฐศาสตร์ชื่อดังมากมายว่ามีความเป็นไปได้ว่า ระดับราคาของเงินสกุลดังกล่าวในปัจจุบันมีความใกล้เคียงต่อคุณสมบัติของสภาวะฟองสบู่ ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจึงมีความสนใจใคร่รู้ว่าการนำข้อมูลชนิดดังกล่าวมาทำการศึกษาต่อ แต่อย่างไรก็ตามเงินสกุลดังกล่าวประกอบไปด้วยเงินสกุลย่อยอีกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีปริมาณข้อมูลต่ำอยู่ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ในอนาคตจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์ฟองสบู่ในเงินสกุลดิจิทัลเพิ่มเติมก็เป็นได้

## บรรณานุกรม

- Alberto Martin, และ Jaume Ventura. (2012). Economic Growth with Bubbles. *American Economic Review*, vol. 102(6), 3033-3058.
- Alberto Martin, และ Jaume Ventura. (2016). Managing Credit Bubbles. *Journal of the European Economic Association*, 753-789.
- Angela J. Black, Patricia Fraser, และ Martin Hoesli. (2006). House Prices, Fundamentals and Bubbles. *Journal of Business Finance & Accounting*, Vol. 33, No. 9-10, 1535-1555.
- Aviral Kumar Tiwari, Niyati Bhanja, Arif Billah Dar, และ Faridul Islam. (2015). Time-frequency relationship between share prices and exchange rates in India: Evidence from continuous wavelets. *Empirical Economics*, 699-714.
- Aytan Osmanzade. (2017). *Singular spectrum analysis forecasting for financial time series*. University of Tartu.
- Björn Sjöling. (2012). *Indicators for Bubble Formation in Housing Markets*. Stockholm: Department of Real Estate and Construction Management, KTH Architecture and the Built Environment.
- Camelia Bejan, และ Florin Bidian. (2014). Bubbles and Trading in Incomplete Markets. *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 53.
- Charles Himmelberg, Christopher Mayer, และ Todd Sinai. (2005). Assessing High House Prices: Bubbles, Fundamentals, and Misperceptions. *Journal of Economic Perspectives*, v19(4,Fall), 67-92.
- Chen Li. (2010). *Bubble Detection and Crash Prediction*. University of Amsterdam.
- Christoph Schleicher. (2003). *An Introduction to Wavelets for Economists*. Ottawa: Bank of Canada.
- Daniel Traian Pele, Miruna Marinescu Mazurencu, และ Peter Nijkamp. (2013). *Herding Behaviour, Bubbles and Log Periodic Power Laws in Illiquid Stock Markets: A Case Study on the Bucharest Stock Exchange*.

- Didier Sornette. (2003). Critical Market Crashes. *Physics Reports*, 1-98.
- Didier Sornette. (2009). Dragon-Kings, Black Swans and the Prediction of Crises.
- Didier Sornette, และ Anders Johansen. (2002). Endogenous versus exogenous crashes in financial markets.
- Dieter Gerdesmeier, Hans-Eggert Reimers, และ Barbara Roffia. (2011). *Early warning indicators for asset price booms*.
- Dietrich Schlichthärle. (2000). *Digital Filters: Basics and Design*. Springer.
- Elias Oikarinen. (2009). Household borrowing and metropolitan housing price dynamics – Empirical evidence from Helsinki. *Journal of Housing Economics*, 126-139.
- Emilie Jacobsson. (2009). *How to predict crashes in financial markets with the Log-Periodic Power Law*. Department of Mathematical Statistics, Stockholm University.
- Emmanuel Farhi, และ Jean Tirole. (2012). Bubbly Liquidity. *Review of Economic Studies*, Oxford University Press, vol. 79(2), 678-706.
- Frank Partnoy. (1999). Why Markets Crash and What Law Can Do about It. *U. Pitt. L. Rev*, 741.
- J. Tirole. (1985). Asset Bubbles and Overlapping Generations. *Econometrica*(53(6)), 1499-1528.
- Jan Werner. (2015). Rational Asset Pricing Bubbles and Debt Constraints. *Journal of Mathematical Economics*, 145-152.
- Jesse M. Abraham, และ Patric H. Hendershott. (1996). Bubbles in Metropolitan Housing Markets. *Journal of Housing Research* 7(2), 191-207.
- Jianjun Miao, Pengfei Wang, และ Jing Zhou. (2015). Asset bubbles, collateral, and policy analysis. *Journal of Monetary Economics*, s57-s70.
- Jianjun Miao, และ Pengfei Wang. (2014). Sectoral bubbles, misallocation, and endogenous growth. *Journal of Mathematical Economics*, 153-163.
- Jing Chen. (1998). *When the bubble is going to burst*. Singapore: Department of Finance and Accounting, National University of Singapore.
- Kathryn J. Byun. (2010). The U.S. housing bubble and bust: impacts on employment. *Monthly Labor Review*, 3-17.

- Lucas V. Barbosa. (ม.ป.ป.). *Wikipedia*. เข้าถึงได้จาก  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform)
- M. S. Santos, และ M. Woodford. (1997). *Econometrica*(65(1)), 19-57.
- Marcin Watorek, และ Bartosz Stawiarski. (2016). Log-Periodic Power Law and Generalized Hurst Exponent Analysis in Estimating an Asset Bubble Bursting Time. *e-Finanse*, 49-58.
- Michael D. Bordo, และ Olivier Jeanne. (2002). *Boom-Busts in Asset Prices, Economic Instability and Monetary policy*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Narayana Kocherlakota. (2009). *Bursting Bubbles: Consequences and Cures*.
- Olivier J. Blanchard, และ Mark W. Watson. (1982). Bubbles. Rational Expectations and Financial Markets. *NBER Working Paper Series*, No. 945.
- Petre Stoica, และ Randolph Moses. (2005). *Spectral Analysis of Signals*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Philippe Masset. (2008). *Analysis of Financial Time-Series using Fourier and Wavelet Methods*. University of Fribourg, Department of Finance.
- Philippe Weil. (1987). Confidence and The real value of Money in an Overlapping Generations Economy. *The Quarterly Journal of Economics*, 1-22.
- Ramazan Gencay, Faruk Selcuk, และ Brandon Whitcher. (2002). *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics*. San Diego: Academic Press.
- Ricardo J. Caballero, และ Arvind Krishnamurthy. (2006). Bubbles and Capital Flow Volatility: Causes and Risk Management. *Journal of Monetary Economics*, 35-53.
- Salim Lahmiri. (2014). Improving Forecasting accuracy of the S&P500 Intra-day price direction using both Wavelet low and high frequency coefficients. *Fluctuation and Noise Letters*.
- Shigenori Shiratsuka. (2003). *Asset Price Bubble in Japan in the 1980s: Lessons for Financial and Macroeconomic Stability*. Tokyo: Bank of Japan.

- Srikrishna Bhasyam, Andrew Doran, และ Timothy Dorney. (1999). *Time-Frequency Analysis*. เข้าถึงได้จาก Curricular Linux Environment at Rice University (CLEAR): <https://www.clear.rice.edu/elec631/Projects99/mit/index2.htm>
- Tomohiro Hirano, และ Noriyuki Yanagawa. (2010). Asset Bubbles, Endogenous Growth, and Financial Frictions. *Review of Economic Studies*, 84(1).
- Tung Nguyen, และ Tian-Xiao He. (2015). Wavelet Analysis and Applications in Economics and Finance. *Journal of Statistics and Mathematical Sciences*, 22-37.
- Varun Sarda, Yamini Karmarkar, Neha Lakhota, และ Sen Pratima. (2010). What Can the Log-periodic Power Law Tell about Stock Market Crash in India? *Applied Economics Journal*, 45-54.
- Vincenzo Liberatore. (2010). Computational LPPL fit to financial bubbles. *arXiv preprint arXiv:1003.2920*.
- Virginie Coudert, และ Mathieu Gex. (2008). Does Risk Aversion Drive Financial Crises? Testing the Predictive power of Empirical Indicators. *Journal of Empirical Finance*, 167-184.
- Wei Xing Zhou, และ Didier Sornette. (2009). A case study of speculative financial bubbles in the South African stock market 2003–2006. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 869-880.
- William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, และ Brian P. Flannery. (1992). *Numerical Recipes in C*. the Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Zhi Qiang Jiang, Wei Xing Zhou, Didier Sornette, Ryan Woorard, Ken Bastiaensen, และ Peter Cauwels. (2010). Bubble diagnosis and prediction of the 2005–2007 and 2008–2009 Chinese stock market bubbles. *Journal of economic behavior & organization*, 149-162.
- ทิตันท์ มัลลิกะมาส อัศวิน อาสุยา, และ ชัยพัฒน์ พูนพัฒน์พิบูลย์. (2546). *ฟองสบู่และการดำเนินนโยบายการเงิน*. กรุงเทพมหานคร: ธนาคารแห่งประเทศไทย.
- ทิพวรรณ ทนนกลิ่น. (เมษายน 2014). ความสามารถของระบบเตือนภัยทางการเงินกับความท้าทายในอนาคต. *Focus and Quick*. ธนาคารแห่งประเทศไทย.

ศูนย์การเรียนรู้การสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ สำนักเทคโนโลยีการศึกษา

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราชา. (2013). เข้าถึงได้จาก <http://www.stou.ac.th>:

<http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom6/03-02.html>



## ภาคผนวก

### A. ตารางแสดงผลการศึกษาเพิ่มเติมของตัวกรอง

1. ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษาตามเกณฑ์การจำแนกวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator จากหัวข้อ 4.1 ผลการศึกษาเพิ่มเติมแบ่งตามช่วงเวลาวิกฤตทั้ง 10 ช่วงเวลา จากตารางที่ 24 ซึ่งเป็นผลการพยากรณ์จากช่วงเวลาวิกฤตวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 1987 (1987.213242) ซึ่งถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator โดยสามารถตีความหมายของตารางดังนี้ ดังตัวอย่างในแถวที่ 1 Number เท่ากับ 100 หมายความว่าค่าพยากรณ์ค่าพารามิเตอร์  $T_c$  ในแถวที่ 1 ใช้ข้อมูลทั้งสิ้น 100 ตัว, Initial เท่ากับ 1 และ Final เท่ากับ 100 หมายความว่าค่าพยากรณ์ค่าพารามิเตอร์  $T_c$  ในแถวที่ 1 ใช้ข้อมูลตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 100 หรือใช้ข้อมูลตั้งแต่ 500 วันก่อนเวลาวิกฤตถึง 400 วันก่อนถึงเวลาวิกฤต, Base Case เท่ากับ 1996.9635 หมายถึงค่าพยากรณ์พารามิเตอร์  $T_c$  จากข้อมูลราคาหุ้นสัมพัทธ์, Error เท่ากับ -9.7503 ปี สามารถคำนวณได้จากผลต่างของค่า  $T_c$  ของ Base Case และค่าที่ถูกนิยามด้วยวิธี CMAX Indicator,  $F_{15}$  หมายถึงค่าพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{15}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2002.0561, Error เท่ากับ -14.8429 ปี, % Change สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่าง Error ของ  $F_{15}$  และ Error ของ Base Case ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5233, Score เท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงดัชนีชี้วัดฟองสบู่มีค่า Error สูงกว่า Base Case,  $F_{16}$  หมายถึงค่าพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{16}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2003.3526, Error เท่ากับ -16.1394 ปี, % Change สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่าง Error ของ  $F_{16}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.6533 และ Error ของ Base Case, Score เท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงดัชนีชี้วัดฟองสบู่มีค่า Error สูงกว่า Base Case ในขณะที่  $F_{18}$  หมายถึงค่าพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากดัชนีชี้วัดฟองสบู่  $F_{18}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1996.9238, Error เท่ากับ -9.7106 ปี, % Change สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่าง Error ของ  $F_{18}$  และ Error ของ Base Case ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9959, Score เท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงดัชนีชี้วัดฟองสบู่มีค่า Error ต่ำกว่า Base Case

1.วันที่ 17/2/1987 (1987.213242)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{t5}$	Error	% Change	Score	$F_{t6}$	Error	% Change	Score	$F_{t8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	1996.9635	-9.7503	2002.0561	-14.8429	1.5223	0	2003.3526	-16.1394	1.6553	0	1996.9238	-9.7106	0.9959	1	
100	100	200	1988.7048	-1.4916	1988.5672	-1.3540	0.9077	1	2003.4779	-16.2647	10.9042	0	1990.3316	-3.1184	2.0906	0	
100	200	300	1992.9616	-5.7484	1993.4374	-6.2241	1.0828	0	1993.5155	-6.3022	1.0963	0	1990.7066	-3.4934	0.6077	1	
100	300	400	2058.5068	-71.2936	1991.8028	-4.5895	0.0644	1	2007.6098	-20.3966	0.2861	1	2061.2200	-74.0068	1.0381	0	
100	400	500	1995.5721	-8.3589	2061.9315	-74.7182	8.9388	0	2064.4181	-77.2049	9.2363	0	2044.5746	-57.3613	6.8623	0	
200	1	200	1990.9643	-3.7510	1991.3530	-4.1398	1.1036	0	1991.3448	-4.1316	1.1015	0	1992.5877	-5.3744	1.4328	0	
200	100	300	1999.1316	-11.9184	1990.3810	-3.1678	0.2658	1	1999.9000	-12.6868	1.0645	0	1998.4024	-11.1891	0.9388	1	
200	200	400	2009.9194	-22.7062	1991.8037	-4.5904	0.2022	1	1990.6842	-3.4710	0.1529	1	1992.2580	-5.0447	0.2222	1	
200	300	500	1990.8610	-3.6477	2034.4885	-47.2753	12.9602	0	1998.8078	-11.5945	3.1786	0	1990.1714	-2.9581	0.8109	1	
300	1	300	1998.2927	-11.0795	2001.9911	-14.7779	1.3338	0	2002.0426	-14.8294	1.3385	0	1997.8796	-10.6664	0.9627	1	
300	100	400	2018.3812	-31.1679	1991.8069	-4.5936	0.1474	1	1996.1459	-8.9327	0.2866	1	2009.9273	-22.7141	0.7288	1	
300	200	500	2003.5526	-16.3394	1992.3380	-5.1247	0.3136	1	1992.3499	-5.1367	0.3144	1	1990.1397	-2.9265	0.1791	1	
400	1	400	2001.2041	-13.9909	2005.3071	-18.0938	1.2933	0	2005.4286	-18.2154	1.3019	0	1994.3639	-7.1507	0.5111	1	
400	100	500	1991.1713	-3.9581	2014.0274	-26.8141	6.7745	0	1994.3557	-7.1425	1.8045	0	1993.2971	-6.0839	1.5371	0	
500	1	500	2013.6198	-26.4065	2018.0977	-30.8844	1.1696	0	2002.4623	-15.2490	0.5775	1	1992.6642	-5.4510	0.2064	1	
				<b>Average</b>	-16.1072	<b>Average</b>	-17.4127	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-15.8465	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-15.1500	<b>Total</b>	10

ตารางที่ 24 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/2/1987 (1987.213242)

2. วันที่ 20/8/1987 (1987.721461)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2003.3809	-15.6595	2016.4960	-28.7745	1.8375	0	2015.4832	-27.7617	1.7728	0	1991.1151	-3.3937	0.2167	1	
100	100	200	1998.5978	-10.8763	1990.3659	-2.6445	0.2431	1	1989.4516	-1.7301	0.1591	1	1994.9547	-7.2332	0.6650	1	
100	200	300	1994.4786	-6.7572	2009.6494	-21.9279	3.2451	0	2072.9214	-85.1999	12.6088	0	1993.9566	-6.2352	0.9228	1	
100	300	400	1996.0754	-8.3539	1994.8717	-7.1502	0.8559	1	2063.9861	-76.2647	9.1292	0	2010.8213	-23.0998	2.7652	0	
100	400	500	1998.7208	-10.9993	1998.8314	-11.1099	1.0101	0	2018.1422	-30.4207	2.7657	0	1995.4491	-7.7277	0.7026	1	
200	1	200	2023.3616	-35.6401	2006.1786	-18.4571	0.5179	1	1999.2751	-11.5536	0.3242	1	1994.6013	-6.8798	0.1930	1	
200	100	300	1990.9632	-3.2417	2010.4170	-22.6955	7.0010	0	2005.9788	-18.2573	5.6320	0	2010.4093	-22.6878	6.9986	0	
200	200	400	1992.6791	-4.9577	2034.6841	-46.9627	9.4727	0	1995.2498	-7.5284	1.5185	0	1995.7035	-7.9821	1.6100	0	
200	300	500	2002.8562	-15.1347	1998.1663	-10.4449	0.6901	1	1998.6196	-10.8981	0.7201	1	1991.8277	-4.1062	0.2713	1	
300	1	300	2014.1174	-26.3960	2002.7714	-15.0500	0.5702	1	2004.1384	-16.4170	0.6219	1	2005.5925	-17.8711	0.6770	1	
300	100	400	1994.7715	-7.0500	1991.6487	-3.9272	0.5571	1	2034.6074	-46.8860	6.6505	0	1995.6856	-7.9641	1.1297	0	
300	200	500	1991.5825	-3.8611	1998.1680	-10.4465	2.7056	0	1998.6231	-10.9016	2.8235	0	1991.8415	-4.1200	1.0671	0	
400	1	400	2007.1280	-19.4066	2003.5929	-15.8715	0.8178	1	2002.9145	-15.1931	0.7829	1	1992.2726	-4.5511	0.2345	1	
400	100	500	2014.9478	-27.2263	1998.3573	-10.6359	0.3906	1	1998.3550	-10.6336	0.3906	1	2012.4937	-24.7723	0.9099	1	
500	1	500	1996.4132	-8.6917	1996.2667	-8.5453	0.9832	1	1998.2130	-10.4915	1.2071	0	2015.9417	-28.2203	3.2468	0	
				<b>Average</b>	-13.6168	<b>Average</b>	-15.6429	<b>Total</b>	9	<b>Average</b>	-25.3425	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-11.7896	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 25 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 20/8/1987 (1987.721461)

3. วันที่ 5/1/1988 (1988.097032)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2022.1677	-34.0706	2019.0488	-30.9518	0.9085	1	2026.7637	-38.6667	1.1349	0	1990.7498	-2.6528	0.0779	1	
100	100	200	2018.0932	-29.9961	2004.0740	-15.9770	0.5326	1	2076.6421	-88.5451	2.9519	0	2016.5713	-28.4743	0.9493	1	
100	200	300	1995.6910	-7.5939	2016.9657	-28.8687	3.8016	0	2016.9639	-28.8669	3.8013	0	2001.4997	-13.4027	1.7649	0	
100	300	400	1999.2039	-11.1069	1995.1026	-7.0055	0.6307	1	2067.3951	-79.2981	7.1395	0	1997.0370	-8.9399	0.8049	1	
100	400	500	2019.9434	-31.8464	2000.2049	-12.1079	0.3802	1	2008.2237	-20.1267	0.6320	1	2023.5269	-35.4299	1.1125	0	
200	1	200	2005.9358	-17.8388	2004.7072	-16.6102	0.9311	1	2002.4932	-14.3962	0.8070	1	2010.7081	-22.6111	1.2675	0	
200	100	300	1994.5439	-6.4469	1994.4229	-6.3259	0.9812	1	2038.7143	-50.6173	7.8514	0	1995.9437	-7.8466	1.2171	0	
200	200	400	2047.1029	-59.0059	2001.5327	-13.4357	0.2277	1	2001.4732	-13.3761	0.2267	1	2022.0131	-33.9161	0.5748	1	
200	300	500	2001.6181	-13.5210	1996.5704	-8.4733	0.6267	1	2001.2480	-13.1510	0.9726	1	1990.2367	-2.1397	0.1582	1	
300	1	300	2007.1021	-19.0050	2002.1395	-14.0425	0.7389	1	2008.1512	-20.0542	1.0552	0	1994.3053	-6.2083	0.3267	1	
300	100	400	1996.3467	-8.2497	2001.4908	-13.3938	1.6236	0	2001.4919	-13.3948	1.6237	0	1995.3454	-7.2484	0.8786	1	
300	200	500	2001.6652	-13.5682	1994.1749	-6.0779	0.4480	1	2001.2523	-13.1553	0.9696	1	1990.0286	-1.9316	0.1424	1	
400	1	400	1997.0110	-8.9139	1997.3710	-9.2739	1.0404	0	1994.2055	-6.1084	0.6853	1	2013.6616	-25.5646	2.8679	0	
400	100	500	1996.8407	-8.7436	1990.9739	-2.8769	0.3290	1	1993.4675	-5.3705	0.6142	1	1993.4010	-5.3040	0.6066	1	
500	1	500	2001.9134	-13.8164	2010.3370	-22.2399	1.6097	0	1997.8004	-9.7034	0.7023	1	1994.9610	-6.8639	0.4968	1	
				<b>Average</b>	-18.9149	<b>Average</b>	-13.8441	<b>Total</b>	11	<b>Average</b>	-27.6554	<b>Total</b>	8	<b>Average</b>	-13.9023	<b>Total</b>	10

ตารางที่ 26 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 5/1/1988 (1988.097032)

4. วันที่ 25/1/1991 (1991.151826)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{l5}$	Error	% Change	Score	$F_{l6}$	Error	% Change	Score	$F_{l8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2085.4814	-94.3296	2001.0537	-9.9018	0.1050	1	2006.3361	-15.1842	0.1610	1	2057.9517	-66.7999	0.7082	1	
100	100	200	2113.5620	-122.4102	2087.6669	-96.5151	0.7885	1	2073.7337	-82.5818	0.6746	1	2091.0532	-99.9014	0.8161	1	
100	200	300	2060.9868	-69.8350	2006.4118	-15.2600	0.2185	1	2072.5079	-81.3561	1.1650	0	2059.0024	-67.8506	0.9716	1	
100	300	400	2002.2414	-11.0896	2301.8565	-310.7047	28.0177	0	2057.8090	-66.6571	6.0108	0	2009.4334	-18.2816	1.6485	0	
100	400	500	2052.9839	-61.8321	2043.1057	-51.9539	0.8402	1	2055.0020	-63.8502	1.0326	0	2019.3398	-28.1879	0.4559	1	
200	1	200	1998.0162	-6.8644	2000.4275	-9.2757	1.3513	0	2000.3891	-9.2373	1.3457	0	1998.3625	-7.2106	1.0504	0	
200	100	300	1998.6525	-7.5007	1998.7618	-7.6099	1.0146	0	2070.7807	-79.6288	10.6162	0	1999.5477	-8.3959	1.1193	0	
200	200	400	2013.6936	-22.5418	2001.5857	-10.4339	0.4629	1	2000.8934	-9.7416	0.4322	1	2019.9099	-28.7581	1.2758	0	
200	300	500	2065.5538	-74.4020	2015.2202	-24.0683	0.3235	1	2004.0485	-12.8967	0.1733	1	2000.3999	-9.2481	0.1243	1	
300	1	300	2069.3304	-78.1785	1998.6512	-7.4994	0.0959	1	2006.7582	-15.6064	0.1996	1	2074.9219	-83.7700	1.0715	0	
300	100	400	2013.7178	-22.5660	2000.8607	-9.7089	0.4302	1	2000.1411	-8.9893	0.3984	1	2015.2347	-24.0828	1.0672	0	
300	200	500	2054.6257	-63.4738	2007.5801	-16.4283	0.2588	1	2007.5600	-16.4082	0.2585	1	2000.0058	-8.8540	0.1395	1	
400	1	400	2074.9083	-83.7564	1999.8380	-8.6862	0.1037	1	2067.9965	-76.8447	0.9175	1	2010.4310	-19.2792	0.2302	1	
400	100	500	2007.0786	-15.9268	2016.4953	-25.3435	1.5912	0	2011.1142	-19.9624	1.2534	0	2003.1499	-11.9981	0.7533	1	
500	1	500	2015.1926	-24.0407	2010.2932	-19.1414	0.7962	1	2001.6243	-10.4724	0.4356	1	2012.9856	-21.8338	0.9082	1	
				<b>Average</b>	-50.5832	<b>Average</b>	-41.5021	<b>Total</b>	11	<b>Average</b>	-37.9612	<b>Total</b>	9	<b>Average</b>	-33.6301	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 27 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 25/1/1991 (1991.151826)

5. วันที่ 17/3/1995 (1995.296575)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2180.2492	-184.9526	2012.6318	-17.3352	0.0937	1	2041.2440	-45.9474	0.2484	1	2155.7718	-160.4752	0.8677	1	
100	100	200	2332.6859	-337.3894	2087.7266	-92.4300	0.2740	1	2064.2712	-68.9746	0.2044	1	2075.5469	-80.2503	0.2379	1	
100	200	300	2037.9144	-42.6179	2124.0350	-128.7384	3.0208	0	2012.0104	-16.7139	0.3922	1	2034.1055	-38.8089	0.9106	1	
100	300	400	2300.0141	-304.7175	2229.5010	-234.2044	0.7686	1	2135.4814	-140.1848	0.4600	1	2110.7238	-115.4272	0.3788	1	
100	400	500	2114.9671	-119.6705	2098.9242	-103.6276	0.8659	1	2111.9046	-116.6080	0.9744	1	2071.0015	-75.7050	0.6326	1	
200	1	200	2032.1588	-36.8623	2071.3798	-76.0832	2.0640	0	2283.2711	-287.9745	7.8122	0	2071.3508	-76.0542	2.0632	0	
200	100	300	2026.0611	-30.7646	2003.5966	-8.3000	0.2698	1	2014.2298	-18.9333	0.6154	1	2015.2742	-19.9777	0.6494	1	
200	200	400	2019.4709	-24.1744	2344.0677	-348.7711	14.4273	0	2004.8697	-9.5731	0.3960	1	2019.5064	-24.2098	1.0015	0	
200	300	500	2038.9502	-43.6536	2049.5606	-54.2640	1.2431	0	2020.0954	-24.7988	0.5681	1	2013.7263	-18.4297	0.4222	1	
300	1	300	2003.5325	-8.2359	2075.8081	-80.5115	9.7756	0	2024.6421	-29.3455	3.5631	0	2003.9853	-8.6887	1.0550	0	
300	100	400	2049.0129	-53.7163	2144.0596	-148.7630	2.7694	0	2094.1021	-98.8055	1.8394	0	2051.0526	-55.7561	1.0380	0	
300	200	500	2017.5061	-22.2095	2024.8159	-29.5193	1.3291	0	2027.5640	-32.2675	1.4529	0	2023.1393	-27.8427	1.2536	0	
400	1	400	2005.1590	-9.8624	2033.1837	-37.8871	3.8416	0	2023.9387	-28.6422	2.9042	0	2089.3459	-94.0493	9.5361	0	
400	100	500	2021.5422	-26.2456	2024.0070	-28.7104	1.0939	0	2014.0259	-18.7293	0.7136	1	2017.5103	-22.2137	0.8464	1	
500	1	500	2065.3740	-70.0774	2051.1929	-55.8963	0.7976	1	2173.2216	-177.9250	2.5390	0	2018.8676	-23.5710	0.3364	1	
				<b>Average</b>	-87.6767	<b>Average</b>	-96.3361	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-74.3616	<b>Total</b>	9	<b>Average</b>	-56.0973	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 28 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/3/1995 (1995.296575)

6. วันที่ 2/7/1997 (1997.588813)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{IS}$	Error	% Change	Score	$F_{IG}$	Error	% Change	Score	$F_{IG}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2072.1862	-74.5974	2016.2108	-18.6220	0.2496	1	2016.4840	-18.8952	0.2533	1	2015.5652	-17.9764	0.2410	1	
100	100	200	2094.7639	-97.1751	2032.4720	-34.8832	0.3590	1	2125.4365	-127.8477	1.3156	0	2277.2009	-279.6121	2.8774	0	
100	200	300	2076.5501	-78.9613	2020.9652	-23.3763	0.2960	1	2021.2158	-23.6270	0.2992	1	2092.5693	-94.9805	1.2029	0	
100	300	400	2005.4496	-7.8608	2013.8271	-16.2383	2.0657	0	2014.2569	-16.6681	2.1204	0	2004.8029	-7.2141	0.9177	1	
100	400	500	2055.0752	-57.4864	2006.8295	-9.2407	0.1607	1	2057.3351	-59.7463	1.0393	0	2049.8875	-52.2987	0.9098	1	
200	1	200	2030.8673	-33.2785	2006.6895	-9.1007	0.2735	1	2007.0268	-9.4380	0.2836	1	2006.8295	-9.2407	0.2777	1	
200	100	300	2032.1719	-34.5831	2020.8373	-23.2485	0.6723	1	2014.9666	-17.3778	0.5025	1	2022.6427	-25.0539	0.7245	1	
200	200	400	2080.4811	-82.8923	2096.5477	-98.9589	1.1938	0	2096.5405	-98.9517	1.1937	0	2084.2910	-86.7021	1.0460	0	
200	300	500	2068.3686	-70.7798	2015.1994	-17.6106	0.2488	1	2080.8837	-83.2949	1.1768	0	2059.4591	-61.8703	0.8741	1	
300	1	300	2055.8257	-58.2369	2006.9778	-9.3890	0.1612	1	2006.3697	-8.7809	0.1508	1	2005.1695	-7.5807	0.1302	1	
300	100	400	2080.4914	-82.9026	2084.4796	-86.8907	1.0481	0	2088.4345	-90.8456	1.0958	0	2076.4708	-78.8820	0.9515	1	
300	200	500	2064.4257	-66.8369	2084.8685	-87.2797	1.3059	0	2071.9846	-74.3958	1.1131	0	2062.0000	-64.4112	0.9637	1	
400	1	400	2063.4984	-65.9096	2015.3088	-17.7200	0.2689	1	2016.1572	-18.5684	0.2817	1	2026.9689	-29.3801	0.4458	1	
400	100	500	2060.3449	-62.7561	2088.1746	-90.5858	1.4435	0	2092.1957	-94.6069	1.5075	0	2070.2878	-72.6990	1.1584	0	
500	1	500	2181.2106	-183.6218	2008.4018	-10.8129	0.0589	1	2007.0906	-9.5018	0.0517	1	2059.0462	-61.4574	0.3347	1	
				<b>Average</b>	-70.5252	<b>Average</b>	-36.9305	<b>Total</b>	10	<b>Average</b>	-50.1697	<b>Total</b>	7	<b>Average</b>	-63.2906	<b>Total</b>	11

ตารางที่ 29 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 2/7/1997 (1997.588813)

7. วันที่ 26/5/2004 (2004.4879)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2022.5569	-18.0690	2047.6402	-43.1523	2.3882	0	2047.7757	-43.2878	2.3957	0	2072.2892	-67.8013	3.7524	0	
100	100	200	2027.3262	-22.8383	2010.2842	-5.7963	0.2538	1	2011.3528	-6.8649	0.3006	1	2014.6999	-10.2120	0.4471	1	
100	200	300	2010.6400	-6.1521	2031.7377	-27.2498	4.4293	0	2031.7571	-27.2692	4.4325	0	2033.3576	-28.8697	4.6926	0	
100	300	400	2014.0598	-9.5719	2081.7980	-77.3101	8.0768	0	2014.4129	-9.9250	1.0369	0	2014.0527	-9.5648	0.9993	1	
100	400	500	2013.8007	-9.3128	2024.5303	-20.0424	2.1521	0	2024.3660	-19.8781	2.1345	0	2008.0702	-3.5823	0.3847	1	
200	1	200	2005.7749	-1.2870	2020.5271	-16.0392	12.4628	0	2018.1290	-13.6411	10.5995	0	2029.9374	-25.4495	19.7748	0	
200	100	300	2024.5135	-20.0256	2015.3022	-10.8143	0.5400	1	2011.7739	-7.2860	0.3638	1	2006.1641	-1.6762	0.0837	1	
200	200	400	2014.0377	-9.5498	2009.3315	-4.8436	0.5072	1	2009.3282	-4.8403	0.5068	1	2014.5720	-10.0841	1.0559	0	
200	300	500	2026.6502	-22.1623	2023.4267	-18.9388	0.8546	1	2023.4017	-18.9138	0.8534	1	2008.0448	-3.5569	0.1605	1	
300	1	300	2028.2178	-23.7299	2024.7088	-20.2209	0.8521	1	2034.8993	-30.4114	1.2816	0	2008.8215	-4.3336	0.1826	1	
300	100	400	2014.5426	-10.0547	2038.3936	-33.9057	3.3721	0	2013.4835	-8.9956	0.8947	1	2014.5574	-10.0695	1.0015	0	
300	200	500	2026.6761	-22.1882	2023.4053	-18.9174	0.8526	1	2023.4014	-18.9135	0.8524	1	2007.3075	-2.8196	0.1271	1	
400	1	400	2023.6834	-19.1955	2030.3976	-25.9097	1.3498	0	2027.1686	-22.6807	1.1816	0	2023.6922	-19.2043	1.0005	0	
400	100	500	2016.6110	-12.1231	2023.6198	-19.1319	1.5781	0	2023.6353	-19.1474	1.5794	0	2009.9071	-5.4192	0.4470	1	
500	1	500	2020.6644	-16.1765	2030.9499	-26.4620	1.6358	0	2011.8085	-7.3206	0.4525	1	2013.9364	-9.4485	0.5841	1	
				<b>Average</b>	-14.8291	<b>Average</b>	-24.5823	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-17.2917	<b>Total</b>	7	<b>Average</b>	-14.1394	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 30 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 26/5/2004 (2004.4879)

8. วันที่ 23/12/2008 (2009.063014)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2047.3216	-38.2586	2031.8367	-22.7737	0.5953	1	2031.6760	-22.6129	0.5911	1	2033.0692	-24.0061	0.6275	1	
100	100	200	2017.1553	-8.0923	2016.3665	-7.3035	0.9025	1	2016.1950	-7.1320	0.8813	1	2034.8589	-25.7959	3.1877	0	
100	200	300	2014.8261	-5.7631	2028.0372	-18.9742	3.2924	0	2032.7505	-23.6875	4.1102	0	2076.1611	-67.0981	11.6427	0	
100	300	400	2015.1268	-6.0638	2010.9528	-1.8898	0.3116	1	2028.1734	-19.1104	3.1516	0	2067.8672	-58.8042	9.6976	0	
100	400	500	2056.7310	-47.6680	2109.9353	-100.8723	2.1161	0	2016.9293	-7.8663	0.1650	1	2033.4962	-24.4332	0.5126	1	
200	1	200	2027.4376	-18.3746	2014.0028	-4.9398	0.2688	1	2013.3242	-4.2612	0.2319	1	2020.9920	-11.9290	0.6492	1	
200	100	300	2025.7747	-16.7117	2023.5793	-14.5163	0.8686	1	2031.8865	-22.8235	1.3657	0	2028.9586	-19.8956	1.1905	0	
200	200	400	2091.8857	-82.8227	2025.9911	-16.9281	0.2044	1	2022.6800	-13.6170	0.1644	1	2181.1307	-172.0677	2.0775	0	
200	300	500	2011.3153	-2.2523	2014.6108	-5.5478	2.4632	0	2011.5687	-2.5057	1.1125	0	2056.3783	-47.3153	21.0079	0	
300	1	300	2020.8348	-11.7718	2013.7906	-4.7276	0.4016	1	2013.7885	-4.7255	0.4014	1	2019.6374	-10.5744	0.8983	1	
300	100	400	2029.5241	-20.4611	2021.3540	-12.2909	0.6007	1	2020.3342	-11.2712	0.5509	1	2012.1260	-3.0630	0.1497	1	
300	200	500	2078.3191	-69.2561	2011.2371	-2.1741	0.0314	1	2011.5083	-2.4453	0.0353	1	2014.1928	-5.1297	0.0741	1	
400	1	400	2054.8275	-45.7645	2017.0840	-8.0210	0.1753	1	2017.0858	-8.0228	0.1753	1	2044.7520	-35.6890	0.7798	1	
400	100	500	2012.4997	-3.4367	2013.5189	-4.4559	1.2966	0	2013.1392	-4.0762	1.1861	0	2050.2956	-41.2326	11.9978	0	
500	1	500	2059.3607	-50.2977	2019.0077	-9.9446	0.1977	1	2021.0292	-11.9662	0.2379	1	2019.4350	-10.3720	0.2062	1	
				<b>Average</b>	-28.4663	<b>Average</b>	-15.6906	<b>Total</b>	11	<b>Average</b>	-11.0749	<b>Total</b>	10	<b>Average</b>	-37.1604	<b>Total</b>	8

ตารางที่ 31 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 23/12/2008 (2009.063014)

9. วันที่ 9/9/2013 (2013.774658)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2020.7436	-6.9690	2023.8554	-10.0808	1.4465	0	2062.0139	-48.2392	6.9220	0	2020.9540	-7.1793	1.0302	0	
100	100	200	2031.2806	-17.5060	2039.5187	-25.7441	1.4706	0	2040.1477	-26.3731	1.5065	0	2039.3792	-25.6045	1.4626	0	
100	200	300	2032.7280	-18.9533	2042.0282	-28.2536	1.4907	0	2042.0162	-28.2415	1.4901	0	2022.1634	-8.3888	0.4426	1	
100	300	400	2107.5211	-93.7465	2022.8460	-9.0714	0.0968	1	2034.2687	-20.4941	0.2186	1	2024.8850	-11.1104	0.1185	1	
100	400	500	2019.1390	-5.3643	2032.2666	-18.4920	3.4472	0	2029.7949	-16.0203	2.9864	0	2019.5273	-5.7527	1.0724	0	
200	1	200	2031.5246	-17.7499	2034.7771	-21.0025	1.1832	0	2028.3750	-14.6003	0.8226	1	2024.1523	-10.3777	0.5847	1	
200	100	300	2031.6931	-17.9184	2021.8350	-8.0603	0.4498	1	2025.6573	-11.8826	0.6632	1	2020.3000	-6.5254	0.3642	1	
200	200	400	2032.8987	-19.1240	2042.7891	-29.0145	1.5172	0	2023.0191	-9.2445	0.4834	1	2027.2941	-13.5195	0.7069	1	
200	300	500	2032.2173	-18.4427	2032.2561	-18.4814	1.0021	0	2036.9905	-23.2158	1.2588	0	2036.7709	-22.9963	1.2469	0	
300	1	300	2030.6481	-16.8734	2028.4009	-14.6263	0.8668	1	2025.8365	-12.0618	0.7148	1	2035.9814	-22.2067	1.3161	0	
300	100	400	2027.3056	-13.5310	2047.8394	-34.0648	2.5175	0	2042.7814	-29.0067	2.1437	0	2042.7982	-29.0236	2.1450	0	
300	200	500	2032.1948	-18.4202	2032.2726	-18.4980	1.0042	0	2032.2519	-18.4773	1.0031	0	2031.8482	-18.0735	0.9812	1	
400	1	400	2026.6923	-12.9176	2032.1882	-18.4136	1.4255	0	2032.2022	-18.4276	1.4265	0	2021.2576	-7.4830	0.5793	1	
400	100	500	2026.3275	-12.5529	2026.2731	-12.4984	0.9957	1	2026.2910	-12.5164	0.9971	1	2025.7038	-11.9291	0.9503	1	
500	1	500	2037.3019	-23.5272	2050.0536	-36.2790	1.5420	0	2050.0888	-36.3142	1.5435	0	2031.6390	-17.8643	0.7593	1	
				<b>Average</b>	-20.9064	<b>Average</b>	-20.1720	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-21.6744	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-14.5356	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 32 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 9/9/2013 (2013.774658)

10. วันที่ 12/2/2014 (2014.199543)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score	
100	1	100	2031.3240	-17.1245	2029.0213	-14.8217	0.8655	1	2024.6459	-10.4463	0.6100	1	2030.8031	-16.6036	0.9696	1	
100	100	200	2032.9175	-18.7180	2042.0318	-27.8323	1.4869	0	2032.2537	-18.0541	0.9645	1	2032.2609	-18.0614	0.9649	1	
100	200	300	2023.7110	-9.5115	2024.0784	-9.8789	1.0386	0	2024.3211	-10.1216	1.0641	0	2034.2911	-20.0916	2.1123	0	
100	300	400	2026.2855	-12.0859	2023.1470	-8.9474	0.7403	1	2023.1114	-8.9119	0.7374	1	2016.5332	-2.3337	0.1931	1	
100	400	500	2038.3574	-24.1579	2030.3008	-16.1012	0.6665	1	2026.4176	-12.2181	0.5058	1	2022.7747	-8.5752	0.3550	1	
200	1	200	2025.9153	-11.7158	2026.8024	-12.6029	1.0757	0	2032.1034	-17.9038	1.5282	0	2026.7265	-12.5270	1.0692	0	
200	100	300	2032.9290	-18.7295	2027.4305	-13.2309	0.7064	1	2032.5843	-18.3847	0.9816	1	2032.9239	-18.7244	0.9997	1	
200	200	400	2033.1367	-18.9372	2032.7057	-18.5062	0.9772	1	2032.8157	-18.6161	0.9830	1	2032.6661	-18.4665	0.9751	1	
200	300	500	2042.9571	-28.7576	2037.7648	-23.5653	0.8194	1	2037.7543	-23.5547	0.8191	1	2039.5943	-25.3948	0.8831	1	
300	1	300	2026.5295	-12.3299	2042.4203	-28.2207	2.2888	0	2042.4085	-28.2090	2.2878	0	2042.4237	-28.2241	2.2891	0	
300	100	400	2033.8034	-19.6038	2032.6731	-18.4735	0.9423	1	2033.1455	-18.9460	0.9664	1	2046.5410	-32.3414	1.6498	0	
300	200	500	2036.2474	-22.0479	2045.9747	-31.7752	1.4412	0	2033.8806	-19.6811	0.8927	1	2041.6809	-27.4814	1.2464	0	
400	1	400	2026.4058	-12.2063	2078.9005	-64.7009	5.3006	0	2077.3705	-63.1710	5.1753	0	2036.0280	-21.8285	1.7883	0	
400	100	500	2041.3950	-27.1955	2035.3146	-21.1150	0.7764	1	2035.3116	-21.1121	0.7763	1	2036.4252	-22.2257	0.8173	1	
500	1	500	2031.7040	-17.5045	2024.9493	-10.7498	0.6141	1	2031.6961	-17.4966	0.9995	1	2031.6068	-17.4073	0.9944	1	
				<b>Average</b>	-18.0417	<b>Average</b>	-21.3681	<b>Total</b>	9	<b>Average</b>	-20.4551	<b>Total</b>	11	<b>Average</b>	-19.3524	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 33 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 12/2/2014 (2014.199543)

2. ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งของข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

1. ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1996.963535	-9.7503	2002.056125	-14.8429	1.5223	0	2003.352649	-16.1394	1.6553	0	1996.923834	-9.7106	0.9959	1
2	2003.380946	-15.6595	2016.495963	-28.7745	1.8375	0	2015.483201	-27.7617	1.7728	0	1991.115141	-3.3937	0.2167	1
3	2022.167677	-34.0706	2019.048816	-30.9518	0.9085	1	2026.763703	-38.6667	1.1349	0	1990.749822	-2.6528	0.0779	1
4	2085.481417	-94.3296	2001.053668	-9.9018	0.1050	1	2006.336053	-15.1842	0.1610	1	2057.951717	-66.7999	0.7082	1
5	2180.24921	-184.9526	2012.631755	-17.3352	0.0937	1	2041.243975	-45.9474	0.2484	1	2155.771808	-160.4752	0.8677	1
6	2072.18618	-74.5974	2016.21083	-18.6220	0.2496	1	2016.483969	-18.8952	0.2533	1	2015.565246	-17.9764	0.2410	1
7	2022.556883	-18.0690	2047.640206	-43.1523	2.3882	0	2047.775658	-43.2878	2.3957	0	2072.289158	-67.8013	3.7524	0
8	2047.321625	-38.2586	2031.836729	-22.7737	0.5953	1	2031.675952	-22.6129	0.5911	1	2033.069158	-24.0061	0.6275	1
9	2020.743644	-6.9690	2023.855424	-10.0808	1.4465	0	2062.013884	-48.2392	6.9220	0	2020.953961	-7.1793	1.0302	0
10	2031.324037	-17.1245	2029.021288	-14.8217	0.8655	1	2024.645858	-10.4463	0.6100	1	2030.803148	-16.6036	0.9696	1
	<b>Average</b>	-49.3781	<b>Average</b>	-21.1257	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-28.7181	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-37.6599	<b>Total</b>	8

ตารางที่ 34 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

2. ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1990.964269	-3.7510	1991.353049	-4.1398	1.1036	0	1991.344815	-4.1316	1.1015	0	1992.587675	-5.3744	1.4328	0
2	2023.361583	-35.6401	2006.178555	-18.4571	0.5179	1	1999.275103	-11.5536	0.3242	1	1994.601298	-6.8798	0.1930	1
3	2005.935804	-17.8388	2004.707224	-16.6102	0.9311	1	2002.493242	-14.3962	0.8070	1	2010.708136	-22.6111	1.2675	0
4	1998.016183	-6.8644	2000.427512	-9.2757	1.3513	0	2000.389114	-9.2373	1.3457	0	1998.362452	-7.2106	1.0504	0
5	2032.158846	-36.8623	2071.379816	-76.0832	2.0640	0	2283.271102	-287.9745	7.8122	0	2071.350765	-76.0542	2.0632	0
6	2030.867279	-33.2785	2006.689545	-9.1007	0.2735	1	2007.026817	-9.4380	0.2836	1	2006.829511	-9.2407	0.2777	1
7	2005.774864	-1.2870	2020.527062	-16.0392	12.4628	0	2018.129026	-13.6411	10.5995	0	2029.937417	-25.4495	19.7748	0
8	2027.437612	-18.3746	2014.002807	-4.9398	0.2688	1	2013.324221	-4.2612	0.2319	1	2020.991966	-11.9290	0.6492	1
9	2031.524601	-17.7499	2034.777111	-21.0025	1.1832	0	2028.374998	-14.6003	0.8226	1	2024.152321	-10.3777	0.5847	1
10	2025.915342	-11.7158	2026.802435	-12.6029	1.0757	0	2032.103379	-17.9038	1.5282	0	2026.726549	-12.5270	1.0692	0
	<b>Average</b>	-18.3362	<b>Average</b>	-18.8251	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-38.7138	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-18.7654	<b>Total</b>	4

ตารางที่ 35 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

3. ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1998.29275	-11.0795	2001.991095	-14.7779	1.3338	0	2002.042638	-14.8294	1.3385	0	1997.879607	-10.6664	0.9627	1
2	2014.117439	-26.3960	2002.771414	-15.0500	0.5702	1	2004.138435	-16.4170	0.6219	1	2005.592511	-17.8711	0.6770	1
3	2007.10206	-19.0050	2002.139529	-14.0425	0.7389	1	2008.151204	-20.0542	1.0552	0	1994.305336	-6.2083	0.3267	1
4	2069.330361	-78.1785	1998.651198	-7.4994	0.0959	1	2006.758213	-15.6064	0.1996	1	2074.921869	-83.7700	1.0715	0
5	2003.532501	-8.2359	2075.808087	-80.5115	9.7756	0	2024.642058	-29.3455	3.5631	0	2003.985319	-8.6887	1.0550	0
6	2055.825741	-58.2369	2006.977833	-9.3890	0.1612	1	2006.369721	-8.7809	0.1508	1	2005.169544	-7.5807	0.1302	1
7	2028.217776	-23.7299	2024.708754	-20.2209	0.8521	1	2034.899253	-30.4114	1.2816	0	2008.821531	-4.3336	0.1826	1
8	2020.834834	-11.7718	2013.79057	-4.7276	0.4016	1	2013.788504	-4.7255	0.4014	1	2019.637435	-10.5744	0.8983	1
9	2030.648089	-16.8734	2028.400924	-14.6263	0.8668	1	2025.83647	-12.0618	0.7148	1	2035.981364	-22.2067	1.3161	0
10	2026.529465	-12.3299	2042.420287	-28.2207	2.2888	0	2042.408515	-28.2090	2.2878	0	2042.423674	-28.2241	2.2891	0
	<b>Average</b>	-26.5837	<b>Average</b>	-20.9066	<b>Total</b>	7	<b>Average</b>	-18.0441	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-20.0124	<b>Total</b>	6

ตารางที่ 36 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

4. ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 หรือ 100 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2001.204115	-13.9909	2005.307061	-18.0938	1.2933	0	2005.42864	-18.2154	1.3019	0	1994.363946	-7.1507	0.5111	1
2	2007.128048	-19.4066	2003.592937	-15.8715	0.8178	1	2002.914549	-15.1931	0.7829	1	1992.27261	-4.5511	0.2345	1
3	1997.010952	-8.9139	1997.370964	-9.2739	1.0404	0	1994.205476	-6.1084	0.6853	1	2013.661583	-25.5646	2.8679	0
4	2074.908265	-83.7564	1999.838023	-8.6862	0.1037	1	2067.996548	-76.8447	0.9175	1	2010.431011	-19.2792	0.2302	1
5	2005.159021	-9.8624	2033.183666	-37.8871	3.8416	0	2023.93874	-28.6422	2.9042	0	2089.345918	-94.0493	9.5361	0
6	2063.498428	-65.9096	2015.30885	-17.7200	0.2689	1	2016.157232	-18.5684	0.2817	1	2026.968908	-29.3801	0.4458	1
7	2023.683429	-19.1955	2030.397621	-25.9097	1.3498	0	2027.168612	-22.6807	1.1816	0	2023.692152	-19.2043	1.0005	0
8	2054.827541	-45.7645	2017.084018	-8.0210	0.1753	1	2017.08585	-8.0228	0.1753	1	2044.752003	-35.6890	0.7798	1
9	2026.692301	-12.9176	2032.188236	-18.4136	1.4255	0	2032.20224	-18.4276	1.4265	0	2021.25761	-7.4830	0.5793	1
10	2026.405797	-12.2063	2078.900459	-64.7009	5.3006	0	2077.3705	-63.1710	5.1753	0	2036.028028	-21.8285	1.7883	0
	<b>Average</b>	-29.1924	<b>Average</b>	-22.4578	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-27.5874	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-26.4180	<b>Total</b>	6

ตารางที่ 37 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

5. ข้อมูลตัวที่ 1 – 500

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2013.619753	-26.4065	2018.097686	-30.8844	1.1696	0	2002.462273	-15.2490	0.5775	1	1992.664233	-5.4510	0.2064	1
2	1996.413158	-8.6917	1996.266713	-8.5453	0.9832	1	1998.212971	-10.4915	1.2071	0	2015.941714	-28.2203	3.2468	0
3	2001.913399	-13.8164	2010.336976	-22.2399	1.6097	0	1997.800438	-9.7034	0.7023	1	1994.960967	-6.8639	0.4968	1
4	2015.192561	-24.0407	2010.29319	-19.1414	0.7962	1	2001.624276	-10.4724	0.4356	1	2012.985599	-21.8338	0.9082	1
5	2065.373996	-70.0774	2051.192902	-55.8963	0.7976	1	2173.221588	-177.9250	2.5390	0	2018.867565	-23.5710	0.3364	1
6	2181.210565	-183.6218	2008.401757	-10.8129	0.0589	1	2007.090618	-9.5018	0.0517	1	2059.046214	-61.4574	0.3347	1
7	2020.664427	-16.1765	2030.949898	-26.4620	1.6358	0	2011.808491	-7.3206	0.4525	1	2013.936433	-9.4485	0.5841	1
8	2059.360745	-50.2977	2019.007653	-9.9446	0.1977	1	2021.029195	-11.9662	0.2379	1	2019.435027	-10.3720	0.2062	1
9	2037.301869	-23.5272	2050.053647	-36.2790	1.5420	0	2050.088841	-36.3142	1.5435	0	2031.638965	-17.8643	0.7593	1
10	2031.704001	-17.5045	2024.949325	-10.7498	0.6141	1	2031.696111	-17.4966	0.9995	1	2031.606808	-17.4073	0.9944	1
	<b>Average</b>	-43.4160	<b>Average</b>	-23.0956	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-30.6441	<b>Total</b>	7	<b>Average</b>	-20.2489	<b>Total</b>	9

ตารางที่ 38 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

6. ข้อมูลตัวที่ 101 – 200

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1988.704846	-1.4916	1988.567221	-1.3540	0.9077	1	2003.477924	-16.2647	10.9042	0	1990.331634	-3.1184	2.0906	0
2	1998.597767	-10.8763	1990.365943	-2.6445	0.2431	1	1989.451577	-1.7301	0.1591	1	1994.954688	-7.2332	0.6650	1
3	2018.093179	-29.9961	2004.073985	-15.9770	0.5326	1	2076.642127	-88.5451	2.9519	0	2016.5713	-28.4743	0.9493	1
4	2113.562041	-122.4102	2087.666931	-96.5151	0.7885	1	2073.733671	-82.5818	0.6746	1	2091.053188	-99.9014	0.8161	1
5	2332.685941	-337.3894	2087.726617	-92.4300	0.2740	1	2064.271205	-68.9746	0.2044	1	2075.546859	-80.2503	0.2379	1
6	2094.763929	-97.1751	2032.472009	-34.8832	0.3590	1	2125.436523	-127.8477	1.3156	0	2277.200945	-279.6121	2.8774	0
7	2027.326163	-22.8383	2010.284247	-5.7963	0.2538	1	2011.352768	-6.8649	0.3006	1	2014.699859	-10.2120	0.4471	1
8	2017.155304	-8.0923	2016.366516	-7.3035	0.9025	1	2016.195022	-7.1320	0.8813	1	2034.858881	-25.7959	3.1877	0
9	2031.280614	-17.5060	2039.518713	-25.7441	1.4706	0	2040.147745	-26.3731	1.5065	0	2039.379207	-25.6045	1.4626	0
10	2032.917529	-18.7180	2042.031813	-27.8323	1.4869	0	2032.253665	-18.0541	0.9645	1	2032.260922	-18.0614	0.9649	1
	<b>Average</b>	-66.6493	<b>Average</b>	-31.0480	<b>Total</b>	8	<b>Average</b>	-44.4368	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-57.8263	<b>Total</b>	6

ตารางที่ 39 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

7. ข้อมูลตัวที่ 101 – 300

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{I5}$	Error	% Change	Score	$F_{I6}$	Error	% Change	Score	$F_{I8}$	Error	% Change	Score
1	1999.1316	-11.9184	1990.381035	-3.1678	0.2658	1	1999.900022	-12.6868	1.0645	0	1998.402382	-11.1891	0.9388	1
2	1990.963203	-3.2417	2010.416984	-22.6955	7.0010	0	2005.978805	-18.2573	5.6320	0	2010.409257	-22.6878	6.9986	0
3	1994.543909	-6.4469	1994.42292	-6.3259	0.9812	1	2038.714296	-50.6173	7.8514	0	1995.943666	-7.8466	1.2171	0
4	1998.652536	-7.5007	1998.761772	-7.6099	1.0146	0	2070.780672	-79.6288	10.6162	0	1999.547708	-8.3959	1.1193	0
5	2026.061135	-30.7646	2003.5966	-8.3000	0.2698	1	2014.229835	-18.9333	0.6154	1	2015.27425	-19.9777	0.6494	1
6	2032.171912	-34.5831	2020.83734	-23.2485	0.6723	1	2014.966625	-17.3778	0.5025	1	2022.642725	-25.0539	0.7245	1
7	2024.513535	-20.0256	2015.302226	-10.8143	0.5400	1	2011.773898	-7.2860	0.3638	1	2006.164072	-1.6762	0.0837	1
8	2025.774735	-16.7117	2023.579276	-14.5163	0.8686	1	2031.88652	-22.8235	1.3657	0	2028.958575	-19.8956	1.1905	0
9	2031.693081	-17.9184	2021.834952	-8.0603	0.4498	1	2025.65728	-11.8826	0.6632	1	2020.30004	-6.5254	0.3642	1
10	2032.929049	-18.7295	2027.43047	-13.2309	0.7064	1	2032.584258	-18.3847	0.9816	1	2032.923921	-18.7244	0.9997	1
	<b>Average</b>	-16.7841	<b>Average</b>	-11.7970	<b>Total</b>	8	<b>Average</b>	-25.7878	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-14.1973	<b>Total</b>	6

ตารางที่ 40 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

8. ข้อมูลตัวที่ 101 – 400

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2018.381188	-31.1679	1991.806856	-4.5936	0.1474	1	1996.14593	-8.9327	0.2866	1	2009.927298	-22.7141	0.7288	1
2	1994.771485	-7.0500	1991.648702	-3.9272	0.5571	1	2034.60742	-46.8860	6.6505	0	1995.685561	-7.9641	1.1297	0
3	1996.346684	-8.2497	2001.4908	-13.3938	1.6236	0	2001.491854	-13.3948	1.6237	0	1995.345395	-7.2484	0.8786	1
4	2013.717822	-22.5660	2000.86075	-9.7089	0.4302	1	2000.141135	-8.9893	0.3984	1	2015.234663	-24.0828	1.0672	0
5	2049.012898	-53.7163	2144.059614	-148.7630	2.7694	0	2094.102117	-98.8055	1.8394	0	2051.052644	-55.7561	1.0380	0
6	2080.491405	-82.9026	2084.479557	-86.8907	1.0481	0	2088.434452	-90.8456	1.0958	0	2076.470846	-78.8820	0.9515	1
7	2014.542577	-10.0547	2038.393584	-33.9057	3.3721	0	2013.483494	-8.9956	0.8947	1	2014.55737	-10.0695	1.0015	0
8	2029.52412	-20.4611	2021.353954	-12.2909	0.6007	1	2020.33419	-11.2712	0.5509	1	2012.126	-3.0630	0.1497	1
9	2027.305625	-13.5310	2047.839447	-34.0648	2.5175	0	2042.781362	-29.0067	2.1437	0	2042.798241	-29.0236	2.1450	0
10	2033.803367	-19.6038	2032.673084	-18.4735	0.9423	1	2033.145538	-18.9460	0.9664	1	2046.54097	-32.3414	1.6498	0
	<b>Average</b>	-26.9303	<b>Average</b>	-36.6012	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-33.6073	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-27.1145	<b>Total</b>	4

ตารางที่ 41 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

9. ข้อมูลตัวที่ 101 – 500

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1991.171349	-3.9581	2014.02738	-26.8141	6.7745	0	1994.355693	-7.1425	1.8045	0	1993.297129	-6.0839	1.5371	0
2	2014.947764	-27.2263	1998.357335	-10.6359	0.3906	1	1998.355026	-10.6336	0.3906	1	2012.493729	-24.7723	0.9099	1
3	1996.840658	-8.7436	1990.973917	-2.8769	0.3290	1	1993.467522	-5.3705	0.6142	1	1993.401035	-5.3040	0.6066	1
4	2007.078622	-15.9268	2016.4953	-25.3435	1.5912	0	2011.114223	-19.9624	1.2534	0	2003.14992	-11.9981	0.7533	1
5	2021.542203	-26.2456	2024.007012	-28.7104	1.0939	0	2014.02586	-18.7293	0.7136	1	2017.510292	-22.2137	0.8464	1
6	2060.3449	-62.7561	2088.174573	-90.5858	1.4435	0	2092.195712	-94.6069	1.5075	0	2070.287839	-72.6990	1.1584	0
7	2016.610985	-12.1231	2023.61979	-19.1319	1.5781	0	2023.635325	-19.1474	1.5794	0	2009.907056	-5.4192	0.4470	1
8	2012.499692	-3.4367	2013.518878	-4.4559	1.2966	0	2013.139204	-4.0762	1.1861	0	2050.295592	-41.2326	11.9978	0
9	2026.327534	-12.5529	2026.273052	-12.4984	0.9957	1	2026.291021	-12.5164	0.9971	1	2025.703794	-11.9291	0.9503	1
10	2041.395025	-27.1955	2035.314551	-21.1150	0.7764	1	2035.311593	-21.1121	0.7763	1	2036.42522	-22.2257	0.8173	1
	<b>Average</b>	-20.0165	<b>Average</b>	-24.2168	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-21.3297	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-22.3878	<b>Total</b>	7

ตารางที่ 42 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

10. ข้อมูลตัวที่ 201 – 300

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1992.961628	-5.7484	1993.437374	-6.2241	1.0828	0	1993.515463	-6.3022	1.0963	0	1990.706642	-3.4934	0.6077	1
2	1994.478617	-6.7572	2009.649378	-21.9279	3.2451	0	2072.921391	-85.1999	12.6088	0	1993.956639	-6.2352	0.9228	1
3	1995.690961	-7.5939	2016.965748	-28.8687	3.8016	0	2016.96391	-28.8669	3.8013	0	2001.499717	-13.4027	1.7649	0
4	2060.986834	-69.8350	2006.411807	-15.2600	0.2185	1	2072.507949	-81.3561	1.1650	0	2059.002448	-67.8506	0.9716	1
5	2037.914441	-42.6179	2124.034979	-128.7384	3.0208	0	2012.010445	-16.7139	0.3922	1	2034.105517	-38.8089	0.9106	1
6	2076.550139	-78.9613	2020.965162	-23.3763	0.2960	1	2021.215818	-23.6270	0.2992	1	2092.569291	-94.9805	1.2029	0
7	2010.640039	-6.1521	2031.737744	-27.2498	4.4293	0	2031.757101	-27.2692	4.4325	0	2033.357578	-28.8697	4.6926	0
8	2014.826105	-5.7631	2028.037164	-18.9742	3.2924	0	2032.750537	-23.6875	4.1102	0	2076.161066	-67.0981	11.6427	0
9	2032.727979	-18.9533	2042.028227	-28.2536	1.4907	0	2042.01616	-28.2415	1.4901	0	2022.163409	-8.3888	0.4426	1
10	2023.711026	-9.5115	2024.078394	-9.8789	1.0386	0	2024.321148	-10.1216	1.0641	0	2034.291108	-20.0916	2.1123	0
	<b>Average</b>	-25.1894	<b>Average</b>	-30.8752	<b>Total</b>	2	<b>Average</b>	-33.1386	<b>Total</b>	2	<b>Average</b>	-34.9219	<b>Total</b>	5

ตารางที่ 43 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

11. ข้อมูลตัวที่ 201 – 400

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2009.919393	-22.7062	1991.803655	-4.5904	0.2022	1	1990.684249	-3.4710	0.1529	1	1992.257964	-5.0447	0.2222	1
2	1992.679137	-4.9577	2034.68413	-46.9627	9.4727	0	1995.24985	-7.5284	1.5185	0	1995.703515	-7.9821	1.6100	0
3	2047.102895	-59.0059	2001.532734	-13.4357	0.2277	1	2001.473165	-13.3761	0.2267	1	2022.013107	-33.9161	0.5748	1
4	2013.693626	-22.5418	2001.585696	-10.4339	0.4629	1	2000.893437	-9.7416	0.4322	1	2019.909912	-28.7581	1.2758	0
5	2019.470935	-24.1744	2344.067711	-348.7711	14.4273	0	2004.869725	-9.5731	0.3960	1	2019.506415	-24.2098	1.0015	0
6	2080.481066	-82.8923	2096.547695	-98.9589	1.1938	0	2096.540494	-98.9517	1.1937	0	2084.290954	-86.7021	1.0460	0
7	2014.037709	-9.5498	2009.331458	-4.8436	0.5072	1	2009.328188	-4.8403	0.5068	1	2014.571982	-10.0841	1.0559	0
8	2091.8857	-82.8227	2025.99114	-16.9281	0.2044	1	2022.680044	-13.6170	0.1644	1	2181.130679	-172.0677	2.0775	0
9	2032.898683	-19.1240	2042.78911	-29.0145	1.5172	0	2023.01911	-9.2445	0.4834	1	2027.294144	-13.5195	0.7069	1
10	2033.136744	-18.9372	2032.705721	-18.5062	0.9772	1	2032.815664	-18.6161	0.9830	1	2032.666088	-18.4665	0.9751	1
	<b>Average</b>	-34.6712	<b>Average</b>	-59.2445	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-18.8960	<b>Total</b>	8	<b>Average</b>	-40.0751	<b>Total</b>	4

ตารางที่ 44 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

12. ข้อมูลตัวที่ 201 – 500

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2003.552599	-16.3394	1992.337968	-5.1247	0.3136	1	1992.349938	-5.1367	0.3144	1	1990.139699	-2.9265	0.1791	1
2	1991.582533	-3.8611	1998.168007	-10.4465	2.7056	0	1998.623075	-10.9016	2.8235	0	1991.841487	-4.1200	1.0671	0
3	2001.66523	-13.5682	1994.17491	-6.0779	0.4480	1	2001.252319	-13.1553	0.9696	1	1990.028589	-1.9316	0.1424	1
4	2054.625659	-63.4738	2007.580126	-16.4283	0.2588	1	2007.560018	-16.4082	0.2585	1	2000.00579	-8.8540	0.1395	1
5	2017.50606	-22.2095	2024.815861	-29.5193	1.3291	0	2027.564037	-32.2675	1.4529	0	2023.139293	-27.8427	1.2536	0
6	2064.425668	-66.8369	2084.868513	-87.2797	1.3059	0	2071.984619	-74.3958	1.1131	0	2061.999998	-64.4112	0.9637	1
7	2026.676103	-22.1882	2023.405269	-18.9174	0.8526	1	2023.401364	-18.9135	0.8524	1	2007.307507	-2.8196	0.1271	1
8	2078.319137	-69.2561	2011.237092	-2.1741	0.0314	1	2011.508313	-2.4453	0.0353	1	2014.192759	-5.1297	0.0741	1
9	2032.19482	-18.4202	2032.272614	-18.4980	1.0042	0	2032.25191	-18.4773	1.0031	0	2031.848195	-18.0735	0.9812	1
10	2036.247444	-22.0479	2045.974698	-31.7752	1.4412	0	2033.880633	-19.6811	0.8927	1	2041.680925	-27.4814	1.2464	0
	<b>Average</b>	-31.8201	<b>Average</b>	-22.6241	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-21.1782	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-16.3590	<b>Total</b>	7

ตารางที่ 45 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

13. ข้อมูลตัวที่ 301 – 400

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	2058.506844	-71.2936	1991.80277	-4.5895	0.0644	1	2007.609843	-20.3966	0.2861	1	2061.220016	-74.0068	1.0381	0
2	1996.075371	-8.3539	1994.871653	-7.1502	0.8559	1	2063.986119	-76.2647	9.1292	0	2010.821277	-23.0998	2.7652	0
3	1999.203936	-11.1069	1995.102553	-7.0055	0.6307	1	2067.39511	-79.2981	7.1395	0	1997.03698	-8.9399	0.8049	1
4	2002.241411	-11.0896	2301.856541	-310.7047	28.0177	0	2057.808965	-66.6571	6.0108	0	2009.433427	-18.2816	1.6485	0
5	2300.014095	-304.7175	2229.500955	-234.2044	0.7686	1	2135.481355	-140.1848	0.4600	1	2110.723762	-115.4272	0.3788	1
6	2005.449648	-7.8608	2013.827098	-16.2383	2.0657	0	2014.256873	-16.6681	2.1204	0	2004.802928	-7.2141	0.9177	1
7	2014.059824	-9.5719	2081.797962	-77.3101	8.0768	0	2014.412875	-9.9250	1.0369	0	2014.052733	-9.5648	0.9993	1
8	2015.126769	-6.0638	2010.952783	-1.8898	0.3116	1	2028.173387	-19.1104	3.1516	0	2067.867185	-58.8042	9.6976	0
9	2107.521144	-93.7465	2022.846038	-9.0714	0.0968	1	2034.268714	-20.4941	0.2186	1	2024.885008	-11.1104	0.1185	1
10	2026.285452	-12.0859	2023.146977	-8.9474	0.7403	1	2023.111408	-8.9119	0.7374	1	2016.533204	-2.3337	0.1931	1
	<b>Average</b>	-58.2005	<b>Average</b>	-74.2404	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-49.8887	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-36.2721	<b>Total</b>	5

ตารางที่ 46 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

14. ข้อมูลตัวที่ 301 – 500

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1990.860977	-3.6477	2034.488503	-47.2753	12.9602	0	1998.807773	-11.5945	3.1786	0	1990.171367	-2.9581	0.8109	1
2	2002.856192	-15.1347	1998.166346	-10.4449	0.6901	1	1998.61956	-10.8981	0.7201	1	1991.827681	-4.1062	0.2713	1
3	2001.618071	-13.5210	1996.570369	-8.4733	0.6267	1	2001.248001	-13.1510	0.9726	1	1990.236698	-2.1397	0.1582	1
4	2065.553814	-74.4020	2015.220174	-24.0683	0.3235	1	2004.048485	-12.8967	0.1733	1	2000.399905	-9.2481	0.1243	1
5	2038.950191	-43.6536	2049.560593	-54.2640	1.2431	0	2020.095366	-24.7988	0.5681	1	2013.726281	-18.4297	0.4222	1
6	2068.368599	-70.7798	2015.199439	-17.6106	0.2488	1	2080.883716	-83.2949	1.1768	0	2059.459147	-61.8703	0.8741	1
7	2026.650175	-22.1623	2023.426699	-18.9388	0.8546	1	2023.401712	-18.9138	0.8534	1	2008.044773	-3.5569	0.1605	1
8	2011.315276	-2.2523	2014.610837	-5.5478	2.4632	0	2011.568724	-2.5057	1.1125	0	2056.378311	-47.3153	21.0079	0
9	2032.217346	-18.4427	2032.256104	-18.4814	1.0021	0	2036.990472	-23.2158	1.2588	0	2036.770927	-22.9963	1.2469	0
10	2042.957127	-28.7576	2037.764807	-23.5653	0.8194	1	2037.754259	-23.5547	0.8191	1	2039.59432	-25.3948	0.8831	1
	<b>Average</b>	-29.2754	<b>Average</b>	-22.8670	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-22.4824	<b>Total</b>	6	<b>Average</b>	-19.8015	<b>Total</b>	8

ตารางที่ 47 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 500

15. ข้อมูลตัวที่ 401 – 500

ช่วงเวลา	Base Case	Error	$F_{15}$	Error	% Change	Score	$F_{16}$	Error	% Change	Score	$F_{18}$	Error	% Change	Score
1	1995.572099	-8.3589	2061.931465	-74.7182	8.9388	0	2064.418135	-77.2049	9.2363	0	2044.574587	-57.3613	6.8623	0
2	1998.720778	-10.9993	1998.831368	-11.1099	1.0101	0	2018.142171	-30.4207	2.7657	0	1995.44914	-7.7277	0.7026	1
3	2019.943417	-31.8464	2000.204907	-12.1079	0.3802	1	2008.223744	-20.1267	0.6320	1	2023.526932	-35.4299	1.1125	0
4	2052.983908	-61.8321	2043.105693	-51.9539	0.8402	1	2055.00203	-63.8502	1.0326	0	2019.339768	-28.1879	0.4559	1
5	2114.967069	-119.6705	2098.924202	-103.6276	0.8659	1	2111.90456	-116.6080	0.9744	1	2071.001527	-75.7050	0.6326	1
6	2055.075208	-57.4864	2006.829546	-9.2407	0.1607	1	2057.335107	-59.7463	1.0393	0	2049.887532	-52.2987	0.9098	1
7	2013.80067	-9.3128	2024.530263	-20.0424	2.1521	0	2024.366023	-19.8781	2.1345	0	2008.070215	-3.5823	0.3847	1
8	2056.731016	-47.6680	2109.93527	-100.8723	2.1161	0	2016.929327	-7.8663	0.1650	1	2033.496212	-24.4332	0.5126	1
9	2019.138979	-5.3643	2032.26662	-18.4920	3.4472	0	2029.794923	-16.0203	2.9864	0	2019.527311	-5.7527	1.0724	0
10	2038.357399	-24.1579	2030.300761	-16.1012	0.6665	1	2026.417594	-12.2181	0.5058	1	2022.774701	-8.5752	0.3550	1
	<b>Average</b>	-37.6696	<b>Average</b>	-41.8266	<b>Total</b>	5	<b>Average</b>	-42.3940	<b>Total</b>	4	<b>Average</b>	-29.9054	<b>Total</b>	7

ตารางที่ 48 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 401 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

**B. ผลการพยากรณ์ช่วงเวลาวิกฤตด้วยวิธี LPPL โดยใช้ดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่ได้จากการใช้ตัวกรองชนิดเลือกความถี่ผ่าน ระหว่าง 0.5 – 0.8**

จากข้อสังเกตในหัวข้อ 3.4 ผู้ทำการศึกษาพบว่าจากผลการคัดเลือกดัชนีชี้วัดฟองสบู่ที่มีความน่าสนใจ โดยพบว่าช่วงองค์ประกอบความถี่ 0 – 0.5, 0 – 0.6 และ 0 – 0.8 มีคะแนนที่สูงกว่าช่วงอื่น ในขณะที่ช่วงองค์ประกอบความถี่ 0 – 0.1 มีคะแนนที่ต่ำ ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจึงตั้งข้อสังเกตถึงช่วงองค์ประกอบความถี่ 0.5 – 0.8 จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ตัวกรองชนิด BandPass ที่ยอมให้ความถี่ระหว่าง 0.5 – 0.8 ผ่านได้ โดยตัดความถี่ระหว่าง 0 – 0.5 และ 0.8 – 1 ออกไป ซึ่งได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้



## 1. ผลการศึกษาแบ่งตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษาตามเกณฑ์การจำแนกวิกฤตด้วยวิธี CMAX Indicator

## 1. วันที่ 17/2/1987 (1987.213242)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	1996.9635	-9.7503	2045.6577	-58.4445	5.9941	0
100	100	200	1988.7048	-1.4916	2017.8612	-30.6480	20.5470	0
100	200	300	1992.9616	-5.7484	1987.7559	-0.5426	0.0944	1
100	300	400	2058.5068	-71.2936	2010.4949	-23.2817	0.3266	1
100	400	500	1995.5721	-8.3589	1991.3038	-4.0906	0.4894	1
200	1	200	1990.9643	-3.7510	2381.1789	-393.9657	105.0288	0
200	100	300	1999.1316	-11.9184	1989.3642	-2.1510	0.1805	1
200	200	400	2009.9194	-22.7062	2028.0179	-40.8047	1.7971	0
200	300	500	1990.8610	-3.6477	2058.4269	-71.2136	19.5227	0
300	1	300	1998.2927	-11.0795	1994.9430	-7.7297	0.6977	1
300	100	400	2018.3812	-31.1679	2028.0362	-40.8230	1.3098	0
300	200	500	2003.5526	-16.3394	2058.4346	-71.2214	4.3589	0
400	1	400	2001.2041	-13.9909	2000.1981	-12.9848	0.9281	1
400	100	500	1991.1713	-3.9581	2093.6020	-106.3888	26.8787	0
500	1	500	2013.6198	-26.4065	1991.4540	-4.2408	0.1606	1
			<b>Average</b>	-16.1072	<b>Average</b>	-57.9021	<b>Total</b>	7

ตารางที่ 49 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ 17/2/1987 (1987.213242)

## 2. วันที่ 20/8/1987 (1987.721461)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2003.3809	-15.6595	2024.2085	-36.4870	2.3300	0
100	100	200	1998.5978	-10.8763	2004.4216	-16.7001	1.5355	0
100	200	300	1994.4786	-6.7572	2006.9229	-19.2014	2.8416	0
100	300	400	1996.0754	-8.3539	2016.6867	-28.9652	3.4673	0
100	400	500	1998.7208	-10.9993	1990.4027	-2.6813	0.2438	1
200	1	200	2023.3616	-35.6401	2064.4599	-76.7385	2.1531	0
200	100	300	1990.9632	-3.2417	1991.1324	-3.4109	1.0522	0
200	200	400	1992.6791	-4.9577	2028.5262	-40.8047	8.2306	0
200	300	500	2002.8562	-15.1347	2080.9281	-93.2066	6.1585	0
300	1	300	2014.1174	-26.3960	1992.6786	-4.9571	0.1878	1
300	100	400	1994.7715	-7.0500	2028.5409	-40.8194	5.7900	0
300	200	500	1991.5825	-3.8611	2080.9228	-93.2013	24.1387	0
400	1	400	2007.1280	-19.4066	2000.1593	-12.4379	0.6409	1
400	100	500	2014.9478	-27.2263	2100.1043	-112.3828	4.1277	0
500	1	500	1996.4132	-8.6917	2001.5296	-13.8081	1.5887	0
			<b>Average</b>	-13.6168	<b>Average</b>	-39.7202	<b>Total</b>	3

ตารางที่ 50 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
20/8/1987 (1987.721461)

## 3. วันที่ 5/1/1988 (1988.097032)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2022.1677	-34.0706	2054.1041	-66.0071	1.9374	0
100	100	200	2018.0932	-29.9961	2088.4825	-100.3855	3.3466	0
100	200	300	1995.6910	-7.5939	2006.2821	-18.1850	2.3947	0
100	300	400	1999.2039	-11.1069	2032.3768	-44.2798	3.9867	0
100	400	500	2019.9434	-31.8464	2031.7090	-43.6120	1.3694	0
200	1	200	2005.9358	-17.8388	2211.0735	-222.9764	12.4995	0
200	100	300	1994.5439	-6.4469	1991.1861	-3.0890	0.4792	1
200	200	400	2047.1029	-59.0059	2027.1620	-39.0650	0.6621	1
200	300	500	2001.6181	-13.5210	2016.2577	-28.1607	2.0827	0
300	1	300	2007.1021	-19.0050	1996.2885	-8.1915	0.4310	1
300	100	400	1996.3467	-8.2497	2026.8628	-38.7658	4.6991	0
300	200	500	2001.6652	-13.5682	2055.3910	-67.2940	4.9597	0
400	1	400	1997.0110	-8.9139	1998.7463	-10.6492	1.1947	0
400	100	500	1996.8407	-8.7436	2082.7389	-94.6418	10.8241	0
500	1	500	2001.9134	-13.8164	1989.9831	-1.8860	0.1365	1
			<b>Average</b>	-18.9149	<b>Average</b>	-52.4793	<b>Total</b>	4

ตารางที่ 51 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่ วันที่  
20/8/1987 (1987.721461)

## 4. วันที่ 25/1/1991 (1991.151826)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2085.4814	-94.3296	2019.2018	-28.0499	0.2974	1
100	100	200	2113.5620	-122.4102	1993.0729	-1.9210	0.0157	1
100	200	300	2060.9868	-69.8350	2002.3678	-11.2159	0.1606	1
100	300	400	2002.2414	-11.0896	2046.4653	-55.3135	4.9879	0
100	400	500	2052.9839	-61.8321	1998.1413	-6.9895	0.1130	1
200	1	200	1998.0162	-6.8644	1992.2504	-1.0986	0.1600	1
200	100	300	1998.6525	-7.5007	1997.4917	-6.3399	0.8452	1
200	200	400	2013.6936	-22.5418	2032.6819	-41.5301	1.8424	0
200	300	500	2065.5538	-74.4020	2062.0838	-70.9319	0.9534	1
300	1	300	2069.3304	-78.1785	1997.6424	-6.4905	0.0830	1
300	100	400	2013.7178	-22.5660	2032.7167	-41.5649	1.8419	0
300	200	500	2054.6257	-63.4738	2022.2797	-31.1279	0.4904	1
400	1	400	2074.9083	-83.7564	1998.1366	-6.9848	0.0834	1
400	100	500	2007.0786	-15.9268	2122.2997	-131.1478	8.2344	0
500	1	500	2015.1926	-24.0407	2099.3682	-108.2164	4.5014	0
			<b>Average</b>	-50.5832	<b>Average</b>	-36.5948	<b>Total</b>	10

ตารางที่ 52 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
25/1/1991 (1991.151826)

## 5. วันที่ 17/3/1995 (1995.296575)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2180.2492	-184.9526	2017.7556	-22.4590	0.1214	1
100	100	200	2332.6859	-337.3894	2015.7451	-20.4485	0.0606	1
100	200	300	2037.9144	-42.6179	1995.8999	-0.6034	0.0142	1
100	300	400	2300.0141	-304.7175	2023.3675	-28.0709	0.0921	1
100	400	500	2114.9671	-119.6705	1998.0206	-2.7240	0.0228	1
200	1	200	2032.1588	-36.8623	2081.2581	-85.9616	2.3320	0
200	100	300	2026.0611	-30.7646	2264.9239	-269.6273	8.7642	0
200	200	400	2019.4709	-24.1744	2046.5836	-51.2870	2.1215	0
200	300	500	2038.9502	-43.6536	1998.8587	-3.5621	0.0816	1
300	1	300	2003.5325	-8.2359	2004.6309	-9.3344	1.1334	0
300	100	400	2049.0129	-53.7163	2046.1186	-50.8220	0.9461	1
300	200	500	2017.5061	-22.2095	1999.3780	-4.0815	0.1838	1
400	1	400	2005.1590	-9.8624	2000.0679	-4.7713	0.4838	1
400	100	500	2021.5422	-26.2456	2001.9501	-6.6535	0.2535	1
500	1	500	2065.3740	-70.0774	2002.6184	-7.3219	0.1045	1
			<b>Average</b>	-87.6767	<b>Average</b>	-37.8486	<b>Total</b>	11

ตารางที่ 53 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
17/3/1995 (1995.296575)

## 6. วันที่ 2/7/1997 (1997.588813)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2072.1862	-74.5974	2013.4998	-15.9110	0.2133	1
100	100	200	2094.7639	-97.1751	2037.3536	-39.7648	0.4092	1
100	200	300	2076.5501	-78.9613	2035.5176	-37.9288	0.4803	1
100	300	400	2005.4496	-7.8608	2024.4371	-26.8483	3.4154	0
100	400	500	2055.0752	-57.4864	2162.1743	-164.5855	2.8630	0
200	1	200	2030.8673	-33.2785	2149.5682	-151.9794	4.5669	0
200	100	300	2032.1719	-34.5831	2002.7690	-5.1802	0.1498	1
200	200	400	2080.4811	-82.8923	2034.8942	-37.3054	0.4500	1
200	300	500	2068.3686	-70.7798	2040.9672	-43.3784	0.6129	1
300	1	300	2055.8257	-58.2369	2003.1446	-5.5558	0.0954	1
300	100	400	2080.4914	-82.9026	2038.9472	-41.3583	0.4989	1
300	200	500	2064.4257	-66.8369	2062.9606	-65.3717	0.9781	1
400	1	400	2063.4984	-65.9096	2006.6247	-9.0359	0.1371	1
400	100	500	2060.3449	-62.7561	2113.9683	-116.3795	1.8545	0
500	1	500	2181.2106	-183.6218	2009.0095	-11.4207	0.0622	1
			<b>Average</b>	-70.5252	<b>Average</b>	-51.4669	<b>Total</b>	11

ตารางที่ 54 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
2/7/1997 (1997.588813)

## 7. วันที่ 26/5/2004 (2004.4879)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2022.5569	-18.0690	2060.4610	-55.9731	3.0977	0
100	100	200	2027.3262	-22.8383	2017.4247	-12.9368	0.5665	1
100	200	300	2010.6400	-6.1521	2021.1267	-16.6388	2.7046	0
100	300	400	2014.0598	-9.5719	2024.3047	-19.8168	2.0703	0
100	400	500	2013.8007	-9.3128	2102.0578	-97.5699	10.4770	0
200	1	200	2005.7749	-1.2870	2298.6936	-294.2057	228.6045	0
200	100	300	2024.5135	-20.0256	2007.3890	-2.9011	0.1449	1
200	200	400	2014.0377	-9.5498	2041.2832	-36.7953	3.8530	0
200	300	500	2026.6502	-22.1623	2087.7328	-83.2449	3.7562	0
300	1	300	2028.2178	-23.7299	2009.6165	-5.1286	0.2161	1
300	100	400	2014.5426	-10.0547	2041.3153	-36.8274	3.6627	0
300	200	500	2026.6761	-22.1882	2087.7403	-83.2524	3.7521	0
400	1	400	2023.6834	-19.1955	2016.1783	-11.6904	0.6090	1
400	100	500	2016.6110	-12.1231	2104.3655	-99.8776	8.2386	0
500	1	500	2020.6644	-16.1765	2036.0222	-31.5343	1.9494	0
			<b>Average</b>	-14.8291	<b>Average</b>	-59.2262	<b>Total</b>	4

ตารางที่ 55 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
26/5/2004 (2004.4879)

## 8. วันที่ 23/12/2008 (2009.063014)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2047.3216	-38.2586	2031.8489	-22.7859	0.5956	1
100	100	200	2017.1553	-8.0923	2010.3460	-1.2829	0.1585	1
100	200	300	2014.8261	-5.7631	2023.8912	-14.8282	2.5730	0
100	300	400	2015.1268	-6.0638	2092.0236	-82.9606	13.6814	0
100	400	500	2056.7310	-47.6680	2062.9491	-53.8861	1.1304	0
200	1	200	2027.4376	-18.3746	2375.0388	-365.9758	19.9175	0
200	100	300	2025.7747	-16.7117	2011.6673	-2.6043	0.1558	1
200	200	400	2091.8857	-82.8227	2050.4249	-41.3619	0.4994	1
200	300	500	2011.3153	-2.2523	2130.2953	-121.2323	53.8269	0
300	1	300	2020.8348	-11.7718	2016.6328	-7.5698	0.6430	1
300	100	400	2029.5241	-20.4611	2056.8110	-47.7480	2.3336	0
300	200	500	2078.3191	-69.2561	2145.7534	-136.6904	1.9737	0
400	1	400	2054.8275	-45.7645	2021.5071	-12.4441	0.2719	1
400	100	500	2012.4997	-3.4367	2117.4646	-108.4016	31.5426	0
500	1	500	2059.3607	-50.2977	2017.4223	-8.3593	0.1662	1
			<b>Average</b>	-28.4663	<b>Average</b>	-68.5421	<b>Total</b>	7

ตารางที่ 56 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
23/12/2008 (2009.063014)

## 9. วันที่ 9/9/2013 (2013.774658)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2020.7436	-6.9690	2025.0943	-11.3196	1.6243	0
100	100	200	2031.2806	-17.5060	2083.6888	-69.9142	3.9937	0
100	200	300	2032.7280	-18.9533	2123.5832	-109.8085	5.7936	0
100	300	400	2107.5211	-93.7465	2024.9035	-11.1288	0.1187	1
100	400	500	2019.1390	-5.3643	2015.7404	-1.9657	0.3664	1
200	1	200	2031.5246	-17.7499	2045.4381	-31.6635	1.7839	0
200	100	300	2031.6931	-17.9184	2147.1589	-133.3843	7.4440	0
200	200	400	2032.8987	-19.1240	2018.1065	-4.3319	0.2265	1
200	300	500	2032.2173	-18.4427	2033.4990	-19.7244	1.0695	0
300	1	300	2030.6481	-16.8734	2097.7772	-84.0025	4.9784	0
300	100	400	2027.3056	-13.5310	2018.0496	-4.2750	0.3159	1
300	200	500	2032.1948	-18.4202	2037.7921	-24.0174	1.3039	0
400	1	400	2026.6923	-12.9176	2016.4852	-2.7105	0.2098	1
400	100	500	2026.3275	-12.5529	2128.1515	-114.3769	9.1116	0
500	1	500	2037.3019	-23.5272	2121.7642	-107.9896	4.5900	0
			<b>Average</b>	-20.9064	<b>Average</b>	-48.7075	<b>Total</b>	5

ตารางที่ 57 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
9/9/2013 (2013.774658)

## 10. วันที่ 12/2/2014 (2014.199543)

Number	Initial	Final	Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
100	1	100	2031.3240	-17.1245	2014.5470	-0.3475	0.0203	1
100	100	200	2032.9175	-18.7180	2060.6060	-46.4064	2.4792	0
100	200	300	2023.7110	-9.5115	2034.2173	-20.0178	2.1046	0
100	300	400	2026.2855	-12.0859	2017.3378	-3.1383	0.2597	1
100	400	500	2038.3574	-24.1579	2032.9740	-18.7745	0.7772	1
200	1	200	2025.9153	-11.7158	2027.5465	-13.3470	1.1392	0
200	100	300	2032.9290	-18.7295	2021.4487	-7.2492	0.3870	1
200	200	400	2033.1367	-18.9372	2017.5228	-3.3233	0.1755	1
200	300	500	2042.9571	-28.7576	2072.9076	-58.7080	2.0415	0
300	1	300	2026.5295	-12.3299	2081.9399	-67.7404	5.4940	0
300	100	400	2033.8034	-19.6038	2017.5113	-3.3118	0.1689	1
300	200	500	2036.2474	-22.0479	2072.9089	-58.7094	2.6628	0
400	1	400	2026.4058	-12.2063	2016.2662	-2.0666	0.1693	1
400	100	500	2041.3950	-27.1955	2025.7045	-11.5049	0.4230	1
500	1	500	2031.7040	-17.5045	2124.6881	-110.4885	6.3120	0
			<b>Average</b>	-18.0417	<b>Average</b>	-28.3422	<b>Total</b>	8

ตารางที่ 58 : ผลการประมาณค่า  $t_c$  ช่วงเวลาที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดวิกฤตสูงสุดของวันที่  
12/2/2014 (2014.199543)

## 2. ผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งของข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

### 1. ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 หรือ 400 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1996.963535	-9.750293427	2045.657707	-58.44446508	5.994123717	0
2003.380946	-15.6594849	2024.208506	-36.48704506	2.330028433	0
2022.167677	-34.0706454	2054.104111	-66.00707913	1.937359224	0
2085.481417	-94.32959124	2019.201755	-28.04992906	0.297360867	1
2180.24921	-184.9526351	2017.755616	-22.45904073	0.12143131	1
2072.18618	-74.5973671	2013.499771	-15.91095817	0.213291149	1
2022.556883	-18.06898326	2060.460992	-55.97309237	3.097744437	0
2047.321625	-38.25861081	2031.848942	-22.78592763	0.59557645	1
2020.743644	-6.96898621	2025.094265	-11.31960723	1.624283202	0
2031.324037	-17.12449418	2014.547011	-0.347467606	0.020290679	1
Avg Err	-49.37810916	Avg Err	-31.77846121	Total	5

ตารางที่ 59 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 100 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

### 2. ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 หรือ 300 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1990.964269	-3.751026673	2381.178895	-393.9656526	105.0287526	0
2023.361583	-35.64012161	2064.459934	-76.73847314	2.153148465	0
2005.935804	-17.83877236	2211.073478	-222.9764455	12.49953982	0
1998.016183	-6.864357211	1992.250435	-1.098608551	0.160045364	1
2032.158846	-36.86227123	2081.258138	-85.9615634	2.331966006	0
2030.867279	-33.27846552	2149.56817	-151.9793568	4.566897975	0
2005.774864	-1.286963853	2298.693642	-294.2057419	228.6045107	0
2027.437612	-18.37459797	2375.038804	-365.9757895	19.91748555	0
2031.524601	-17.74994346	2045.438113	-31.663455	1.783862302	0
2025.915342	-11.71579883	2027.546512	-13.34696863	1.139228218	0
Avg Err	-18.33623187	Avg Err	-163.7912055	Total	1

ตารางที่ 60 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 3. ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 หรือ 200 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1998.29275	-11.07950771	1994.942981	-7.729739137	0.697660884	1
2014.117439	-26.39597827	1992.678556	-4.957094568	0.187797342	1
2007.10206	-19.00502847	1996.28852	-8.19148796	0.431016874	1
2069.330361	-78.17853479	1997.642355	-6.490529041	0.083021881	1
2003.532501	-8.235925954	2004.630937	-9.334361893	1.133371274	0
2055.825741	-58.23692839	2003.144585	-5.555771776	0.095399464	1
2028.217776	-23.72987604	2009.616532	-5.128632402	0.216125545	1
2020.834834	-11.77182043	2016.632795	-7.569781468	0.643042553	1
2030.648089	-16.87343126	2097.777201	-84.00254337	4.9783913	0
2026.529465	-12.32992199	2081.939925	-67.74038185	5.493983005	0
Avg Err	-26.58369533	Avg Err	-20.67003235	Total	7

ตารางที่ 61 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 4. ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 หรือ 100 ข้อมูลก่อนเกิดวิกฤต

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2001.204115	-13.99087283	2000.198086	-12.98484352	0.928093886	1
2007.128048	-19.40658684	2000.159338	-12.43787721	0.640910084	1
1997.010952	-8.913920414	1998.746262	-10.64922961	1.194674073	0
2074.908265	-83.75643947	1998.136579	-6.98475268	0.08339362	1
2005.159021	-9.862445613	2000.067851	-4.771276226	0.48378226	1
2063.498428	-65.90961492	2006.624731	-9.035918302	0.137095601	1
2023.683429	-19.19552927	2016.178304	-11.69040356	0.609016995	1
2054.827541	-45.76452725	2021.507093	-12.44407873	0.271915378	1
2026.692301	-12.91764268	2016.485163	-2.710505176	0.209829707	1
2026.405797	-12.2062542	2016.266187	-2.066644362	0.169310284	1
Avg Err	-29.19238335	Avg Err	-8.577552937	Total	9

ตารางที่ 62 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 5. ข้อมูลตัวที่ 1 – 500

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2013.619753	-26.40651092	1991.454021	-4.240778901	0.160595957	1
1996.413158	-8.691697062	2001.52961	-13.80814867	1.588659679	0
2001.913399	-13.81636678	1989.983073	-1.88604063	0.136507713	1
2015.192561	-24.04073486	2099.368211	-108.216385	4.501375921	0
2065.373996	-70.07742106	2002.618428	-7.321852507	0.104482334	1
2181.210565	-183.6217519	2009.009532	-11.42071854	0.062196981	1
2020.664427	-16.1765273	2036.022177	-31.53427696	1.949384833	0
2059.360745	-50.29773054	2017.422266	-8.359252182	0.166195415	1
2037.301869	-23.52721066	2121.764214	-107.9895558	4.589985498	0
2031.704001	-17.504458	2124.688074	-110.4885312	6.31202241	0
Avg Err	-43.41604091	Avg Err	-40.52655403	Total	5

ตารางที่ 63 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 1 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 6. ข้อมูลตัวที่ 101 – 200

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1988.704846	-1.491603749	2017.861246	-30.64800375	20.54701442	0
1998.597767	-10.87630626	2004.421599	-16.70013776	1.535460418	0
2018.093179	-29.99614749	2088.482488	-100.3854558	3.346611621	0
2113.562041	-122.4102154	1993.072864	-1.92103807	0.015693446	1
2332.685941	-337.389366	2015.745118	-20.44854258	0.060608142	1
2094.763929	-97.17511629	2037.353623	-39.76481002	0.409207743	1
2027.326163	-22.83826333	2017.424683	-12.93678296	0.566452132	1
2017.155304	-8.092290248	2010.34595	-1.282936328	0.158538101	1
2031.280614	-17.50595562	2083.688829	-69.91417062	3.993736312	0
2032.917529	-18.7179861	2060.605961	-46.40641751	2.479242012	0
Avg Err	-66.64932504	Avg Err	-34.04082953	Total	5

ตารางที่ 64 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 200 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 7. ข้อมูลตัวที่ 101 – 300

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1999.1316	-11.91835791	1989.364206	-2.150964077	0.180474869	1
1990.963203	-3.241741916	1991.132392	-3.410930606	1.052190672	0
1994.543909	-6.44687722	1991.186058	-3.089025697	0.479150694	1
1998.652536	-7.500710001	1997.491731	-6.339904545	0.84524059	1
2026.061135	-30.76456017	2264.923902	-269.6273267	8.764218477	0
2032.171912	-34.58309918	2002.768966	-5.18015316	0.149788575	1
2024.513535	-20.02563531	2007.38896	-2.901059928	0.144867311	1
2025.774735	-16.71172064	2011.667327	-2.604312707	0.155837497	1
2031.693081	-17.91842272	2147.158918	-133.3842602	7.443973295	0
2032.929049	-18.72950592	2021.448696	-7.249152637	0.387044521	1
Avg Err	-16.7840631	Avg Err	-43.59370902	Total	7

ตารางที่ 65 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 8. ข้อมูลตัวที่ 101 – 400

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2018.381188	-31.16794622	2028.036193	-40.82295134	1.309773543	0
1994.771485	-7.050023527	2028.540862	-40.81940098	5.789966633	0
1996.346684	-8.249652293	2026.86279	-38.76575767	4.699077767	0
2013.717822	-22.56599593	2032.716697	-41.56487122	1.841924963	0
2049.012898	-53.71632327	2046.118592	-50.82201691	0.946118681	1
2080.491405	-82.90259195	2038.947153	-41.35833995	0.498878732	1
2014.542577	-10.05467733	2041.315308	-36.82740778	3.662714035	0
2029.52412	-20.46110551	2056.811034	-47.74801983	2.333599219	0
2027.305625	-13.53096716	2018.049649	-4.274991002	0.315941274	1
2033.803367	-19.60382397	2017.511304	-3.311761238	0.168934451	1
Avg Err	-26.93031072	Avg Err	-34.63155179	Total	4

ตารางที่ 66 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 9. ข้อมูลตัวที่ 101 – 500

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1991.171349	-3.958107265	2093.602029	-106.3887867	26.87870226	0
2014.947764	-27.22630323	2100.104308	-112.3828471	4.127730679	0
1996.840658	-8.743625941	2082.738862	-94.64182963	10.82409406	0
2007.078622	-15.92679627	2122.299663	-131.1478373	8.234414194	0
2021.542203	-26.24562788	2001.950102	-6.653526744	0.253509909	1
2060.3449	-62.75608687	2113.968306	-116.3794934	1.854473393	0
2016.610985	-12.12308547	2104.365513	-99.87761257	8.238629748	0
2012.499692	-3.436677706	2117.464603	-108.4015885	31.54255295	0
2026.327534	-12.55287561	2128.15153	-114.3768717	9.11160719	0
2041.395025	-27.19548225	2025.704482	-11.50493876	0.423045955	1
Avg Err	-20.01646685	Avg Err	-90.17553323	Total	2

ตารางที่ 67 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 101 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 10. ข้อมูลตัวที่ 201 – 300

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1992.961628	-5.748386157	1987.755851	-0.542608522	0.094393193	1
1994.478617	-6.757156276	2006.922866	-19.20140519	2.841639946	0
1995.690961	-7.593928809	2006.282078	-18.18504581	2.394682156	0
2060.986834	-69.83500775	2002.36775	-11.21592423	0.160606043	1
2037.914441	-42.6178657	1995.899926	-0.603351384	0.014157241	1
2076.550139	-78.96132628	2035.517598	-37.92878538	0.480346356	1
2010.640039	-6.1521392	2021.126719	-16.63881921	2.704558312	0
2014.826105	-5.763090686	2023.891197	-14.82818254	2.572956657	0
2032.727979	-18.95332064	2123.583206	-109.8085476	5.793631083	0
2023.711026	-9.511483124	2034.217328	-20.01778456	2.104591292	0
Avg Err	-25.18937046	Avg Err	-24.89704544	Total	4

ตารางที่ 68 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 300 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 11. ข้อมูลตัวที่ 201 – 400

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2009.919393	-22.70615087	2028.017918	-40.80467624	1.797075888	0
1992.679137	-4.957676078	2028.526161	-40.80469979	8.2306103	0
2047.102895	-59.00586316	2027.161999	-39.06496668	0.662052288	1
2013.693626	-22.54179957	2032.681944	-41.5301176	1.842360344	0
2019.470935	-24.17435986	2046.583589	-51.28701426	2.121545909	0
2080.481066	-82.89225268	2034.894235	-37.30542211	0.45004715	1
2014.037709	-9.549808681	2041.28321	-36.7953105	3.852989282	0
2091.8857	-82.82268621	2050.424902	-41.36188803	0.49940288	1
2032.898683	-19.12402485	2018.106542	-4.331884145	0.226515296	1
2033.136744	-18.93720138	2017.522819	-3.323275811	0.175489279	1
Avg Err	-34.67118233	Avg Err	-33.66092552	Total	5

ตารางที่ 69 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 12. ข้อมูลตัวที่ 201 – 500

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2003.552599	-16.33935736	2058.43465	-71.22140786	4.358886722	0
1991.582533	-3.861072319	2080.922788	-93.20132695	24.13871569	0
2001.66523	-13.56819801	2055.391026	-67.29399409	4.959685439	0
2054.625659	-63.4738332	2022.279693	-31.12786674	0.49040471	1
2017.50606	-22.20948485	1999.378035	-4.081460257	0.183771046	1
2064.425668	-66.83685494	2062.960562	-65.37174911	0.978079372	1
2026.676103	-22.18820258	2087.740347	-83.25244674	3.75210414	0
2078.319137	-69.25612281	2145.753438	-136.6904238	1.973694429	0
2032.19482	-18.42016154	2037.792058	-24.01739959	1.303864764	0
2036.247444	-22.0479014	2072.908909	-58.70936574	2.662809701	0
Avg Err	-31.8201189	Avg Err	-63.49674408	Total	3

ตารางที่ 70 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 201 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 13. ข้อมูลตัวที่ 301 – 400

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
2058.506844	-71.29360229	2010.494905	-23.28166314	0.326560342	1
1996.075371	-8.353909616	2016.686666	-28.96520503	3.467263397	0
1999.203936	-11.10690433	2032.376799	-44.27976712	3.986688441	0
2002.241411	-11.08958484	2046.46528	-55.31345393	4.987874185	0
2300.014095	-304.7175204	2023.367463	-28.07088793	0.092121017	1
2005.449648	-7.86083491	2024.437071	-26.84825791	3.415446097	0
2014.059824	-9.571924118	2024.304726	-19.81682604	2.070307474	0
2015.126769	-6.063755024	2092.023586	-82.96057246	13.6813859	0
2107.521144	-93.74648575	2024.903475	-11.12881713	0.118711833	1
2026.285452	-12.08590928	2017.337844	-3.138300727	0.259666083	1
Avg Err	-53.58904306	Avg Err	-32.38037514	Total	4

ตารางที่ 71 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 14. ข้อมูลตัวที่ 301 – 500

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1990.860977	-3.647734565	2058.426873	-71.21363061	19.52270083	0
2002.856192	-15.13473134	2080.92808	-93.20661879	6.158458758	0
2001.618071	-13.52103908	2016.257714	-28.16068168	2.082730589	0
2065.553814	-74.40198838	2062.083752	-70.93192624	0.953360626	1
2038.950191	-43.65361556	1998.85872	-3.562145017	0.081600229	1
2068.368599	-70.77978625	2040.967232	-43.37841892	0.612864509	1
2026.650175	-22.16227501	2087.732816	-83.24491586	3.756153907	0
2011.315276	-2.252261793	2130.295295	-121.232281	53.82690477	0
2032.217346	-18.44268834	2033.499025	-19.72436705	1.069495222	0
2042.957127	-28.75758431	2072.90757	-58.70802659	2.041479769	0
Avg Err	-29.27537046	Avg Err	-59.33630118	Total	3

ตารางที่ 72 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 500 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

## 15. ข้อมูลตัวที่ 401 – 500

Base Case	Error	BandPass	Error	% Change	Score
1995.572099	-8.358857315	1991.303843	-4.090601439	0.489373282	1
1998.720778	-10.99931699	1990.402748	-2.681286586	0.243768462	1
2019.943417	-31.8463855	2031.709014	-43.61198204	1.369448412	0
2052.983908	-61.83208196	1998.141296	-6.989470469	0.113039546	1
2114.967069	-119.6704939	1998.020585	-2.724010148	0.022762588	1
2055.075208	-57.48639504	2162.174282	-164.5854687	2.863033393	0
2013.80067	-9.31277022	2102.057846	-97.56994557	10.47700558	0
2056.731016	-47.66800223	2062.949118	-53.88610393	1.130446031	0
2019.138979	-5.364320649	2015.740402	-1.965743597	0.366447818	1
2038.357399	-24.1578557	2032.974004	-18.77446125	0.777157604	1
Avg Err	-37.66964795	Avg Err	-39.68790737	Total	6

ตารางที่ 73 : ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลตัวที่ 301 – 400 ของทั้ง 10 ช่วงเวลา

16. ค่าเฉลี่ยของผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้และผลรวมของคะแนนตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ เรียงตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

Initial	Final		Base Case	BandPass	
			Average Error	Average Error	Score
1	100	LT	-49.37810916	-31.77846121	5
1	200	LT	-18.33623187	-163.7912055	1
1	300	LT	-26.58369533	-20.67003235	7
1	400	ST	-29.19238335	-8.577552937	9
1	500	ST	-43.41604091	-40.52655403	5
101	200	LT	-66.64932504	-34.04082953	5
101	300	LT	-16.7840631	-43.59370902	7
101	400	ST	-26.93031072	-34.63155179	4
101	500	ST	-20.01646685	-90.17553323	2
201	300	LT	-25.18937046	-24.89704544	4
201	400	ST	-34.67118233	-33.66092552	5
201	500	ST	-31.8201189	-63.49674408	3
301	400	ST	-53.58904306	-32.38037514	4
301	500	ST	-29.27537046	-59.33630118	3
401	500	ST	-37.66964795	-39.68790737	6
			-33.9667573	-48.08298189	70

ตารางที่ 74 : ผลการศึกษาเรียงตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

17. ค่าเฉลี่ยของผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้และผลรวมของคะแนนตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก

Initial	Final		Base	BandPass	
			Avg Err	Avg Err	Score
1	400	ST	-29.19238335	-8.577552937	9
1	300	LT	-26.58369533	-20.67003235	7
201	300	LT	-25.18937046	-24.89704544	4
1	100	LT	-49.37810916	-31.77846121	5
301	400	ST	-53.58904306	-32.38037514	4
201	400	ST	-34.67118233	-33.66092552	5
101	200	LT	-66.64932504	-34.04082953	5
101	400	ST	-26.93031072	-34.63155179	4
401	500	ST	-37.66964795	-39.68790737	6
1	500	ST	-43.41604091	-40.52655403	5
101	300	LT	-16.7840631	-43.59370902	7
301	500	ST	-29.27537046	-59.33630118	3
201	500	ST	-31.8201189	-63.49674408	3
101	500	ST	-20.01646685	-90.17553323	2
1	200	LT	-18.33623187	-163.7912055	1
			-33.9667573	-48.08298189	70

ตารางที่ 75 : ผลการศึกษาเรียงตามค่าคาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์เฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคาดเคลื่อนน้อยไปหามาก

18. ค่าเฉลี่ยของผลการศึกษาแบ่งตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้และผลรวมของคะแนนตามตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย

Initial	Final		Base	BandPass	
			Avg Err	Avg Err	Score
1	400	ST	-29.19238335	-8.577552937	9
1	300	LT	-26.58369533	-20.67003235	7
101	300	LT	-16.7840631	-43.59370902	7
401	500	ST	-37.66964795	-39.68790737	6
1	100	LT	-49.37810916	-31.77846121	5
1	500	ST	-43.41604091	-40.52655403	5
101	200	LT	-66.64932504	-34.04082953	5
201	400	ST	-34.67118233	-33.66092552	5
101	400	ST	-26.93031072	-34.63155179	4
201	300	LT	-25.18937046	-24.89704544	4
301	400	ST	-53.58904306	-32.38037514	4
201	500	ST	-31.8201189	-63.49674408	3
301	500	ST	-29.27537046	-59.33630118	3
101	500	ST	-20.01646685	-90.17553323	2
1	200	LT	-18.33623187	-163.7912055	1
			-33.9667573	-48.08298189	70

ตารางที่ 76 : ผลการศึกษาเรียงตามค่าคะแนนของตัวกรอง (Filter) Bandpass จากค่าคะแนนมากไปหาน้อย

จากผลการพยากรณ์ของดัชนีชี้วัดฟองสบู่จากตัวกรองเลือกความถี่ผ่านโดยจากนี้จะเรียกแทนด้วยดัชนี Bandpass ความถี่ระหว่าง 0.5 – 0.8 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนต่ำกว่าดัชนี  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  รวมถึงกรณีฐาน ซึ่งดัชนี Bandpass มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ -48.083 ปี แต่เมื่อนับจำนวนครั้งที่ผลการพยากรณ์ของดัชนี Bandpass ให้ค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากรณีฐานเท่ากับ 70 ครั้ง หรือ 70 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 46.67 ซึ่งเมื่อเทียบคะแนนกับดัชนี  $F_{15}$ ,  $F_{16}$  และ  $F_{18}$  พบว่าดัชนี Bandpass มีคะแนนต่ำที่สุด

## ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล จิรภัทร โคว์คาศัย
- ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ประสบการณ์การทำงาน 2015 : วิศวกร (วิศวกรการผลิต, IPM, ROHM Integrated system Thailand)
- 2012 : นักศึกษาฝึกงาน (Wealth Management, Trinity Securities)

