

การวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

นายอภิชาติ วิศิษฎ์กิจการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Systemic Risk Analysis of East Asian Stock Markets

Mr. Aphichat Wisitkitchakarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Economics Program in Economics

Faculty of Economics

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์
	เอเชียตะวันออกเฉียง
โดย	นายอภิชาติ วิศิษฎ์กิจการ
สาขาวิชา	เศรษฐศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหลืองอร่าม

---

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชโยดม สรรพศรี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร คุณาพงศ์กุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(อาจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เหลืองอร่าม)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนะพงษ์ โพธิ์ปิติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษณา เศรษฐปราโมทย์)

อภิชาติ วิศิษฎ์กิจการ : การวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชีย

ตะวันออก. (Systemic Risk Analysis of East Asian Stock markets)

อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.พงศ์ศักดิ์ เหลืองอร่าม, 219 หน้า.

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ และความเชื่อมโยงของโครงสร้างภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก โดยทำการศึกษาพลวัตของแบบโครงสร้างภายในตลาดหุ้น ผ่านมุมมองโครงข่าย ด้วยกระบวนการวิเคราะห์โครงข่ายแบบอิงสหสัมพันธ์ ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวนี้ เลือกที่จะนำเสนอการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ ความแข็งแรงของโครงสร้างโครงข่าย, สภาวะลูกกลมภายในโครงข่าย และความยืดหยุ่นในการปรับตัวของโครงข่าย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิค ในการกลั่นกรองข้อมูล โดยการแยกแยะแก่นแท้ของข้อมูลออกจากเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ภายในโครงข่าย โดยในที่นี้ได้เลือกใช้เทคนิคในการสร้างโครงข่ายแบบบอกทิศทางในรูปแบบเพลน ด้วยวิธี Partial Correlation Planar Maximal Filtered Graphs (PCPG) ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีอยู่ที่แก่นของข้อมูลที่ได้นั้น จะให้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับโครงข่าย MST เนื่องจากโครงข่าย PCPG ได้นำการเชื่อมโยงในรูปแบบวงวน และการจับกลุ่มย่อยภายในโครงข่ายมาพิจารณาด้วย โดยที่นำค่า Partial Correlation มาประยุกต์ใช้ในการวัดสหสัมพันธ์ ระหว่าง 2 ตัวแปรใดๆ เมื่อหักล้างผลกระทบจากตัวกลางแล้ว เช่น วัดผลตอบแทนหุ้น ที่ได้รับผลกระทบ จาก 3 ตัวแปร โดยทำการกำหนดตัวแปร ที่มีอิทธิพลในระดับสูงต่อหุ้นต่างๆภายในตลาดมาใช้เป็นตัวกลาง เพื่อที่จะนำมาใช้หาสหสัมพันธ์แยกส่วน ซึ่งในงานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาพลวัตของดัชนี ICF ตลอดช่วง ค.ศ.1990 – 2012 ภายในดัชนีหุ้นของประเทศในกลุ่มเอเชียตะวันออก โดยที่ ICF เป็นสัดส่วนของสหสัมพันธ์ระหว่างตลาดต่อสหสัมพันธ์แยกส่วนระหว่างตลาด พร้อมกันนี้ยังได้นำค่าทางสถิติของแบบโครงสร้างที่ได้จากโครงข่าย MST และ PCPG มาพิจารณาระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค

งานวิจัยดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายในรูปแบบที่อิงค่าสหสัมพันธ์นั้น ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดคุณสมบัติในแง่ของความเป็นศูนย์กลางภายในโครงข่าย ได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดความเสี่ยง Systemic Risk ผ่าน 3 มุมมอง ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่าโครงสร้างของระบบมีความแข็งแรงแต่เปราะบาง (Robust yet Fragile) ภายในโครงข่าย อีกทั้งยังต้องเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตที่อาจปะทุขึ้นมาอีกครั้ง

สาขาวิชา.....เศรษฐศาสตร์.....ลายมือชื่อนิติ.....

ปีการศึกษา.....2556.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

## 5485164029 : MAJOR ECONOMICS

KEYWORDS: CORRELATION BASED NETWORK / SYSTEMIC RISKS / ROBUSTNESS / CONTAGION / RESILIENCE / CENTRALITY

APHICHAT WISITKITCHAKARN : SYSTEMIC RISK ANALYSIS OF EAST ASIAN STOCK MARKETS. ADVISOR PONGSAK LUANGARAM , PH.D., 219 pp.

This research aims to investigate interaction and interdependence of East Asian stock markets by studying the dynamics of stock markets. The structure of stock markets has been visualized by correlation based network which can be used to study the systemic risk in three dimensions including Robustness, Contagion and Resilience in network.

I introduce a technique to filter out financial data sets by extracting the core information from representative links. Particularly in the case of Partial Correlation Planar Maximal Filtered Graphs (PCPG) together with loops and cliques are emerged whereas the partial correlation is a measure of how the correlation between two stock market indices returns is affected by a third mediating index. I investigate that meaningful economic information can be extracted from time-varying correlation matrices. The stock market dynamics during 1990 – 2012 in East Asian stock market indices are investigated in terms of the Index Cohesive Force (ICF) which represents the fraction of the stock markets correlations and the stock markets partial correlations after subtraction of the third mediating index contribution. Moreover, the topological analysis of Minimum Spanning Tree (MST) and PCPG has been considered the centrality measures of stock market dynamics in the region.

This research shows that the correlation based network can be practical in terms of the centrality analysis of stock market in the region. Furthermore, this network can measure systemic risk which the result shows that the structure of stock markets in the region. Furthermore, this network can measure systemic risk which the result shows that the structure of stock markets are robust yet fragile and the East Asian stock markets could face the contagion of financial crisis in the future.

Field of Study:.....Economics..... Student’s Signature.....

Academic Year: .....2013..... Advisor’s Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พงศ์ศักดิ์ เหลืองอร่าม ที่ให้การอนุเคราะห์ ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่ง ในการให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงให้ความรู้ต่างๆ ในเชิงวิชาการมาโดยตลอดทั้งนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. วิจิตร คุณาพงศ์กุล ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธนะพงษ์ โพธิ์ปิติ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. ยุทธนา เศรษฐบุปราโมทย์ ซึ่งเป็น กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย จากคณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ และร่วมเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อย่างไรก็ตามผู้เขียนขอโน้มรับข้อเสนอแนะต่างๆ ของอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

พร้อมกันนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์จากคณะเศรษฐศาสตร์ หลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ผู้ซึ่งให้การประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้เขียน จนสามารถนำมาต่อยอดในการทำวิทยานิพนธ์ และพัฒนาระดับสติปัญญาให้เพิ่มพูนสูงขึ้น ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ มา ณ ที่นี้

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องที่เคารพรักเป็นอย่างยิ่ง ในความห่วงใยและกำลังใจที่มีให้แก่ผู้เขียนตลอดมา รวมไปถึงรุ่นพี่ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รุ่นปีการศึกษา 2553) ทุกท่าน เพื่อนๆ และน้องๆ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รุ่นปีการศึกษา 2554 และ 2555) อีกทั้งเพื่อนสนิทของผู้เขียน และคุณภริยา วรรณนะปริญา เจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ที่ได้คอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ในการแก้ปัญหาต่างๆ แก่ผู้เขียนตลอดช่วงเวลาในการศึกษา จึงต้องขอขอบพระคุณทุกท่านมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	8
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	8
1.4 กรอบวิธีในการศึกษาและวิธีดำเนินการวิจัย.....	8
1.4.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis).....	9
1.4.2 การวิเคราะห์แบบโครงสร้างของโครงข่าย.....	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
1.6 นิยามศัพท์.....	10
บทที่ 2.....	12
2.1 ทฤษฎีการส่งผ่านผลกระทบภายนอก (Spillover Effect).....	12
2.2 นิยามและทฤษฎีในการวัดความเสี่ยงภายในระบบการเงิน.....	14

2.2.1	นิยามและทฤษฎีในการวัดสถานะดูกลามของวิกฤตการณ์ (Defining and Measuring Contagion) .....	14
2.2.2	การวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk.....	29
2.2.3	การวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk หรือ Systematic Risk.....	34
2.3	ทฤษฎีในการสร้างโครงข่าย (Network) และทฤษฎีกราฟ.....	35
2.3.1	Minimum Spanning Tree (MST) .....	40
2.3.2	Planar Maximally Filtered Graph (PMFG) .....	42
2.3.3	โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) .....	45
2.3.4	โครงข่ายแสดงเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบแบบถ่วง น้ำหนัก (Weighted Network).....	70
2.4	วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลขององค์ประกอบต่างๆ หรือตัวกลาง ภายในระบบที่เป็นตัวแทนของการขับเคลื่อน และบ่งชี้สถานะความเสี่ยง ของระบบ.....	72
2.4.1	วิธีวัดความเสี่ยงภายในระบบผ่านดัชนี Index Cohesive Force และค่า Eigenvalue (Spectral) Entropy .....	72
2.4.2	มาตรในการวัดความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ (Systematic Risk) ผ่าน แบบจำลอง CAPM.....	81
2.4.3	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Mean Correlation Coefficient และ ค่าเฉลี่ยของความยาวในแต่ละกิ่ง ภายในโครงข่าย (Mean Occupation Layer) .....	83
2.5	ทฤษฎีการเกิดโครงข่ายซับซ้อน (Complex Network).....	87
2.6	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดความผันผวน .....	90



บทที่ 3 .....	94
3.1 ขอบเขตการศึกษา .....	94
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและวิธีการศึกษา.....	94
3.2.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis).....	94
3.2.2 การวิเคราะห์แบบโครงสร้างของโครงข่าย (Network Topologies Analysis) .....	101
บทที่ 4 .....	133
4.1 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทน และความผันผวนของตลาดหุ้นภายใน ภูมิภาค .....	133
4.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงภายในตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก .....	136
4.2.1 วิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk ของตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก.....	137
4.2.2 วิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ของตลาดหลักทรัพย์เอเซีย ตะวันออก.....	138
4.3 วิเคราะห์ค่าทางสถิติในแต่ละตลาดหุ้นภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ เอเซียตะวันออก .....	152
4.3.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน และความสำคัญของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค ในแต่ละช่วงเวลา.....	152
4.3.2 วิเคราะห์ความเป็นศูนย์กลางของการเชื่อมโยง (Centrality Metrics) ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก ผ่านทางค่า Average Shortest Path , Betweenness และDegree.....	159

4.4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนายอัตราผลตอบแทนในอนาคต ที่ได้จากการลงทุนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ด้วยแบบจำลองถดถอย (Predictive Regressions) .....	163
4.5 การทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในช่วง $t+1$ .....	164
4.5.1 การทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในช่วง $t+1$ ภายใต้กลุ่มตัวอย่างย่อยที่แตกต่างกันออกไป (Subsample Analysis) .....	168
บทที่ 5 .....	176
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	176
5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย .....	182
5.3 ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ สำหรับงานวิจัยศึกษาในอนาคต .....	186
5.3.1 ข้อจำกัดในการศึกษา .....	186
5.3.2 ข้อเสนอแนะ สำหรับงานวิจัยศึกษาในอนาคต.....	186
รายการอ้างอิง.....	189
ภาคผนวก.....	192
ภาคผนวก ก.....	193
ก.1 วิเคราะห์ระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก .....	194
ก.2 วิเคราะห์ความเป็นแกนกลาง (Core) ของตลาดหุ้น ในระดับอนุภูมิภาคผ่านทางค่าMaximum Cliques.....	215

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....219

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงนิยามของสภาวะลูกกลมของวิกฤตการณ์.....	15
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลของการใช้ข้อมูลร่วมกันผ่านสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Mutual Information) ที่ได้จากผลตอบแทนตลาดหุ้นระหว่างประเทศ .....	25
ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับระดับอิทธิพลร่วม 12 กลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sectors) เปรียบเทียบ ระหว่างโครงข่าย PCTN และ PCPG.....	55
ตารางที่ 2.4 แสดงระดับการเชื่อมโยงถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ของโครงข่าย PMFG และ PCPG .....	61
ตารางที่ 2.5 แสดง การจัดอันดับของระดับการเชื่อมโยงถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ภายในโครงข่าย PMFG และ PCPG.....	65
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าทางสถิติในการวัดความโค้งในการกระจายตัว (Kurtosis Statistics) สำหรับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้นั้นเป็นตัวแทนของระบบ .....	90
ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างระดับอิทธิพลที่ส่งจากตัวกลาง SET Index ไปยังตลาดอื่นๆภายในภูมิภาค .....	100
ตารางที่ 4.1 แสดงการทำนายอัตราผลตอบแทน (รายไตรมาส).....	163
ตารางที่ 4.2 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายใน ตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก ณ เวลา $t+1$ (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012) .....	165
ตารางที่ 4.3 แสดงการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง ในการทำนายระดับความผันผวน ของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก ณ เวลา $t+1$ (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012) .....	167
ตารางที่ 4.4 แสดงเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดความถี่ต่างๆ.....	168
ตารางที่ 4.5 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก ณ เวลา $t+1$ (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-1999)....	169

ตารางที่ 4.6 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายใน ตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออกเฉียง ฒ เวลา $t+1$ (ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2012).....	171
---	-----

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 มิถุนายน - 15 สิงหาคม ค.ศ. 2008) .....	3
ภาพที่ 1.2 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 สิงหาคม – 15 กันยายน ค.ศ. 2008) .....	4
ภาพที่ 1.3 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 กันยายน - 15 ตุลาคม ค.ศ. 2008).....	6
ภาพที่ 1.4 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 ตุลาคม - 15 พฤศจิกายน ค.ศ.2008) .....	6
ภาพที่ 1.5 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 พฤศจิกายน - 15 ธันวาคม ค.ศ.2008).....	7
ภาพที่ 2.1 แสดงค่า Partial Spectral Coherences เชิงประจักษ์ (ใต้แนวทแยงมุม) และ Partial Phase Spectrum เชิงประจักษ์ (เหนือเส้นทแยงมุม) จากข้อมูลผลตอบแทน ตลาดหุ้น นานาประเทศ.....	24
ภาพที่ 2.2 แสดงสหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ (เหนือแนวทแยงมุม) และ สหสัมพันธ์แยกส่วนเชิง ประจักษ์ (ใต้แนวทแยงมุม) จากข้อมูลผลตอบแทนจากตลาดหุ้นนานาประเทศ.....	26
ภาพที่ 2.3 แสดงกราฟสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Grap) ผ่านทางข้อมูลผลตอบแทน ตลาดหุ้น ภายใน 10 ประเทศ ที่กำหนด .....	27
ภาพที่ 2.4 แสดงโครงข่าย Minimum Spanning Tree ของหุ้นที่มีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด 100 อันดับแรก (100 Highly Capitalized Stocks) ที่ซื้อขายกันในตลาดหุ้นหลักๆ ของ ตลาดหลักทรัพย์ในอเมริกา ณ ระดับกรอบช่วงเวลา (Time Horizon) ต่างๆ.....	41
ภาพที่ 2.5 แสดงโครงข่าย Minimal Spanning Tree ที่ได้รับจากการตรวจสอบตาม กรอบช่วงเวลา (Time Horizon) แบบรายวัน (Trading Day).....	42

ภาพที่ 2.6 แสดงโครงข่ายในรูปแบบ PMFG (เส้นสีแดง) และโครงข่ายในรูปแบบ MST (เส้นสีดำ) ผ่านเซตข้อมูลราคาของหุ้นที่มีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด 100 อันดับแรก (100 Highly Capitalized Stocks) ที่ซื้อขายกันในตลาดหุ้นหลักของตลาดหุ้นอเมริกา ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ ค.ศ.1995 – ค.ศ.1998 .....	44
ภาพที่ 2.7 แสดงสัดส่วนของ $E_w(k)/E_w(0)$ และ $N_{LC}(k)/N$ ในรูปฟังก์ชันของ $k$ .....	50
ภาพที่ 2.8 แสดงระดับการรับอิทธิพล (Indegree) และ ระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ขององค์ประกอบ ใน 10 อันดับแรกของหุ้นทรงอิทธิพล (Influential Stocks) เปรียบเทียบระหว่างโครงข่าย PCTN และ PCPG .....	54
ภาพที่ 2.9 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PCPG จากหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE โดยพิจารณารายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Subsector) .....	59
ภาพที่ 2.10 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PCPG ผ่านค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) ของหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE.....	63
ภาพที่ 2.11 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) ของหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE.....	64
ภาพที่ 2.12 แสดงโครงข่าย PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ในรายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector) พร้อมกับแสดงสหสัมพันธ์แบบไรทิศทาง .....	66
ภาพที่ 2.13 แสดงโครงข่ายพร้อมกับสหสัมพันธ์แบบบอกทิศทางในรายกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector) โดยใช้วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG ผ่านค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation).....	68
ภาพที่ 2.14 แสดงโครงข่ายพร้อมกับสหสัมพันธ์แบบบอกทิศทางในรายกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector) โดยใช้วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) .....	69
ภาพที่ 2.15 แสดงพลวัตของค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) ของหุ้นต่างๆ ที่เป็นสมาชิกอยู่ในดัชนี S&P500.....	76

ภาพที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบวิวัฒนาการจากพลวัตที่ได้ภายในตลาด S&P500 (แทนด้วยแกนตั้งแทนด้วยดัชนี Index Cohesive Force แกนนอนแทนด้วยค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock-Index Correlation)).....	77
ภาพที่ 2.17 แสดงวิวัฒนาการของ ICF ตลอดช่วงเวลาในการศึกษา โดยนำช่วงปี ค.ศ. 2010 มาพิจารณา.....	78
ภาพที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบความเหมือนของค่า ICF กับ ค่าเฉลี่ยของ $\beta$ ที่ได้จากทฤษฎี CAPM.....	79
ภาพที่ 2.19 แสดงวิวัฒนาการ ของ Spectral Entropy ที่หาได้จากค่า Eigenvalue .....	80
ภาพที่ 2.20 แสดงพฤติกรรมของค่า Spectral Entropy ต่อการเปลี่ยนแปลงภายในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock Correlation Matrix) .....	80
ภาพที่ 2.21 แสดง การพลอตกราฟ วิวัฒนาการพลวัตของสถานะตลาด ในช่วงต่างๆตลอดช่วงทศวรรษที่อ้างอิงมาจากภาพที่ 2.15A.....	81
ภาพที่ 2.22 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของ $\beta$ (เส้นสีแดง) กับค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ระหว่างหุ้นและดัชนีตลาด หรือ Stock-Index Correlation (เส้นสีน้ำเงิน).....	83
ภาพที่ 2.23 แสดงการพลอตกราฟ ของฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Probability Density Function) จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในรูปของเวลา.....	85
ภาพที่ 2.24 แสดงการพลอตกราฟ ของฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Probability Density Function) ของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ ในรูปของเวลา .....	86
ภาพที่ 2.25 แสดง โครงข่ายทางการเงินทั่วโลก (Global Financial Network) ในช่วงปี ค.ศ. 1985 .....	88
ภาพที่ 2.26 แสดง โครงข่ายทางการเงินทั่วโลก (Global Financial Network) ในปี ค.ศ. 2005 .....	89
ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวในรูปแบบ Power-law Distribution (แกน Y แทนด้วยจำนวนDegree และแกน X แทนด้วยDegree).....	109



ภาพที่ 3.2 แสดงการกระจายตัวของDegree สะสม ในโครงข่ายที่แตกต่างกัน ระหว่าง degree k กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution).....	110
ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่าง Betweenness .....	112
ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่าง Closeness.....	114
ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่าง Eigenvector Centrality.....	118
ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่าง โครงข่าย ที่ประกอบไปด้วย 3 Node.....	123
ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่าง Adjacency Matrix.....	124
ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่าง Transition Matrix : Right Stochastic .....	124
ภาพที่ 4.1 แสดงดัชนีราคาของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (รายไตรมาส).....	134
ภาพที่ 4.2 แสดงความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสของตลาดหุ้น ในกลุ่มภูมิภาคเอเชียตะวันออก .....	136
ภาพที่ 4.3 แสดงค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ระหว่างตลาดหุ้นภายใน กลุ่มภูมิภาคเอเชียตะวันออก.....	138
ภาพที่ 4.4 แสดงการกระจายตัวของ Degree สะสม ในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ระหว่าง Degree k กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution) ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012.....	141
ภาพที่ 4.5 แสดงการกระจายตัว (Log Scale) ของDegree สะสม ในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออก ระหว่าง Degree k กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution) ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012.....	142
ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mean Shortest Path และความตึงตัว (Market Stiffness) ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก .....	143
ภาพที่ 4.7 แสดงพลวัตรายไตรมาส ของระดับ Mean Shortest Path ของโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ เอเชียตะวันออก .....	144
ภาพที่ 4.8 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก....	146

ภาพที่ 4.9 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ภายใต้ กรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 (Turbulence Phase) .....	147
ภาพที่ 4.10 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ภายใต้ กรอบช่วงเวลา ค.ศ.2000-2012 (Tranquil Phase) .....	148
ภาพที่ 4.11 แสดงพลวัตของความตึงตัวหรือความเปราะบาง ภายใน โครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออกทั้งระบบ .....	151
ภาพที่ 4.12 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CheiRank และ PageRank.....	153
ภาพที่ 4.13 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่มีความสำคัญ แต่ไม่มีความเปราะบาง ภายใน ภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	154
ภาพที่ 4.14 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่มีความสำคัญ และความเปราะบาง ภายในภูมิภาค เอเชียตะวันออกตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	155
ภาพที่ 4.15 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ และไม่มีความเปราะบาง ภายใน ภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	156
ภาพที่ 4.16 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ แต่มีความเปราะบาง ภายใน ภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	157
ภาพที่ 4.17 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นในทุกสถานะ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอด ช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	158
ภาพที่ 4.18 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลาง และความเชื่อมโยงของตลาดหุ้นต่างๆ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012.....	160
ภาพที่ 4.19 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชีย ตะวันออกผ่านทางค่า Minimum Average Shortest Path ตลอดช่วง ปี ค.ศ. 1990-2012 .....	161
ภาพที่ 4.20 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชีย ตะวันออกผ่านทางค่า Maximum Betweenness ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	162

ภาพที่ 4.21 แสดงความถี่ของระดับความเชื่อมโยงของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง ผ่านทางระดับ Maximum Degree ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 .....	162
ภาพที่ 4.22 แสดงพลวัตของ ความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออกเฉียง (แกนขวา) และมาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาด หลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง (แกนซ้าย) .....	172
ภาพที่ 4.23 แสดงพลวัตของ มาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี DJIA (แกนขวา) และ มาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง (แกนซ้าย) .....	173
ภาพที่ 4.24 แสดงพลวัตของ มาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี HSI และมาตรวัดความ เสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง.....	174
ภาพที่ 5.1 แสดงรูปแบบการซื้อขายหลักทรัพย์ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับรูปแบบการซื้อขาย หลักทรัพย์ผ่าน ASEAN Links .....	187
ภาพที่ ก.1 แสดงระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบสะสมภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012.....	194
ภาพที่ ก.2 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q2 ปี ค.ศ. 1997 (ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	197
ภาพที่ ก.3 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q2 ปี ค.ศ. 1997 (ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	199
ภาพที่ ก.4 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q3 ปี ค.ศ. 1997 (เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	200
ภาพที่ ก.5 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q3 ปี ค.ศ. 1997 (เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	201
ภาพที่ ก.6 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q4 ปี ค.ศ. 1997 (หลังเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	202
ภาพที่ ก.7 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q4 ปี ค.ศ. 1997 (หลังเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง).....	203

ภาพที่ ก.8 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q2 ปี ค.ศ. 2008 (ก่อนการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	204
ภาพที่ ก.9 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q2 ปี ค.ศ. 2008 (ก่อนการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	205
ภาพที่ ก.10 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q3 ปี ค.ศ. 2008 (เกิดการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	206
ภาพที่ ก.11 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q3 ปี ค.ศ. 2008 (เกิดการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	207
ภาพที่ ก.12 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q4 ปี ค.ศ. 2008 (หลังการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	208
ภาพที่ ก.13 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q4 ปี ค.ศ. 2008 (หลังการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์).....	209
ภาพที่ ก.14 แสดงพลวัตของดัชนี Return Spillovers ที่ได้จากตลาดหุ้นภายในภูมิภาค เอเชียตะวันออก ภายในงานวิจัยของ Yilmaz (2009).....	214
ภาพที่ ก.15 แสดงพลวัตของดัชนี Volatility Spillovers ที่ได้จากตลาดหุ้นภายในภูมิภาค เอเชียตะวันออก ภายในงานวิจัยของ Yilmaz (2009).....	215

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หากจะพูดถึงสถานะเศรษฐกิจโลกที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เชื่อว่าประเด็นที่กำลังอยู่ในความสนใจของนักลงทุน และนักเศรษฐศาสตร์มากที่สุดเรื่องหนึ่งนั้น น่าจะหนีไม่พ้นเรื่องปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะถดถอยของวิกฤติ ดังจะเห็นได้จากวิกฤตการณ์การเงินต้มยำกุ้ง, วิกฤตการณ์ซับไพร์ม และวิกฤตการณ์หนี้สาธารณะที่เกิดขึ้นในกรีซ ซึ่งยังคงดำเนินอยู่ในขณะนี้ ถึงแม้ว่ากรีซจะเป็นประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจไม่ใหญ่มากนัก แต่กลับส่งผลกระทบต่อวงกว้างเกินคาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต่อกลุ่มประเทศที่ใช้เงินสกุลยูโร หรือ Euro Zone รวมไปถึงตลาดหุ้นทั่วโลกที่กำลังเผชิญกับความผันผวนอย่างรุนแรงอยู่ในขณะนี้

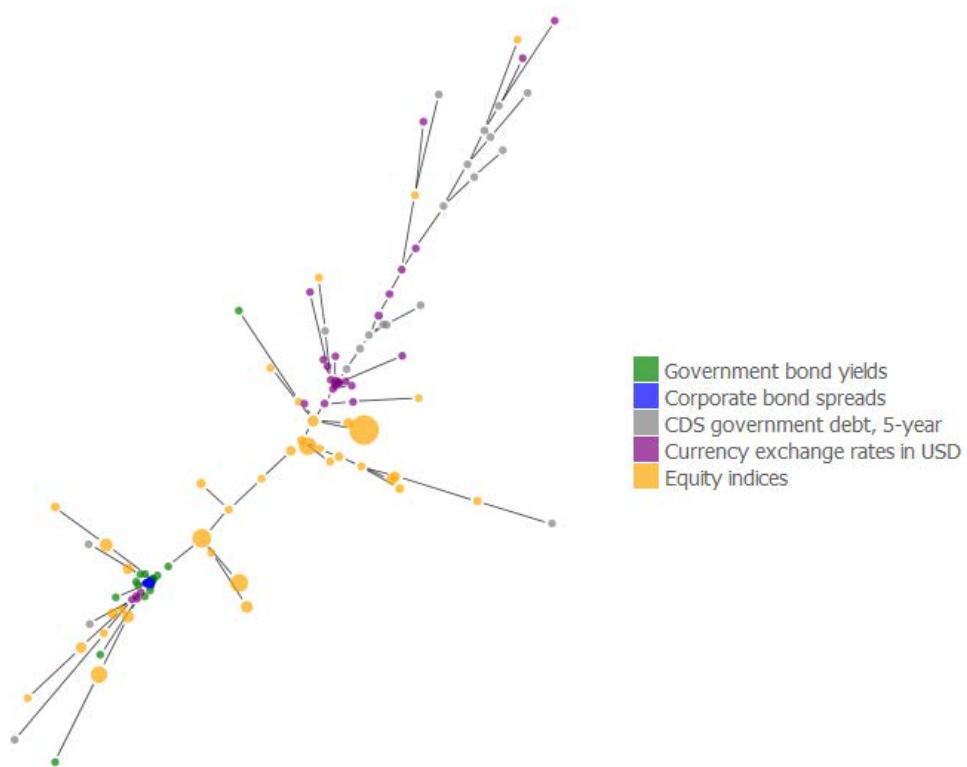
นักเศรษฐศาสตร์ จึงได้เริ่มที่จะให้ความสนใจในการนำความรู้ทางโครงข่าย (Network) มาประยุกต์ใช้ในการวัดระดับความเชื่อมโยงระหว่างตลาดต่างๆ เพื่อที่จะใช้เป็นมาตรวัดการเกิดภาวะถดถอยของวิกฤติ (Contagion) และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจต่อโครงสร้างภายในระบบให้มากขึ้น ผ่านทางการศึกษาค่าทางสถิติของโครงข่าย (Network Statistics) ภายในตลาด ณ สถานะต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันนี้มีงานวิจัยอื่นๆตามมาอีกมากที่ทำการศึกษามาตรการในการหยุดยั้งผลกระทบที่เกิดจากการส่งผ่านวิกฤติ ด้วยการนำเครื่องมือในการวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด (Cross-market Correlations) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างตลาด และความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะถดถอยของวิกฤติที่เกิดขึ้น ณ สถานะต่างๆ ผ่านทางการศึกษาคุณสมบัติของแบบโครงสร้าง (Topological Properties) ภายในโครงข่าย ซึ่งในปัจจุบันนี้ถือเป็นอีกหนึ่งศาสตร์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยสาขาต่างๆ

โดยในงานวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ภายในโครงข่าย (Interactions Structure) ระหว่างผลตอบแทนของตลาดหุ้นในประเทศกลุ่มเอเซียตะวันออก โดยทำการศึกษาพลวัตของสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกันในแต่ละตลาดหุ้น ภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก และ ทดสอบหาผลกระทบของการเกิดภาวะเชื่อมโยงกัน (Interdependence) ระหว่างตลาดหลักทรัพย์ต่างๆภายในกลุ่มเอเซียตะวันออก ต่อความแข็งแกร่ง, ความเปราะบาง และ

เสถียรภาพ ภายในโครงข่าย นอกจากนี้ยัง นำค่าสหสัมพันธ์ และ สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) มาประยุกต์ใช้เป็นมาตรวัดระดับความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ภายในภูมิภาค และความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ผ่านมุมมองโครงข่าย

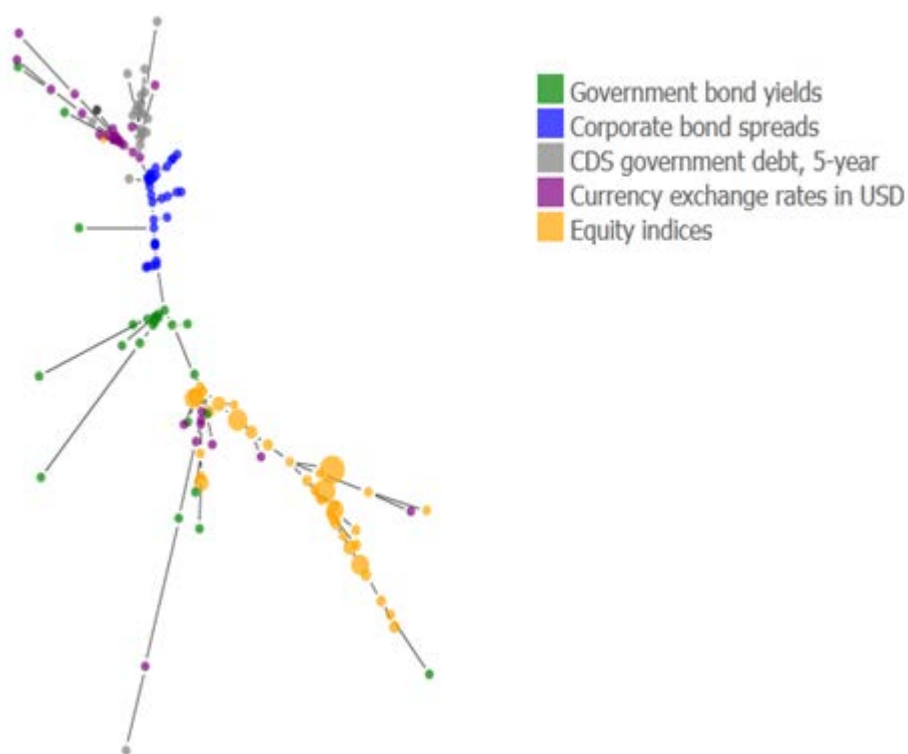
ในที่นี้จะแสดงตัวอย่าง โครงสร้างของตลาดการเงินทั่วโลก โดยแสดงผลลัพธ์ออกมาอยู่ในรูปโครงสร้างของโครงข่ายต้นไม้ (MST) ที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างผลตอบแทนรายวันในแต่ละสินทรัพย์ โดยกำหนดค่าให้สีของแต่ละNode ซึ่งเป็นตัวแทนของสินทรัพย์ประเภทต่าง ๆ นั้น มาพร้อมกับระดับความเชื่อมโยงของสินทรัพย์ต่างๆ ที่แสดงผลออกมาผ่านทางระยะห่างระหว่างกิ่งในแต่ละNode ซึ่งสินทรัพย์ใดยังมีกิ่งที่สั้นมาก จะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างสองสินทรัพย์ดังกล่าวมีสหสัมพันธ์เชื่อมโยงกันในระดับที่สูงยิ่งขึ้น ในขณะที่ขนาดของNodeในสินทรัพย์ใดๆ นั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความผันผวนรายเดือนของอัตราผลตอบแทน โดยจะแสดงตัวอย่างพลวัตของโครงสร้างของตลาดการเงินทั่วโลก ทั้งในช่วงก่อนการปิดตัวลงของ Lehman Brothers และภายหลังการปิดตัวลงของ Lehman Brothers ภายในภาพที่ 1.1-1.5 ซึ่งแสดงสหสัมพันธ์ระหว่างตลาดการเงินต่างๆภายในระบบการเงินทั่วโลก เพื่อที่จะชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก โดยในช่วงก่อนการปิดตัวลงของ Lehman Brothers นั้นจะแบ่งเป็นสองช่วง ซึ่งช่วงแรกนั้นอยู่ในช่วง 16 มิถุนายน-15 สิงหาคม ค.ศ.2008 โดยพบว่าลักษณะโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก มีลักษณะเป็นโครงสร้างที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างผลตอบแทนรายวันในแต่ละสินทรัพย์ อย่างไรก็ตามก็ค่อนข้างที่จะมีระดับความเชื่อมโยงของสินทรัพย์ต่างๆ อยู่ในระดับที่ต่ำ หรือระยะห่างระหว่างกิ่งในแต่ละNode นั้นยังคงมีระยะห่างกันอยู่มาก โดยเฉพาะในส่วนของดัชนีหุ้น ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 มิถุนายน - 15 สิงหาคม ค.ศ. 2008)



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 1.2 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 สิงหาคม – 15 กันยายน ค.ศ. 2008)



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

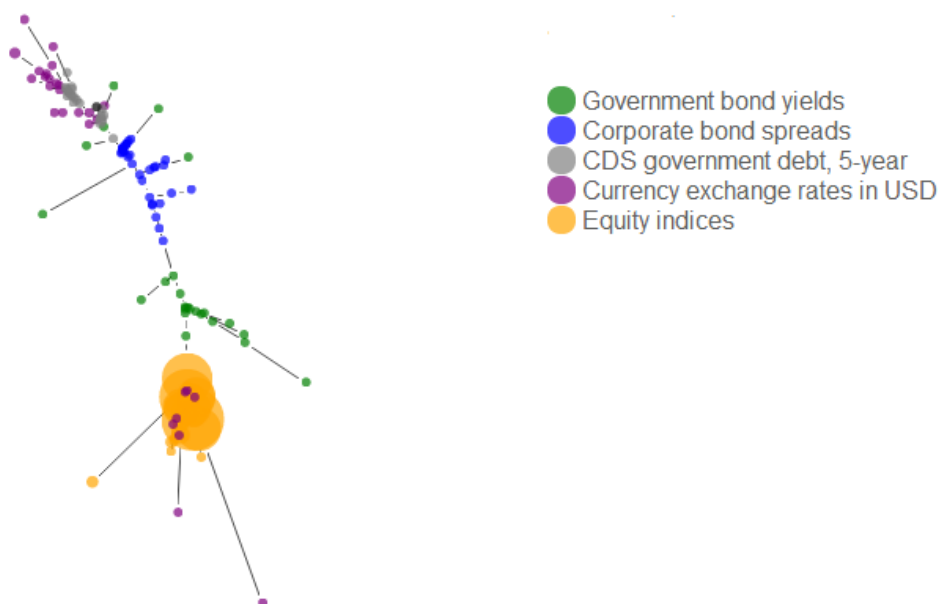
ในขณะที่ช่วงที่สอง ซึ่งครอบคลุมช่วง 16 สิงหาคม-15 กันยายน ค.ศ. 2008 ดังแสดงในภาพที่ 1.2 จะเห็นว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวโครงสร้างของตลาดการเงินทั่วโลกได้เริ่มมีการปรับตัว โดยมีระดับความเชื่อมโยงกันเพิ่มสูงขึ้น ดังจะสังเกตได้จากระยะห่างในแต่ละกิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างสินทรัพย์ใดๆ ที่มีความใกล้ชิดกันมากขึ้น อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวสินทรัพย์ส่วนใหญ่แต่ละประเภทนั้นกลับมีความเชื่อมโยงกันเอง ภายในสินทรัพย์ประเภทเดียวกันอยู่ในระดับที่สูงขึ้น โดยมีเพียงสินทรัพย์บางส่วน ซึ่งอยู่นอกกิ่งเท่านั้น ที่มีความสัมพันธ์ผูกกับสินทรัพย์ต่างประเภท

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers ในช่วง 16 กันยายน - 15 ตุลาคม ค.ศ. 2008 จากโครงสร้างภายในโครงข่ายที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.3 แล้ว จะพบว่าโครงสร้างของดัชนีหุ้นนั้นค่อนข้างที่จะมีสหสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากความใกล้ชิดของกิ่ง ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง Node สีเหลือง ซึ่งแทนด้วยดัชนีหุ้น จะพบว่า



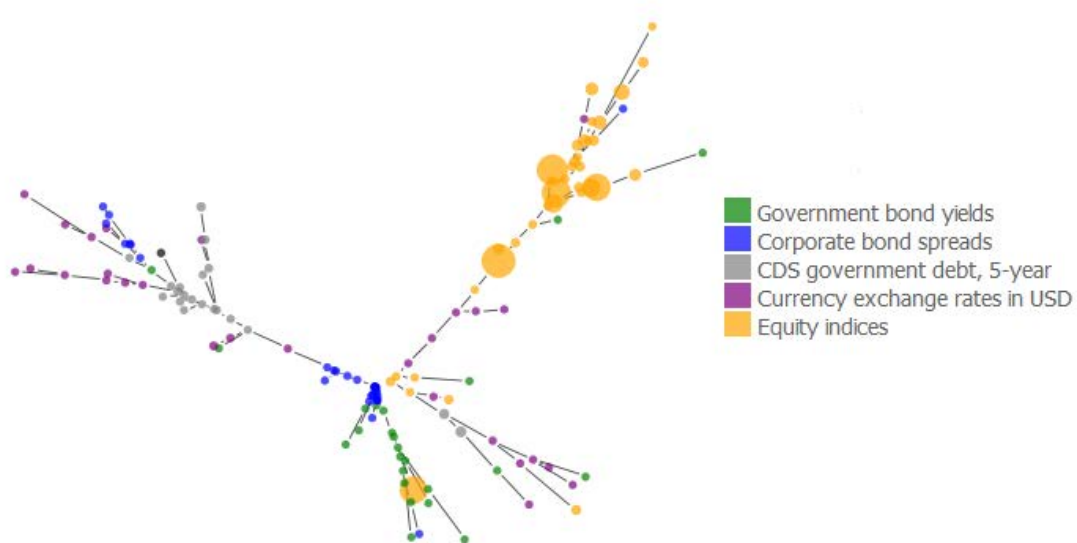
Node ของดัชนีหุ้น มีขนาดความผันผวนของอัตราผลตอบแทนอยู่ในระดับที่สูงมาก เมื่อพิจารณาจากขนาดของ Node สีเหลืองเทียบกับในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers อีกทั้งโครงสร้างของโครงข่ายต้นไม้ค่อนข้างที่จะหดตัวลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับในช่วงก่อนการปิดตัวของ Lehman Brothers ซึ่งส่งผลทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตลาดการเงินต่างๆ และภายในตลาดสินทรัพย์ประเภทเดียวกันเอง ค่อนข้างที่จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันอย่างมาก ต่อมาในช่วง 16 ตุลาคม - 15 พฤษภาคม ค.ศ.2008 พบว่าโครงสร้างที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างผลตอบแทนรายวันในดัชนีหุ้น มีการเปลี่ยนรูปแบบความเชื่อมโยงของสินทรัพย์โดยลูกกลม ไปผูกกับสินทรัพย์ต่างประเภทมากยิ่งขึ้น จากเดิมที่มักมีโครงสร้างความเชื่อมโยงผูกกันเองระหว่างดัชนีหุ้นต่างๆ ภายในตลาดหุ้นทั่วโลก ดังแสดงในภาพที่ 1.4 และในช่วงปี 16 พฤษภาคม - 15 ธันวาคม ค.ศ. 2008 ดังแสดงในภาพที่ 1.5 พบว่าดัชนีหุ้นนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่า ตลาดตราสารหนี้ ระยะ 5 ปี ของรัฐบาลนั้น ค่อนข้างที่จะมีความเชื่อมโยงในรูปแบบเป็นกลุ่มก้อนภายในสินทรัพย์ประเภทเดียวกันมากขึ้น พร้อมกันนี้ตลาดพันธบัตรรัฐบาล มีการลดระดับความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสินทรัพย์ภายในประเภทเดียวกันลง เมื่อเทียบกับในช่วงก่อนหน้านี้ โดยเริ่มที่จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสินทรัพย์ต่างประเภทมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม วิกฤตการณ์ทางการเงิน ในช่วงปี ค.ศ. 2007-2009 ที่ส่งผลร้ายตามมานั้น ถือเป็นบทเรียนที่สำคัญ ที่ผู้กำกับดูแลระบบการเงินจำเป็นต้องหามาตรการ รวมไปถึงวิธีในการวัดและประเมินผลจากพลวัตภายในตลาดการเงิน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดวิกฤตการณ์ซ้ำขึ้นอีก วิกฤตการณ์ทางการเงิน (Financial Crisis) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ นั้นยังคงต้องการได้รับการฟื้นฟู ทั้งนี้การเสริมความรู้ความเข้าใจในรูปแบบโครงสร้างของระบบผ่านโครงข่ายของตลาดการเงิน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการปฏิรูปการจัดการระบบ และคิดใหม่ทำใหม่ในเชิงนโยบาย ในแง่ของการกำกับดูแลโครงสร้างและพลวัตในตลาดการเงิน

ภาพที่ 1.3 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 กันยายน - 15 ตุลาคม ค.ศ. 2008)



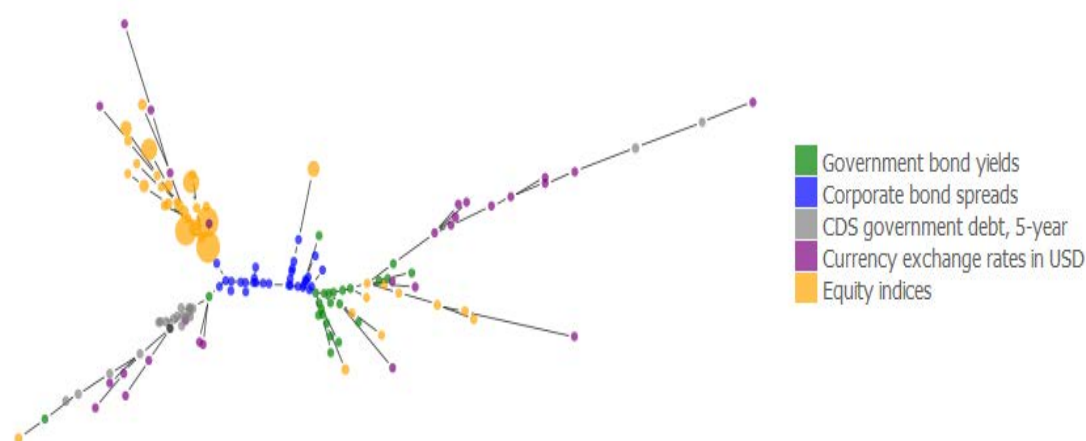
ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 1.4 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 ตุลาคม - 15 พฤศจิกายน ค.ศ. 2008)



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 1.5 แสดงโครงสร้างภายในตลาดการเงินทั่วโลก ในช่วงหลังการปิดตัวของ Lehman Brothers (16 พฤษภาคม - 15 ธันวาคม ค.ศ.2008)



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

เมื่อพิจารณาในช่วง 20 ปีหลังสุด นั้นจะเห็นว่าเศรษฐกิจของภูมิภาคเอเชียตะวันออก (East Asian Economies) มีการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศอย่างก้าวกระโดด รวมไปถึงมีการพัฒนาโครงสร้างของระบบการเงิน จนก้าวไปเป็นมหาอำนาจทางเศรษฐกิจของโลก ทดเทียมสหรัฐฯ และยุโรป นอกจากการเติบโตของเศรษฐกิจที่ก้าวกระโดดของภูมิภาคดังกล่าวแล้ว ประเทศภายในภูมิภาคดังกล่าวเหล่านี้ยังได้มีการพัฒนาศักยภาพภายในตลาดการเงินอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภูมิภาคดังกล่าวนี้ก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญภายในตลาดการเงินโลกอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจต่อการศึกษาตลาดทุนต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกในช่วงก่อน และหลังการเกิดวิกฤตการณ์การเงินภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอดช่วงทศวรรษ 1990 จนถึงช่วงที่วิกฤตการณ์เริ่มก่อตัวเป็นวิกฤตการณ์การเงินโลก ในปี ค.ศ. 2008 และค.ศ. 2011 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตัวอย่างของการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตนั้น คงหนีไม่พ้นวิกฤตการณ์ทางการเงินที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก และวิกฤตการณ์ทางการเงินในรัสเซีย โดยทั้งสองเหตุการณ์นั้นดำเนินต่อเนื่องกันไปในช่วงปี ค.ศ. 1997-1998 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการลูกกลมของวิกฤตการณ์ทางการเงิน (Financial Contagion) และเกิดการส่งผ่านผลกระทบจากผลกระทบภายนอก (Spillover) ขึ้นต่อเนื่องกันมา จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะทำการศึกษาการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต ภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออก

โดยที่กระบวนการแบ่งแยกตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้นจะอิงตามแนวทางในการศึกษา ของ Yilmaz (2009) โดยทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของตลาดหลักทรัพย์ ผ่านมุมมองโครงข่ายที่ได้จากความเชื่อมโยงระหว่างตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการระบุปัจจัยการส่งผ่านอิทธิพลแฝงที่เกิดขึ้นภายในตลาดหุ้นใดๆ แทนที่จะวัดเพียงแค่ระดับความผันผวน (Volatility) ที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวเท่านั้น รวมไปถึงการพิจารณาความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ซึ่งเป็นบ่อเกิดของสภาวะลูกกลามของวิกฤต พร้อมกับวิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk ประกอบการพิจารณา

## 1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. มีจุดมุ่งหมายที่จะตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Interactions Structure) และผลกระทบของการเกิดสภาวะเชื่อมโยงกัน (Interdependence) ระหว่างตลาดหลักทรัพย์ต่างๆภายในกลุ่มเอเชียตะวันออก ที่มีต่อเสถียรภาพของโครงข่าย และผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์ของประเทศในกลุ่ม

2. นำโครงข่ายในรูปแบบอิงค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Based Network) มาทำการศึกษาเพื่อที่จะใช้เป็นมาตรวัดการเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤต (Contagion) และศึกษาหามาตรการในการหยุดยั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านวิกฤต ด้วยการใช้เครื่องมือในการวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด (Cross-market Correlations) ในการวิเคราะห์

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รายวันตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2533 จนถึง 1 มกราคม พ.ศ.2556 รวมทั้งสิ้น 23 ปี จากตลาดหลักทรัพย์ 10 ประเทศ ภายในกลุ่มเอเชียตะวันออก ซึ่งจำแนกตาม Yilmaz (2009) ประกอบไปด้วย ฮองกง, อินโดนีเซีย, ญี่ปุ่น, เกาหลีใต้, มาเลเซีย, ฟิลิปปินส์, สิงคโปร์, ไต้หวัน, ไทย และออสเตรเลีย ซึ่งอาศัยแหล่งข้อมูลทุติยภูมิจาก Bloomberg โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลผ่านข้อมูลผลตอบแทน (Returns) และความผันผวน (Volatilities)

## 1.4 กรอบวิธีในการศึกษาและวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

#### 1.4.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เป็นการใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเบื้องต้น เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทน และสหสัมพันธ์ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ภายใน 10 ประเทศหลักของภูมิภาคเอเชียตะวันออก (East Asian) โดยวัดผลตอบแทนของทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออก ออกมาให้อยู่ในรายไตรมาส หลังจากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ (Average Correlation) ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ภายใน 10 ประเทศหลักของภูมิภาคเอเชียตะวันออก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk ที่เกิดขึ้นกับภูมิภาคดังกล่าว รวมไปถึงวัดความแปรปรวนของอัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์ที่ได้ทำการศึกษา

เริ่มจากการหาผลตอบแทนรายวัน จากข้อมูลราคาปิดตลาด ในแต่ละตลาดหลักทรัพย์ และวัดอัตราผลตอบแทน ให้อยู่ในรูปลอการิทึมของผลตอบแทน (Log Returns) รายวัน โดยอ้างอิงจากดัชนีอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาค โดยนำมาคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกทั้งภูมิภาค และแสดงออกมาในรูปของร้อยละผลตอบแทนไตรมาส จากตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของตลาดหุ้นภายในกลุ่มในรูปแบบไตรมาส ซึ่งกำหนดให้ 1 ไตรมาส มี 63 วันทำการ หลังจากนั้นจึงนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วนในแต่ละตลาดหลักทรัพย์ต่อไป

#### 1.4.2 การวิเคราะห์แบบโครงสร้างของโครงข่าย (Network Topologies Analysis)

นำค่าทางสถิติที่ได้จากแบบ โครงสร้างหรือทฤษฎีกราฟ มาใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ภายโครงข่าย เพื่อศึกษาสถานะความเสี่ยงของความเชื่อมโยงระหว่างตลาด (Interdependent) ที่เกิดขึ้นผ่าน 3 มุมมอง ดังต่อไปนี้ ความแข็งแรงของโครงสร้างโครงข่าย (Robustness in Networks), สถานะลุกลามภายในโครงข่าย (Contagion in Networks) และความยืดหยุ่นในการปรับตัวของโครงข่าย (Resilience in Networks) โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. สร้างโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Networks) ด้วยวิธี Minimum Spanning Tree (MST) พร้อมกับสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ด้วยวิธี Partial Correlation Planar Maximally Filtered Graph (PCPG)

2. นำความเชื่อมโยง (Interdependent and Interconnectivity) ที่เกิดขึ้นระหว่างตลาดหลักทรัพย์ของประเทศต่างๆ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มาทำการวัดค่าทางสถิติที่ได้จากแบบโครงสร้างหรือทฤษฎีกราฟ

3. วัดความเสี่ยง Systemic Risk ของตลาดหลักทรัพย์ ภายในภูมิภาคดังกล่าว ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ความแข็งแกร่งของโครงสร้างโครงข่าย (Robustness in Networks), สภาวะลุกลามภายในโครงข่าย (Contagion in Networks) และความยืดหยุ่นในการปรับตัวของโครงข่าย (Resilience in Networks)

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำมาใช้วัดความเสี่ยง Systemic Risk ด้วยเครื่องมือวัดระดับสหสัมพันธ์ ผ่านมุมมองโครงข่าย (Network) เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในการวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในระบบ แก่ผู้กำกับดูแลตลาดและนักลงทุน ซึ่งวิธีวิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบดังกล่าวทำหน้าที่ได้ดีกว่าวิธีวิเคราะห์ความเสี่ยงในแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังสามารถนำวิธีดังกล่าวมาใช้ในการตรวจสอบเสถียรภาพของตลาดหุ้น โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นสัญญาณเตือนวิกฤตที่อาจจะเกิดขึ้น (Warning System)

### 1.6 นิยามศัพท์

Forbes (2012) ได้ให้นิยามคำว่า “Interdependence” ไว้ว่าเป็นสภาวะเชื่อมโยงจากการที่มีสหสัมพันธ์ ระหว่างตลาดต่างๆ ทั่วโลกอยู่ในระดับสูง และให้นิยามคำว่า “Contagion” ว่าเป็นสภาวะลุกลาม หรือกระบวนส่งผ่านผลกระทบ (Spillovers) อันเนื่องมาจากการเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงขึ้น (Extreme Negative Events)

Mantegna (1999) ให้นิยาม Node หรือ Vertice ไว้ว่าเป็น องค์ประกอบต่างๆ ภายในโครงข่าย (Network)

Mantegna (1999) ให้นิยาม Edge, Arc และ Link ว่าเป็น เส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงออกถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโครงข่าย (Network)

West (1996) ได้ให้นิยามของ “Minimum Spanning Tree” ไว้ว่าเป็นกราฟที่ปราศจากวงวน (Loops) ต่างๆ ที่เชื่อมโยงกับทุก  $n$  องค์ประกอบ ด้วยจำนวน  $n-1$  เส้นเชื่อม (Links) โดยที่ MST จะเลือกเอาเฉพาะเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ จำนวน  $n-1$  เส้นเชื่อม ที่แข็งแกร่งหรือสั้นที่สุด ที่ขยายไป

ครอบคลุมผ่านครบทุกองค์ประกอบ ภายในกราฟ โดย MST นั้นเป็นวิธีที่ใช้เป็นกระบวนการ  
กลั่นกรองของข้อมูล (Filtering the Relevant Information) ที่ปรากฏขึ้นภายในเมทริกซ์สหสัมพันธ์  
(Correlation Coefficient Matrix)

## บทที่ 2

### แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและวรรณกรรมปริทัศน์

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวม และความเชื่อมโยงที่เกิดจากสถานะเชื่อมโยง (Interdependence) อันเนื่องมาจากสหสัมพันธ์ (Correlations) ระหว่างตลาดต่างๆทั่วโลกอยู่ในระดับที่สูง โดยในปัจจุบันนี้พบว่าในตลาดการเงินนั้นมีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสถานะลุกลามของวิกฤต (Contagion) หรือเกิดการส่งผ่านผลกระทบ (Spillovers) อันเนื่องมาจากการเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงขึ้น (Extreme negative events) ก็เป็นไปได้

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงทฤษฎี รวมถึงแนวคิดใหม่ๆที่ใช้ในการศึกษาหาตัวกลาง ที่เป็นตัวผลักดันระดับสหสัมพันธ์ของหุ้นต่างๆที่ซื้อขายแลกเปลี่ยนกันภายในตลาดหลักทรัพย์เอง หรือแม้กระทั่งเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างตลาดหลักทรัพย์เองก็ตามที่ โดยจะนำกรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างภายในตลาดมาเสนอให้อยู่ในรูปแบบโครงข่าย (Network) เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งโครงข่ายต่างๆนั้นมีวิธีการสร้างขึ้นหลากหลายวิธีดังจะกล่าวต่อไป

ในส่วนสุดท้ายนี้ยังได้นำเสนอวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือกในการทำนโยบาย ด้วยการพิจารณาปัจจัยภายนอกประเทศที่อาจเป็นพาหะ หรือต้นกำเนิดของช่องทางในการส่งผ่านผลกระทบจนทำให้วิกฤตเศรษฐกิจลุกลามขึ้น

#### 2.1 ทฤษฎีการส่งผ่านผลกระทบภายนอก (Spillover Effect)

ทฤษฎีของ Koop, Pesaran and Potter (1996) เป็นทฤษฎีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ Generalized Impulse Response Analysis ในแบบจำลอง Unrestricted Vector Autoregressive (VAR) และ Cointegrated VAR ซึ่งแบบจำลอง Vector Autoregressive (VARs) นั้นเป็นแบบจำลองที่อธิบายรูปแบบของความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเศรษฐกิจว่าในความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเศรษฐกิจ มีแนวโน้มที่จะเกิดลักษณะความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกันได้อย่างไร (Interdependence) อีกทั้งยังอธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในพลวัตที่ได้ทำการศึกษาได้เช่นเดียวกัน

Pesaran and Shin (1998) ได้นำเสนอ Generalized Impulse Response Functions ซึ่งเป็นแบบจำลองทางเศรษฐมิติ ที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยที่ไม่ทราบรูปแบบ



ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลในอดีตของตัวแปรเหล่านั้นมาหาความสัมพันธ์กัน เพื่อหาปัจจัยคงตัว (Parameter) ที่ใช้ในการทำนาย ในงานวิจัยดังกล่าวได้นำเทคนิค Impulse Response Function มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นภายในตัวแปรใดๆ ซึ่งผลจากแบบจำลองดังกล่าวให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพอใจ แบบจำลอง VARs จึงเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดกระบวนการส่งผ่านผลกระทบภายนอก (Spillover Effect) หลักๆ ได้ 4 รูปแบบ ได้แก่

1. วัดในรูปแบบดัชนีการส่งผ่านความผันผวน (Spillover Index)
2. วัดทิศทางการส่งผ่านความผันผวนภายในระบบ (Directional Spillovers)
3. วัดขนาดการส่งผ่านความผันผวนของตัวแปรหนึ่งภายในระบบ เปรียบเทียบกับผลรวมของความผันผวนจากตัวแปรอื่นๆที่เหลือ (Net Spillovers)
4. วัดอิทธิพลการส่งผ่านความผันผวนแต่ละตัวเปรียบเทียบกับตนเองภายในระบบ (Net Pairwise Spillovers)

Diebold and Yilmaz (2009a) ได้ศึกษากระบวนการในการส่งผ่านผลกระทบอันเนื่องมาจากวิกฤตการณ์ทางการเงิน ซึ่งดำเนินอยู่ ณ ขณะนั้น และลุกลามเป็นวิกฤตการณ์การเงินโลกในที่สุด ซึ่งพวกเขาได้นำเสนอวิธีการใหม่ที่ใช้วิเคราะห์การเกิดสภาวะ Contagion และ Interdependence ระหว่างตลาดต่างๆ ด้วยการใช้ Vector Autoregression มาทำการศึกษาผ่านข้อมูลอัตราผลตอบแทน และความผันผวนที่เกิดขึ้น ใน 10 ตลาดหุ้น ภายในกลุ่มภูมิภาคเอเชียตะวันออก ซึ่งพบว่าภายในพลวัตของ Return Spillover และ Volatility Spillover นั้นมีความแตกต่างกันในทุกช่วงเวลา โดยนำการวิเคราะห์ Variance Decomposition Analysis ภายใน VAR Model มาใช้ในการระบุชี้ว่า การเกิด Shock ขึ้นในรูปแบบ Return Shocks หรือ Volatility Shocks นั้น ปัจจัยใดเป็นต้นกำเนิด Shock ที่แท้จริง เพื่อที่จะวัดความผันผวนที่เกิดขึ้น (Volatility)

งานวิจัยดังกล่าว จึงเลือกที่จะนำวิธี Efficient Range-based Volatility Estimate มาใช้ ซึ่งเป็นวิธีการที่เสนอขึ้นโดย Garman and Klass (1980) อย่างไรก็ดีในงานวิจัยของ Yilmaz (2009) นั้นได้นำรูปแบบวิธีการศึกษาด้วยวิธี Spillover Index ที่ได้จาก Diebold and Yilmaz (2009a) มาทำการศึกษา ในตลาดหุ้นของ 10 ประเทศหลักๆ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก เพื่อศึกษาพฤติกรรมของ Return Spillovers และ Volatility Spillovers ภายในภูมิภาคตลอดช่วง ปี ค.ศ.1992-

2009 โดยใช้กระบวนการ Rolling Sub-sample Windows ซึ่งจะพบว่า Volatility Spillovers และ Return Spillovers มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปตลอดช่วงเวลาระหว่างที่เกิดวิกฤตการณ์ และช่วงสภาวะปกติ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากกราฟของ Volatility Spillovers นั้นค่อนข้างที่จะชัดเจนว่าในช่วงที่มีวิกฤตการณ์ใหญ่ๆเกิดขึ้นนั้น จะแสดงสัญญาณจากการปะทุ และส่งผลกระทบเป็นวงกว้างของวิกฤตขึ้น ผ่านทางกระบวนการส่งผ่านความผันผวน (Volatility Spillovers) ซึ่งพบว่ามีระดับความรุนแรงมากกว่ากระบวนการส่งผ่านผลกระทบผ่านผลตอบแทน (Return Spillovers)

นอกจากนี้ผลจากการยกระดับของการรวมกลุ่มของตลาด (Market Integration) ตลอดช่วงทศวรรษ 1990 ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก นั้นส่งผลทำให้ระดับความเชื่อมโยง (Interdependent) เพิ่มสูงขึ้นตามมา พร้อมกันนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึง การเพิ่มขึ้นของระดับการส่งผ่านผลกระทบผ่านผลตอบแทน (Return Spillovers) ในช่วงตอนกลางทศวรรษ 1990

อย่างไรก็ตามในช่วงหลังจากที่ตลาดเกิดใหม่หลักๆ (Emerging Market) ผ่านพ้นวิกฤตการณ์ไปแล้ว กลับพบว่าระดับ Return Spillovers นั้นไม่ได้มีแนวโน้มลดลงตามเลยตลอดช่วงทศวรรษ 1990 เป็นต้นไป และต่อมาเมื่อเกิดวิกฤตการณ์ทางการเงินโลกขึ้นในสหรัฐฯ ในช่วงปี ค.ศ. 2008 นั้น ระดับ Return Spillovers ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ยังคงทะยานขึ้นสูงอย่างต่อเนื่องจนแตะจุดสูงสุด ซึ่งพวกเขาสรุปได้ว่าระดับ Return Spillovers และระดับการส่งผ่านความผันผวน (Volatility Spillovers) จะเป็นตัวช่วยยืนยัน และสะท้อนให้เห็นลักษณะที่แสดงออกมาของระบบการเงิน ต่อวิกฤตการณ์ทางการเงินโลกที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

## 2.2 นิยามและทฤษฎีในการวัดความเสี่ยงภายในระบบการเงิน

สภาวะ Contagion มักจะเป็นคำศัพท์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในหมู่นักเศรษฐศาสตร์และนักลงทุน ซึ่งสภาวะดังกล่าวเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง ดังที่จะเห็นอยู่ในวิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันซึ่งเกิดจากกระบวนการส่งผ่านความวุ่นวายภายในระบบการเงินระหว่างประเทศ

### 2.2.1 นิยามและทฤษฎีในการวัดสภาวะลุกลามของวิกฤตการณ์ (Defining and Measuring Contagion)

มีหลายๆงานวิจัย ที่ได้ให้คำนิยามของ “Contagion” ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่ง Forbes (2012) สรุปนิยามจากหลายๆงานวิจัยได้ว่า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายในประเทศหนึ่งแล้วถูกส่งผ่านผลกระทบไปยังประเทศอื่นๆที่เหลือ ซึ่งไม่จำเป็นต้องผ่าน

ช่องทางดั้งเดิม ในรูปช่องทางการค้า (Trade), สินเชื่อ (Bank Loans) หรือการเคลื่อนย้ายเงินลงทุน (Investment Flows) ก็ได้ เพียงแต่ต้องผ่านเกณฑ์คุณสมบัติพื้นฐาน ที่กำหนดขึ้นภายใต้คำจำกัดความของนิยาม Contagion นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยบางส่วนได้ให้นิยามคำว่า Contagion ไว้ว่าเป็นกระบวนการส่งผ่านผลกระทบของตัวรบกวน (Residual Transmission) จาก Shocks ที่เกิดขึ้นภายหลังการควบคุมปัจจัยพื้นฐาน (Fundamentals) แล้ว

### ตารางที่ 2.1 แสดงนิยามของสภาวะลูกกลมของวิกฤตการณ์

ที่มา	นิยามของคำว่า Contagion
King and Wadhvani (1990)	a model in which correlations between markets increase after an idiosyncratic Shock to one market because information is imperfectly revealed
Masson (1999)	the Residual in a model of market comovement ; the comovement that is not explained by Global Shocks. Linkage through normal trade and economic relationships. And country –specific Shocks
Bekaert , Ehrmann , Fratzscher and Mehl (2012)	“the co-movement in excess of that implied by the factor model, i.e. above and beyond what can be explained by fundamentals taking into account their natural evolution over time”
Forbes and Warnock (2012)	large changes in a country ’s gross capital inflows or outflows “resulting from circumstances in another country or group of countries (but not the entire world)”
Forbes and Rigobon (2002)	“a significant increase in cross-market linkages after a Shock to one country (or group of countries)”

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ที่มา	นิยามของคำว่า Contagion
Kodres and Pritsker (2002)	“a price movement in one market resulting from a Shock in another market”
Karolyi (2003)	“ irrational comovement ” which are the residual in a model after controlling for “ fundamental-based co-movements ” (from a real and Financial Linkages) and “ rational investor-based co-movements ” (from rational investment decision making by Financial agents)
Bae , Karolyi and Stulz (2003)	the fraction of “exceedance events” in a region that are not explained by “exceedance events” from another region ; “exceedance events” are extreme returns Shocks (above or below that the 5 <sup>th</sup> or 95 <sup>th</sup> quantile of the marginal return distribution) in equity indices
Hartmann. Straetmans and de Vries (2004)	a significant increase in the conditional probability of having a crash in one market. Given one occurred in another
Boyer , Kumagai and Yuan (2006)	“exceed correlation” between stock markets during periods of high volatility , with “ exceed ” defined as a significant increase in cross-market correlations for investable Stocks (Relative to less accessible stocks)
Dungey , Fry . Gonzalez – Hermosillo and Martin (2010)	“ the effects of contemporaneous movements in asset returns across countries having conditioned on a range of factor ”

ที่มา: Forbes (2012)

จากตารางที่ 2.1 ไม่เพียงแต่แสดงนิยามที่แตกต่างกันออกไปของสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ที่ใช้ในการศึกษา แต่ยังแสดงขอบเขตในการเข้าถึงวิธีการวัด เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตการณ์ได้อย่างลึกซึ้ง

ในงานวิจัยของ Forbes (2012) ได้ทำการศึกษา ข้อดีข้อเสียของวิธีในการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ทั้ง 5 แบบ ได้แก่ Probability Analysis, Cross-market Correlations, VAR Models, Latent Factor/GARCH Models และ Extreme Value Analysis ซึ่งงานศึกษาดังกล่าวได้ให้ความสนใจไปที่การเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต ขึ้นในตลาดหุ้น เนื่องจากตลาดดังกล่าวมีข้อมูลที่มีความถี่สูง (High Frequency) อีกทั้งยังมีขนาดของตัวอย่าง (Sample) ที่ค่อนข้างหลากหลาย ตลอดจนข้อมูลช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาที่ค่อนข้างยาว นอกจากนี้มูลค่าหุ้นนั้นยังสามารถเป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึง การคาดการณ์กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่จะเกิดขึ้น ในอนาคตได้อีกด้วย นอกเหนือจากงานวิจัยดังกล่าวแล้ว ยังมีอีกหลายๆงานวิจัยที่ศึกษาการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตขึ้นภายในตลาดการเงินอื่นๆ อาทิเช่น ผ่านทางตลาดพันธบัตร, ดอกเบี้ย และอัตราแลกเปลี่ยน เป็นต้น

วิธีวัดการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตการณ์ (Measuring Contagion) มีอยู่ด้วยกัน 5 วิธี ดังต่อไปนี้

1. Probability Analysis เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมใช้กันในยุคแรกๆ ซึ่งใช้ในการประเมินการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) โดยมักนำแบบจำลองดังกล่าวมาหาความน่าจะเป็นในการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Probability Models) เพื่อที่จะใช้ประเมินว่า วิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะนั้นสามารถเป็นต้นเหตุ ที่ทำให้เกิดการระเบิดและลูกกลมของวิกฤตการณ์ออกมา หรือส่งผลกระทบต่อเป็นวงกว้างไปยังประเทศอื่นๆ จนเป็นสาเหตุทำให้วิกฤตการณ์ลูกกลมขึ้นในภายหลังได้หรือไม่ โดยจะพบว่าความน่าจะเป็นในการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต ภายในประเทศใดประเทศหนึ่งจะมีแนวโน้มสูงขึ้น ก็ต่อเมื่อ ประเทศต่างๆภายในภูมิภาคนั้น จะเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตมากขึ้น เมื่อประเทศต้นตอของวิกฤตอยู่ภายในภูมิภาคเดียวกัน

วิธีดังกล่าวนี้ จึงเป็นวิธีพื้นฐานที่สามารถนำมาต่อขยายกับการทดสอบบทบาทของสภาวะลูกกลมของวิกฤตที่เกิดขึ้น ซึ่งได้มีงานวิจัยต่างๆนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในการอธิบายการเพิ่มขึ้นของระดับการเคลื่อนย้ายเงินทุน (Sharp Movements in Capital Flows) ที่ยกระดับสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน (Forbes and Warnock, 2012)

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Constancio (2012) ยังได้นำวิธีการดังกล่าวมาคำนวณหาความน่าจะเป็นในการผิดนัดชำระหนี้ (Default Probabilities) ที่เกิดขึ้นผ่านผลิตภัณฑ์ทางการเงิน Credit

Default Swaps ซึ่งวิธีดังกล่าวใช้เป็นเครื่องยืนยันการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ได้เป็นอย่างดี เพียงแต่มีข้อจำกัดที่จะบรรลุผลได้ ก็ต่อเมื่อมีการควบคุมระดับปัจจัยภายใน (Endogeneity) หรือผลกระทบย้อนกลับ (Feedback Effects) รวมไปถึงผลกระทบจากการละเว้นตัวแปรต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในหลายๆประเทศพร้อมๆกัน

2. Cross-market Correlations เป็นเครื่องมือในการวัดการเกิดสภาวะลูกกลมผ่านทางค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด ซึ่งวิธีดังกล่าวได้รับความนิยมใช้ในการวิเคราะห์สภาวะลูกกลมของวิกฤตภายในระบบการเงิน ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา ผลจากการทดสอบในงานวิจัยต่างๆ โดยส่วนใหญ่แล้ว จะพบว่าระดับสหสัมพันธ์ (Correlations) ภายในผลตอบแทนในกลุ่มหุ้น, ดอกเบี้ย, อัตราแลกเปลี่ยน และส่วนต่างของผลตอบแทนตราสารหนี้ภาครัฐ (Sovereign Spreads) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลทำให้ระดับปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบเศรษฐกิจ และการเงินเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลพวงสืบเนื่องตามมาจากที่เกิดวิกฤตขึ้น นอกจากนี้ยังพบความเคลื่อนไหวร่วมกันระหว่างตลาดต่างๆอยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นค่อนข้างที่จะมีนัยสำคัญ และเป็นสิ่งที่พบอยู่บ่อยครั้งเมื่อเกิดวิกฤตการณ์ขึ้น

Forbes and Rigobon (2002) ได้แสดงให้เห็นว่าความผันผวนภายในระบบการเงิน จะมีระดับที่สูงขึ้นในระหว่างช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์ขึ้น ซึ่งความผันผวนดังกล่าวนี้ส่งผลทำให้ค่าคาดการณื ภายในสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่หาได้นั้นมีค่าสูงเกินจริง (Upward Bias) ซึ่งพวกเขาแสดงให้เห็นว่าในตลาดต่างๆ นั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างตลาด หรือที่เรียกว่า “Interdependent” เกิดขึ้นอย่างมากในทุกพื้นที่ทั่วโลก และตระหนักถึงการเกิดสภาวะเชื่อมโยง (Interdependence) ผ่านทางระดับความผันผวนที่มีค่าสูง (High Volatility) ระหว่างช่วงเกิดวิกฤต

อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤตดังกล่าว ด้วยกระบวนการแก้ไข หรือปรับแก้ (Corrections) เมื่อเกิดปัญหา Heteroskedasticity ขึ้นภายในการเคลื่อนไหวของราคาสินทรัพย์ (Asset Price Movements) นั้นไม่สามารถใช้เป็นเครื่องพิสูจน์การเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ได้ดีนัก ถึงแม้ว่ารูปแบบการแก้ไขปรับแก้ (Corrections) ที่แตกต่างกันออกไปนั้น จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ค่อนข้างรัดกุมแล้วก็ตาม ซึ่งก็ยังไม่สามารถก่อให้เกิดความเชื่อต่อศักยภาพในทางปฏิบัติว่าจะใช้ได้ดีเพียงใด

นอกจากนี้ปัญหา Heteroscedasticity ที่เกิดขึ้นในข้อมูลผลตอบแทนนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็น ที่จะต้องได้รับการแก้ไข ซึ่งการทดสอบการเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤต โดยอิงจากค่าสหสัมพันธ์ที่หาได้นั้น ยังต้องให้ความสำคัญต่อการควบคุมผลกระทบจากการตอบสนองย้อนกลับ (Feedback Effects) หรือปัจจัยภายในอื่นๆ (Endogeneity) ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึง Shocks ทั่วไป (ตัวแปรที่ถูกเพิกเฉย) ที่เกิดขึ้นอีกด้วย เมื่อมีการคาดการณ์ว่าผลกระทบของวิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นภายในประเทศหนึ่ง จะถูกส่งผ่านกระทบไปยังประเทศอื่นๆที่เหลือ โดยสามารถนำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์มาใช้เป็นมาตรวัดการเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤต (Contagion) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆตามมาอีกมาก ที่ทำการศึกษามาตรการในการหยุดยั้งผลกระทบที่เกิดจากการส่งผ่านวิกฤต ด้วยการวิเคราะห์เครื่องมือวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด (Cross-market Correlations) ในการวิเคราะห์

3. VAR Models หรือเรียกเต็มๆว่า Vector Autoregression (VAR) เป็นอีกหนึ่งแบบจำลองที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการวิเคราะห์สภาวะลูกกลามของวิกฤต (Contagion) ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ทำนาย ผลตอบแทนของตลาดหุ้น หรือส่วนต่างของอัตราผลตอบแทนพันธบัตรหรือตราสารหนี้ ที่นำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่ใช้เทียบเคียง (Yield Spreads) ในขณะที่การควบคุมปัจจัยที่เกิดขึ้นทั่วโลก (Global Factors) และปัจจัยที่เกิดขึ้นในประเทศใดประเทศหนึ่ง (Country-specific Factors) รวมไปถึงความสม่ำเสมอ (Persistence) ของปัจจัยต่างๆ (Factors) เหล่านี้สามารถทำได้ผ่านกระบวนการ Error-Correction

ดังนั้นวิธีการวัดสภาวะลูกกลามของวิกฤต (Contagion) ด้วย Impulse-Response Function ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ทำนายผลกระทบของ Shock ซึ่งไม่คาดคิดว่าจะเกิดขึ้น (Unanticipated Shock) ในการส่งผ่าน Shock จากประเทศหนึ่งไปยังประเทศอื่นๆ จึงทำให้เครื่องมือดังกล่าวมีความทันสมัยกว่าวิธีวัดที่อิงค่าสหสัมพันธ์ เนื่องจากแบบจำลอง VARs นี้ ทำให้ไม่ต้องยุ่งยากกับการปรับแก้ Heteroskedasticity ที่เกิดขึ้นในผลตอบแทน และไม่ทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เกิดความเสียหายจากการปรับแต่งเหมือนกับวิธีก่อนหน้านี้อีกด้วย

4. Latent Factor/GARCH Models เป็นวิธีที่นำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficients) และแบบจำลอง VARs มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤต ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่นำแบบจำลอง Latent Factor และ GARCH มาประยุกต์ใช้ ผ่านทางค่าความ

แปรปรวนของผลตอบแทน (Return Variances) ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดช่วง (Regimes) ที่ทำการศึกษา

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆ ที่ทำการศึกษาคาดการณ์การส่งผ่านความผันผวน (Spillovers in Volatility) โดยที่ให้ความสนใจไปที่ความเคลื่อนไหวระหว่างตลาด (Cross Market Movements) ซึ่งเกิดการเคลื่อนไหวทางอ้อม (Second Moments) ผ่านราคาสินทรัพย์ขึ้น แทนที่จะเป็นการส่งผ่านผลกระทบของราคา (Spillovers in Prices) โดยตรง โดยส่วนมากแล้วจะเป็นการศึกษาในรูปแบบการเกิดสถานะลูกกลมของวิกฤต ที่มีต้นกำเนิดวิกฤตจากประเทศหนึ่งแล้ว ลูกกลมไปยังประเทศอื่น

ในงานวิจัยส่วนใหญ่ มักจะควบคุมปัจจัยพื้นฐาน (Fundamental Factors) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และนิยามให้สถานะลูกกลมของวิกฤต นั้นเกิดจากค่าสหสัมพันธ์ส่วนเกิน (Excess Correlation) ที่ได้หลังจากการควบคุมปัจจัยพื้นฐานต่างๆแล้ว เนื่องจากการวัดการเกิดสถานะลูกกลมของวิกฤต นั้นอิงตามสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ของส่วนต่างระหว่างค่าจากการทำนาย และค่าที่ได้จริง (Residuals) หรือค่าคาดเคลื่อน (Error Term) ซึ่งทำให้เกิดประเด็นน่าสนใจ ที่ว่าอะไรเป็นสิ่งที่ควรยึดถือเป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ส่วนที่คาดเคลื่อนจากการทำนาย (Residuals) หรือค่าคาดเคลื่อน (Error Term) เหล่านั้นสามารถเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดสถานะลูกกลมของวิกฤต หรือสามารถเกิดสถานะลูกกลมจาก Shock ที่เกิดขึ้นทั่วโลก (Global Shocks) หรือตัวแปรอื่นๆที่ได้รับการละเว้นนอกเหนือแบบจำลองหรือไม่

5. Extreme Values/Co-exceedance/Jump Approach เป็นวิธีในการวัดสถานะลูกกลมของวิกฤต ซึ่งใช้ความน่าจะเป็นเริ่มต้น (Initial Probability) มาเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาต่อด้วยการใช้ทฤษฎี Multivariate Extreme Value มาทดสอบหางของการกระจายตัวของอัตราผลตอบแทน จากกลุ่มที่ได้ทำการศึกษา (Tail Observations) เหล่านั้น ซึ่งในช่วงที่มีความผันผวนเกิดขึ้นมากนั้น จะทำให้ความโค้งมีค่าต่ำ ในขณะที่หางของการกระจายตัวมีลักษณะแบบ Fat Long Tail โดยที่ความเชื่อมโยงระหว่างประเทศ ณ ช่วงเวลาที่สำคัญที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ จะเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสถานะลูกกลม ก็ต่อเมื่อค่าที่วัดได้ในตัวแปรต่างๆมีค่าเกินเกณฑ์ขั้นสูงที่กำหนด (Threshold Value) ไม่ว่าจะเป็นการวัดอยู่ในค่าสัมบูรณ์ (Absolute) หรือค่าที่เกี่ยวข้องกับการ



กระจายตัวของผลตอบแทนอื่นๆก็ตาม นอกจากนี้ยังมีบางงานวิจัยที่สนใจไปที่ช่วงเวลาที่มีการเคลื่อนไหวของระดับราคาที่มีความผันผวนอย่างมาก (Large Movement in Prices)

วิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีอยู่หลายประการ เนื่องจากไม่ได้สมมติให้กระบวนการส่งผ่าน Shock ต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง หรือให้ความสนใจไปยังความสัมพันธ์ผลตอบแทนรายวัน ระหว่างตลาดต่างๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ให้ความสนใจไปที่ผลกระทบวงกว้างที่เกิดจาก Shock เชิงลบ (Negative Shocks) แทน ซึ่งใกล้เคียงกับนิยามแบบกว้างๆของสภาวะลูกกลมของวิกฤต อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวนี้มีข้อเสียอยู่บ้างเช่น กลุ่มตัวอย่างของ Extreme Moments ก่อนข้างที่จะน้อย และยากต่อการควบคุม Shock ที่เกิดขึ้นทั่วโลก (Global Shocks) ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิด Extreme Value ในหลายๆตลาดขึ้นพร้อมๆกันทันที ซึ่งอาจถูกตีความว่าเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตขึ้นไปโดยปริยาย

วิธีการต่างๆเหล่านี้ค่อนข้างที่จะให้ผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐานของการกระจายตัวในผลตอบแทนต่างๆ ที่เที่ยงตรง ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีอยู่ตรงที่ไม่ต้องเผชิญกับปัญหาทางด้านเศรษฐมิติต่างๆ เหมือนกับการใช้แบบจำลองอื่นๆ อาทิเช่น แบบจำลอง VAR และการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analyses) จึงทำให้หลายๆงานวิจัยนิยมใช้ วิธีดังกล่าวเป็นเครื่องพิสูจน์การเกิดการลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ดังที่พบได้ในวิกฤตการณ์รัสเซีย (Russian Crisis) แต่ก็ไม่ใช้ทั้งหมดของวิกฤตการณ์ที่จะเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤตขึ้น

ในแต่ละวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วสำหรับการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Measuring Contagion) มีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับนิยามที่ใช้ในการศึกษา วิธีการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) นั้นค่อนข้างที่จะเป็นประโยชน์สำหรับการวัดสภาวะเชื่อมโยง (Interdependence) ที่เกิดขึ้นระหว่างตลาดต่างๆทั่วโลก และแบบจำลองปัจจัย (Factor models) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดการส่งผ่านความผันผวน (Spillovers in Volatility) ระหว่างตลาด ภายใต้การควบคุมปัจจัยพื้นฐานต่างๆ (Fundamentals) ที่สามารถวัดได้

ในขณะที่ การวิเคราะห์แบบ Extreme-value Analysis เป็นวิธีที่เพิ่งถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับกระบวนการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) โดยอิงตามนิยามทั่วไป ซึ่งก็คือกระบวนการส่งผ่านผลกระทบใดๆ (Transmission) ของ Extreme Negative Shocks อย่างไรก็ตามแต่ละวิธีนั้นต้องมีการกำหนดสมมติฐานขึ้น ภายใต้การควบคุม Global Shocks ที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้

เกิดวิกฤตการณ์ขึ้นภายในประเทศใดประเทศหนึ่ง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของระดับ Comovement ระหว่างประเทศมีมากขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง

ประเด็นที่สำคัญของการเชื่อมโยงระหว่างตลาดต่างๆในหลากหลายภูมิภาค อาทิเช่น อาเซียน (ASEAN) และประเทศในกลุ่มยูโรโซน (Eurozone) ที่เกิดขึ้นนั้น ทำให้ปัจจุบันผู้ดำเนินนโยบายและควบคุมระบบการเงินในประเทศต่างๆ นั้นเริ่มให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงต่างๆผ่านทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และการเงินระหว่างประเทศ เนื่องจากการรวมกลุ่มประเทศดังกล่าวก่อให้เกิดความเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจทั้งด้านการค้า และการเงินระหว่างประเทศ ซึ่งทำให้ประเทศสมาชิกต่างๆที่สร้างกลไกเชื่อมโยงต่อกัน นั้นได้ประโยชน์จากการเติบโตของเศรษฐกิจ และการเงินระหว่างประเทศ

แต่อย่างไรก็ตามการที่ความเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจและการเงินดังกล่าว ยิ่งมีการขยายตัวมากเท่าไร ยิ่งทำให้เกิดการลุกลามของวิกฤตขึ้นได้ง่ายขึ้น เมื่อเกิดสภาวะวิกฤตในระบบต่างๆทางเศรษฐกิจขึ้นกับประเทศหนึ่ง ก็จะส่งผลทำให้ประเทศอื่นๆที่อยู่ในเครือข่ายที่เชื่อมโยงกันนั้นได้รับผลกระทบจากสภาวะวิกฤตลุกลามตามมาในภายหลัง ดังจะเห็นได้จากวิกฤตการณ์นี้ สาธารณะที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ดังนั้นจึงทำให้นักวิจัยต่าง ๆสนใจที่จะศึกษาโครงสร้างที่เชื่อมโยงกันระหว่างตลาดต่างๆมากขึ้น เพื่อที่จะนำมาหาผลกระทบจากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศ อันเนื่องมาจากระดับปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการศึกษาความเชื่อมโยงในระดับอนุภูมิภาคผ่านโครงข่ายนั้นจึงเป็นสิ่งที่ทำให้เสริมสร้างความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

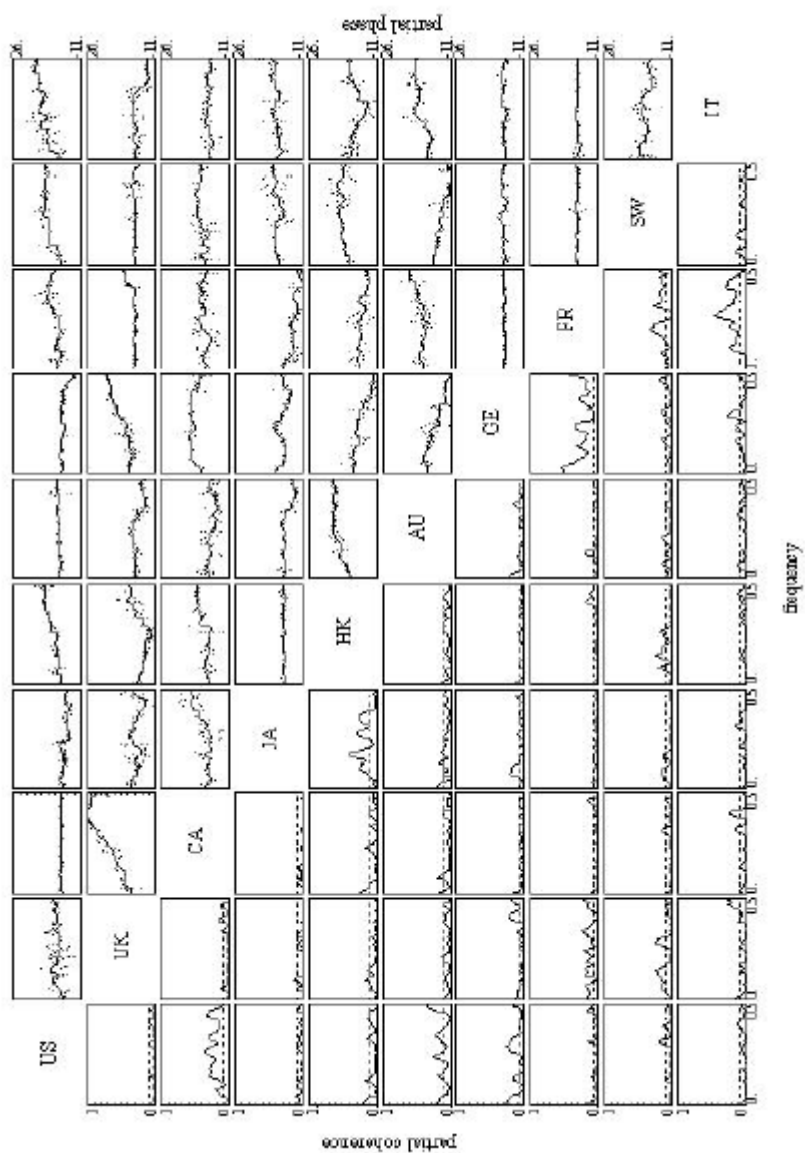
Bessler and Yang (2003) ได้ใช้แบบจำลอง Error Correction เพื่อที่จะแสดงลักษณะพลวัตระยะสั้นของปฏิสัมพันธ์ภายในโครงข่าย และกราฟแสดงทิศทาง (Directed Graph) รวมไปถึงศึกษาโครงสร้างของการเกิดปฏิสัมพันธ์ภายในตลาดหุ้น (Interaction Structure) ผ่านมุมมองโครงข่ายระหว่างตลาดหลักทรัพย์นานาชาติ ด้วยแบบจำลองเชิงกราฟ (Graphical Models) ในงานวิจัยของ Abdelwahab, Amor and Abdelwahed (2008) ได้แบ่งแยกชนิดของสหสัมพันธ์เป็นสองประเภทคือ สหสัมพันธ์ทางตรง (Direct Correlations) และสหสัมพันธ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของความสัมพันธ์ (Induced Correlations) ระหว่างตลาดการเงินต่างๆ โดยได้นำเสนอแบบจำลองเชิงกราฟ (Graphical Models) สำหรับใช้ในแบบจำลองข้อมูลอนุกรมเวลาเชิงพหุ (Multivariate Time-

series) โดยอิงมาจากแบบจำลองเชิงกราฟ (Graphical Models) (Bessler and Yang, 2003; Talih and Hengartner, 2005)

ในงานวิจัยของ Abdelwahab et al. (2008) มีจุดมุ่งหมายที่จะค้นหาความสัมพันธ์ที่สำคัญซ่อนอยู่ระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยแสดงความสัมพันธ์ออกมาในรูปแบบกราฟ อีกทั้งยังได้นำเสนอการใช้กราฟสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Graph) ที่ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา ด้วยกระบวนการสร้างความสัมพันธ์จากสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Spectral Coherence) เกี่ยวเนื่องระหว่าง 2 องค์ประกอบใดๆ หลังจากหักผลกระทบเชิงเส้น (Linear Effect) ขององค์ประกอบที่เหลือออก ซึ่งเป็นข้อดีของวิธีดังกล่าว นอกจากนี้ยังได้ศึกษากระบวนการส่งผ่านของข้อมูลระหว่างตลาดการเงินหลักๆของโลก

ในงานวิจัยของ Abdelwahab et al. (2008) นั้นยังให้ความสนใจไปที่ค่า Partial Spectral Coherence เพื่อที่จะนำมาใช้ในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างผลตอบแทนของ 2 ตลาดใดๆ หลังหักผลกระทบเชิงเส้นจากตลาดอื่นๆที่เหลือออก โดยเส้นประในแต่ละรูปนั้นเป็นตัวแทนของการทดสอบ Joint 5% ของสมมติฐานที่ว่าค่า Partial Coherence เท่ากับศูนย์ในช่วงความถี่ต่างๆ ผลการทดสอบระบุว่า บางกระบวนการนั้นไม่มีสหสัมพันธ์กันกับกระบวนการที่เหลือ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ามีเพียงบางความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Dependencies) ระหว่างตลาดต่างๆ ที่สามารถเป็นตัวเหนี่ยวนำตลาดอื่นๆได้ ดังเช่นในภาพที่ 2.1 พบว่ามีหลายๆคู่ของสหสัมพันธ์ (Pairwise Correlations) ที่ไม่มีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น ผลตอบแทนของ ตลาดหุ้นสหรัฐอเมริกา (USA) และตลาดหุ้นในเครือสหราชอาณาจักร (U.K) นั้นเป็นอิสระต่อกัน

ภาพที่ 2.1 แสดงค่า Partial Spectral Coherences เชิงประจักษ์ (ได้แนวทแยงมุม) และ Partial Phase Spectrum เชิงประจักษ์ (เหนือเส้นทแยงมุม) จากข้อมูลผลตอบแทนตลาดหุ้นนานาชาติประเทศ



ที่มา: Abdelwahab et al. (2008)

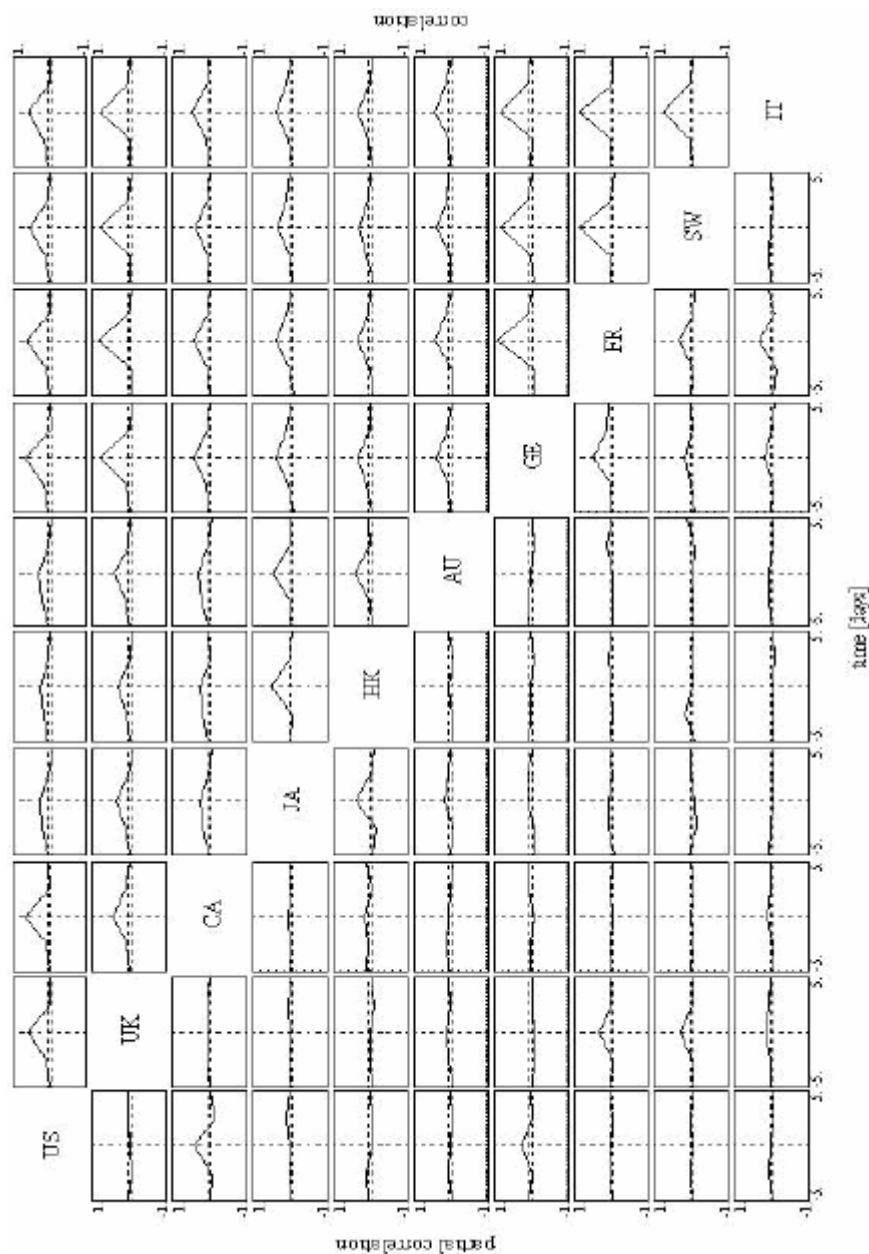
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลของการใช้ข้อมูลร่วมกันผ่านสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Mutual Information) ที่ได้จากผลตอบแทนตลาดหุ้นระหว่างประเทศ

	US	UK	CA	JA	HK	AU	GE	FR	SW	I T
USA	.									
UK	0.0231	.								
CANADA	0.2150	0.0393	.							
JAPAN	0.0562	0.0265	0.0244	.						
HONGKONG	0.0614	0.0412	0.0492	0.1490	.					
AUSTRALIA	0.1197	0.0469	0.0385	0.0504	0.0535	.				
GERMANY	0.1048	0.0672	0.0376	0.0599	0.0314	0.0477	.			
FRANCE	0.0492	0.1408	0.0273	0.0420	0.0379	0.0394	0.2683	.		
SWITZ	0.0485	0.0962	0.0275	0.0464	0.0628	0.0562	0.0656	0.1612	.	
ITALY	0.0345	0.0658	0.0494	0.0448	0.0290	0.0444	0.0769	0.2022	0.0412	.

ที่มา: Abdelwahab et al. (2008)

ภายในตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงการใช้ข้อมูลร่วมกันผ่านสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Mutual Information) ระหว่างตลาดต่างๆ ซึ่งพวกเขาได้นำผลจากรายการที่ 2.1 และภาพที่ 2.1 มาหารูปแบบต่างๆที่น่าสนใจจากประเทศในภูมิภาคต่างๆ

ภาพที่ 2.2 แสดงสหสัมพันธ์เชิงประจักษ์ (เหนือแนวทแยงมุม) และ สหสัมพันธ์แยกส่วนเชิงประจักษ์ (ใต้แนวทแยงมุม) จากข้อมูลผลตอบแทนจากตลาดหุ้นนานาชาติประเทศ



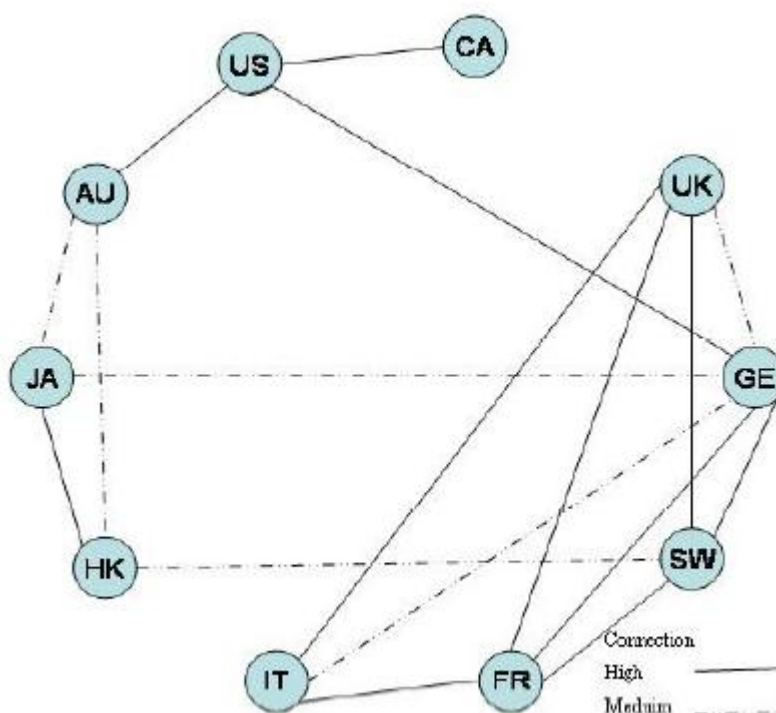
ที่มา: Abdelwahab et al. (2008)

ผลลัพธ์จากภาพที่ 2.2 นั้น แสดงให้เห็นถึงสหสัมพันธ์แยกส่วนระหว่างประเทศ (Partial Cross Correlations) ที่ถูกกำหนดขึ้นมาจาก การทำ Inverse Fourier Transform จากค่าคาดการณ์ของ Partial Cross Spectral ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกรำเสนอโดย Dahlhaus (2000) ผลที่ได้จากการพลอต พบว่า โครงสร้างที่ได้นั้นมีทิศทางที่สอดคล้องกับภาพที่ 2.1 โดยจะสังเกตเห็นได้ชัดถึงสหสัมพันธ์

ระหว่างตลาด (Cross Correlations) และสหสัมพันธ์แยกส่วนระหว่างตลาด (Partial Cross Correlations) ระหว่างผลตอบแทน ซึ่งถ้าค่าที่ได้เป็นบวกจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าตลาดต่างๆเหล่านั้นตอบสนองต่อข่าวสารในทิศทางเดียวกัน โดยส่วนใหญ่แล้วค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) ภายในตลาดจะแสดงออกมาให้เห็นว่าจะมีค่าสูงสุด (Peak) ณ การล่าหลัง 0 วัน (Zero Day Lag Witch) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง ความรวดเร็วของการปรับตัวระหว่างตลาดการเงินในประเทศต่างๆอยู่ในระดับที่สูงมาก

เมื่อคำนวณหาค่า Partial Spectral Coherencies ระหว่าง 2 ตัวแปร พร้อมกับการพิจารณาตัวแปรที่เหลือ โดยกำจัดอิทธิพลเชิงเส้นตรงของบางตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์ออกไป นำค่าที่ได้จากผลลัพธ์ของ Spectrum และลำดับขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา (Algorithm) ของ Fried และ Didelez มาสร้างกราฟสหสัมพันธ์แยกส่วนจาก 10 ประเทศที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง โครงสร้างที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันของตลาดหุ้นนานาชาติ

ภาพที่ 2.3 แสดงกราฟสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Grap) ผ่านทางข้อมูลผลตอบแทนตลาดหุ้น ภายใน 10 ประเทศ ที่กำหนด



ที่มา: Abdelwahab et al. (2008)

จากภาพที่ 2.2 และภาพที่ 2.3 พบว่าสหสัมพันธ์ภายในภูมิภาค (Intra-regional Pairwise Correlations) นั้นมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าระหว่างภูมิภาค (Inter-regional Correlations) ดังที่เห็นอย่างชัดเจนจากทั้ง 10 ตลาดหุ้น ซึ่งครอบคลุมทั้ง 3 ภูมิภาค ได้แก่ ภูมิภาคอเมริกาเหนือ (อเมริกา และ แคนาดา), ภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (ญี่ปุ่น, ฮองกง และออสเตรเลีย) และภูมิภาคในกลุ่ม European zone (ฝรั่งเศส, อิตาลี, เยอรมนี, สวิตเซอร์แลนด์ และสหราชอาณาจักร) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าตลาดหุ้นต่างๆที่อยู่ภายใต้ภูมิภาคเดียวกันนั้นจะมีระดับการเชื่อมโยงกัน (Connection) อยู่ในระดับที่สูงมาก เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (Correlations) เช่นญี่ปุ่น/ฮองกง และ อเมริกา/แคนาดา รวมไปถึงหลายๆคู่ของประเทศในทวีปยุโรป ที่มีสหสัมพันธ์ต่อกันในระดับสูง ดังเช่นที่พบในฝรั่งเศส/เยอรมนี โดยที่ ตลาดหุ้นฮองกงนั้นมีสหสัมพันธ์อยู่ในระดับที่สูงกับตลาดหุ้นญี่ปุ่น โดยความสัมพันธ์ระหว่างภูมิภาคดังกล่าวนี้เชื่อมโยง กับภูมิภาคยุโรปผ่านทางตลาดหุ้นเยอรมนี นอกจากนี้ตลาดหุ้นฮองกงยังมีการเชื่อมโยงโดยตรงกับ ภูมิภาคยุโรป ผ่านทางตัวกลางตลาดหุ้น สวิตเซอร์แลนด์เมื่อพิจารณาจากระดับสหสัมพันธ์ ในขณะที่ตลาดหุ้นออสเตรเลียนั้นมีความสัมพันธ์แบบอ่อนๆต่อตลาดหุ้นญี่ปุ่นและฮองกง ในทางกลับกันยังเป็นตลาดหุ้นที่มีความสัมพันธ์อย่างสูงต่อตลาดหุ้นในภูมิภาคอเมริกาเหนือ ผ่านทางตลาดหุ้นอเมริกา ในขณะที่ตลาดหุ้นเยอรมนี นั้นมีบทบาทสำคัญอย่างมากในฐานะผู้นำหรือมหาอำนาจในภูมิภาคยุโรป ซึ่งมีบทบาทเป็นทั้งตัวกลางรับและส่งสัญญาณในแง่ของข้อมูลข่าวสาร (Signal Information) จากตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกนั้นผ่านทางตัวกลางตลาดหุ้นญี่ปุ่น และจากภูมิภาคอเมริกาเหนือ ผ่านทางตลาดหุ้นอเมริกา สิ่งหนึ่งที่เราสังเกตเห็นได้จากตลาดหุ้นในกลุ่มยุโรป ก็คือสหสัมพันธ์ (Correlations) ภายในภูมิภาคอยู่ในระดับที่รุนแรง ดังแสดงในภาพที่ 2.1, ภาพที่ 2.2 และ ภาพที่ 2.3 ซึ่งพบว่าค่า Coherence นั้นมีค่าสูงสุด ภายในตลาดการเงินของฝรั่งเศส, เยอรมนี, สวิตเซอร์แลนด์, อิตาลี และสหราชอาณาจักร



## 2.2.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk

นิยามของ Systemic Risk สามารถแบ่งออกเป็น 4 นิยามหลักๆ ดังต่อไปนี้

1. Mishkin (1995) ให้นิยาม Systemic Risk ไว้ว่าเป็นความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดอย่างทันทีทันใด ซึ่งทำให้เกิดความสับสนของข้อมูลข่าวสาร ภายในตลาดการเงิน จนทำให้ช่องทางในการลงทุนขาดประสิทธิภาพในการทำงาน และเสียโอกาสในการลงทุน

2. Kaufman (1995) ให้นิยาม Systemic Risk ไว้ว่าเป็นความเสี่ยงของปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบห่วงโซ่ ที่เกิดขึ้นจากการลุกลามของปัญหาจากองค์ประกอบ ที่มีความเชื่อมโยงไปสู่องค์ประกอบอื่นๆอยู่ในระดับสูง (Dominos Effect)

3. Bank for International Settlements (1994) ให้นิยาม Systemic Risk ไว้ว่า คือความเสี่ยงที่เกิดจากความล้มเหลวที่เกิดขึ้นของกลุ่มสัญญา ที่เกิดจากการผิคนัดชำระหนี้ จนส่งผลกระทบเป็นห่วงโซ่ ต่อการชำระหนี้ของกลุ่มสัญญาอื่นๆในระบบ

4. Schwarcz (2008) ให้นิยาม Systemic Risk ไว้ว่าเป็นความเสี่ยง ที่เป็น Economic Shock ไม่ว่าจะเป็ความเสี่ยงล้มเหลว ที่เกิดขึ้นในสถาบันการเงิน หรือตลาด จนนำมาสู่ความตื่นตระหนก หรือเกิดจากความล้มเหลวในห่วงโซ่โครงข่าย สถาบันการเงิน และ ตลาดต่างๆ ซึ่งส่งผลเสียหายเป็นวงกว้างต่อทั้งระบบ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบทำให้ต้นทุนเงินทุนเพิ่มสูงขึ้น หรือความสามารถในการจัดหาเงินทุนลดลง ดังจะเห็นได้จากระดับความผันผวนของราคาในตลาดการเงิน อีกในแง่หนึ่งหมายถึงความเชื่อมโยงของ Shocks จากองค์ประกอบหนึ่ง ไปยังองค์ประกอบอื่นๆภายในระบบ ซึ่งส่งผลทำให้สภาพคล่องภายในระบบลดลงตามมา

Systemic Risk ภายในตลาดการเงิน นั้นถือเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการส่งผ่านสภาวะลุกลาม (Contagion) ให้เกิดขึ้นได้ภายในระบบการเงิน ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่เป็นตัวขยายความเสียหายที่เกิดขึ้นภายในระบบการเงินให้ขยายวงกว้างนั้น ประกอบไปด้วย

1. สหสัมพันธ์ (Correlation): ใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่า ยิ่งสถานะความเสี่ยง (Exposures) ต่อปัจจัยจากความเสี่ยงพื้นฐาน (Common Risk Factors) สูง สามารถเป็นปัจจัยนำไปสู่ความเสียหาย ที่แพร่ผลกระทบเป็นวงกว้างภายในโครงข่ายได้

2. การก่อสภาวะลูกกลมผ่าน Balance Sheet หรือปัจจัยเสี่ยงของคู่สัญญา (Counterparty Risk/ Balance Sheet Contagion): การผิดชำระหนี้ของสถาบันหนึ่ง สามารถทำให้เกิดความเสี่ยงต่อคู่สัญญา จนเป็นบ่อเกิดของการล้มละลายได้ในที่สุด

3. ความผันผวนของสภาพคล่อง (Spirals of Illiquidity): ความเคลื่อนไหวของตลาด รวมไปถึงสภาพคล่องภายในตลาด อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเรียก Margin Calls<sup>1</sup> เพิ่มจากสถาบันการเงิน ซึ่งทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงต่อการผิดชำระหนี้ของสถาบันการเงินขึ้นได้ ภายในสถาบันการเงินหรือกองทุนรวมระยะสั้น ที่อาจขาดสภาพคล่องในช่วงขณะ

4. ผลกระทบย้อนกลับมาจากหลักทรัพย์ต่างๆ (Procyclical Feedback Effects): อาจเกิดปัญหา Fire Sales<sup>2</sup> ของหลักทรัพย์ อันเนื่องมาจากการลดการถือครองหลักทรัพย์ของนักลงทุน (Deleverage) จนส่งผลกระทบทำให้ราคาหลักทรัพย์ลดลงอย่างรวดเร็ว จนนำไปสู่ความเสียหายใน Portfolio อื่นๆ ซึ่งถือหลักทรัพย์ดังกล่าวอยู่ เพราะฉะนั้นจึงเปรียบเสมือนการขาดเสถียรภาพ (Endogenous Instability) ขึ้นภายในตลาดการเงิน

ในแต่ละกลไกที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นกระบวนการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤต ร่วมกับศาสตร์ทางด้าน Network Topologies โดยภายในงานวิจัยนี้เลือกที่จะนำการหาสหสัมพันธ์ (Correlation) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา ร่วมกับการสร้างโครงข่ายในตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาค เพื่อใช้วิเคราะห์ความไม่สมดุลที่เกิดขึ้นภายในโครงข่าย ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม

นอกจากวิธีที่ได้กล่าวมาในข้างต้นแล้ว ยังมีวิธีการวัดความเสี่ยงต่อการเกิด Systemic Risk ในแง่ของการเกิดสภาวะลูกกลม ผ่านทางทฤษฎีโครงข่าย ซึ่งเป็นวิธีใหม่ที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งที่น่าเสนอไว้ในงานวิจัยของ Soramäki and Cook (2012) ซึ่งได้ทำการศึกษา หามาตรที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคาดการณ์ ระดับความล้มเหลวในแต่ละธนาคาร ที่ส่งผลทำให้ระบบการเงิน

<sup>1</sup> การที่บริษัทหลักทรัพย์เรียกให้ลูกค้านำเงินสดมาวางเป็นหลักประกันเพิ่มเติม เพื่อให้มูลค่าหลักประกันของลูกค้า เทียบกับมูลค่าหลักทรัพย์ใน Margin Account ของลูกค้า นั้น คิดเป็นอัตราส่วนไม่ต่ำกว่า ระดับหลักประกันรักษาสภาพ (Maintenance Margin) ที่ถือเป็นเกณฑ์ Margin Call

<sup>2</sup> การเทขายหลักทรัพย์ออกไป ด้วยความตื่นตระหนก (Panic) ของนักลงทุน โดย ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อลูกหนี้และเจ้าหนี้ ยังส่งผลเสียหายไปถึงยังผู้ถือหลักทรัพย์ในรูปแบบดังกล่าวภายในตลาดการเงินอีกด้วย

หยุดชะงัก อันเป็นสิ่งสำคัญต่อผู้กำกับดูแลระบบการเงินอย่างมาก ในแง่ของการกำกับดูแลระบบการชำระเงิน และธุรกรรมระหว่างธนาคาร ซึ่งเป็นสิ่งที่พวกเขาให้ความสนใจ โดยพวกเขาได้นำการวัดระดับ SinkRank ซึ่งเป็นความรู้ทางด้านโครงข่ายมาประยุกต์ใช้กับระบบการชำระเงิน โดยที่ SinkRank นั้นสามารถนำมาใช้ในการทำนาย ขนาดของความเสียหายจากการหยุดชะงัก (Disruption) ของฟังก์ชันการทำงานในระบบการชำระเงิน (Payment Systems) อันเนื่องมาจากความล้มเหลวที่เกิดขึ้นกับธนาคารใด ธนาคารหนึ่งภายในระบบ ซึ่งผลลัพธ์จากการศึกษาพบว่าค่า SinkRank นั้นให้ผลการทำนายค่อนข้างแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าธนาคารใดจะได้รับผลกระทบสูงสุดจากความล้มเหลวในครั้งนี้ อันที่จริงแล้วค่า SinkRank เป็นค่าที่อิงมาจาก Markov Chains ซึ่งเป็นโมเดลที่ให้ผลการศึกษาจากพลวัตของสภาพคล่องในระบบการชำระเงิน (Payment Systems) ได้เป็นอย่างดี โดยเริ่มจากการสร้างเมทริกซ์ ขึ้น 2 เมทริกซ์ เพื่อที่จะใช้ในการประเมินขนาดของความเสียหาย (Disruption) ที่เกิดขึ้นจากการหยุดชะงักของระบบ พร้อมกับระยะเวลาที่หน่วงรวมในระบบ (Congestion) ที่เกิดจากผลรวมของความล่าช้าในทุกๆธนาคาร และค่าเฉลี่ยของระดับเงินทุนสำรองที่ลดลง อันเนื่องมาจากการเกิด Failing Bank<sup>3</sup> หรือที่เรียกว่า Liquidity Dislocation โดยที่พวกเขาได้นำค่า SinkRank ไปทดสอบกับโครงข่าย Scale-free Networks บนระบบ Fedwire System ซึ่งพบว่าค่า SinkRank ของธนาคารที่มีความล้มเหลวเกิดขึ้น (Failing bank) นั้นค่อนข้างที่จะมีสหสัมพันธ์กับขนาดความเสียหาย (Disruption) ภายในระบบอยู่ในระดับที่สูงมาก นอกจากนี้ยังสามารถใช้ค่า SinkRank เป็นตัวบ่งชี้ว่าธนาคารไหน ที่จะนำความเสียหายมาสู่ระบบมากที่สุด เมื่อเกิดความล้มเหลวขึ้น พร้อมกันนี้พวกเขายังได้ นำการวัดระดับ Centrality ภายในโครงข่ายมาศึกษาในระดับความเป็นศูนย์กลาง ผ่านทางค่า Degree Centrality, Closeness Centrality, Betweenness Centrality และEigenvector Centrality นอกจากนี้ยังได้นำเสนอวิธีการวัดความเปราะบางของ Node ต่างๆ ภายในระบบผ่านทางค่า PageRank

Hammond (2009) ได้สรุปไว้ว่าความอ่อนแอต่อการเกิดวิกฤตการณ์ทางการเงินของโครงสร้างภายในโครงข่ายทางการเงิน ที่เกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ นั้น เป็นสิ่งที่ทำให้เราเข้าใจถึงความเสี่ยง Systemic Risk ได้ดีขึ้น และการปฏิรูประบบการเงินนั้น ไม่ควรที่จะให้ความสำคัญ แต่แค่เพียงองค์ประกอบภายในระบบการเงิน (Financial Actors) เท่านั้น แต่ควรให้ความสนใจไปที่รูปแบบ

<sup>3</sup> สถาบันการเงินที่ถูกเพิกถอนใบอนุญาต หรือถูกปิดกิจการ

ความเชื่อมโยงภายในระบบที่เกิดขึ้นด้วย โดยโครงสร้างของโครงข่ายทางการเงิน มักมีอิทธิพลต่อพลวัตของระบบ

อย่างไรก็ตามภายใต้แนวทางในการศึกษา และความเข้าใจถึงโครงสร้างระบบการเงินเหล่านั้น สามารถทำให้ผู้กำกับดูแลระบบเข้าใจโครงสร้างภายในระบบอย่างลึกซึ้ง ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการป้องกันวิกฤตไม่ให้เกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้น เครื่องมือและเทคนิค รวมไปถึงทฤษฎี จากงานวิจัยหลากหลายสาขา ภายใน Network Science นั้นค่อนข้างที่จะเป็นประโยชน์อย่างมาก เพียงแต่จำเป็นต้องเข้าถึงข้อมูล ไม่ว่าจะเป็ข้อมูลที่ทำให้เข้าถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในโครงข่ายทางการเงินแบบเป็นทางการ และไม่ทางการ เพื่อที่จะเสริมสร้างความเข้าใจในแง่ของความเสี่ยง Systemic Risk ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

นอกจากนี้เครื่องมือทางด้าน Network ยังเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและปฏิรูประบบการเงิน โดยเครื่องมือดังกล่าวนี้เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพมากพอต่อการปฏิรูประบบการเงิน ซึ่งเราสามารถที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงความแข็งแกร่งภายในโครงข่ายการเงิน (Robustness), ความสามารถในการปรับตัว หรือความยืดหยุ่น (Resilience) ภายในโครงข่าย และความต้านทานต่อสภาวะลุกลามของวิกฤต (Resistance to Contagion) ภายในระบบการเงินได้

โดยส่วนใหญ่แล้วนิยามของการเกิดสภาวะลุกลามในทางการเงิน (Contagion) มักจะหมายถึง การแพร่กระจายของผลกระทบที่เกิดจากวิกฤตการณ์ทางการเงินจากสถาบัน หรือประเทศหนึ่งไปยังสถาบันอื่นๆ หรือประเทศอื่นๆ เช่น การเกิด Bank Run และ การส่งผ่านผลกระทบที่เกิดจากวิกฤตข้ามประเทศ ซึ่งได้แก่ Stock Market Crashes, Currency Crises และ Sovereign Debt Crisis เป็นต้น ตัวอย่างของการเกิดสภาวะลุกลามของวิกฤต ที่เห็นได้ชัด คงจะหนีไม่พ้นวิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นในเอเชีย หรือที่รู้จักกันดีในชื่อ วิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง ที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศไทย ในช่วงปี ค.ศ. 1997 ที่ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างไปสู่ประเทศอื่นๆภายในภูมิภาค

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์การเกิดสภาวะลุกลามของวิกฤตการณ์ นั้นสามารถที่จะนำความรู้ทางด้าน Network มาใช้พิจารณาร่วมด้วยได้ ผ่านทางระดับความเชื่อมโยงระหว่างประเทศ (International Linkages) เมื่อพิจารณาในส่วนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง Node ที่เรียกว่า Edges ซึ่งเป็นตัวแทนแสดงออกถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง Node ต่างๆ ภายในโครงข่าย นั้นจะพบว่า ประพฤติตัวเหมือนกับตัวกลางในการไหลของข้อมูล (Flows) ระหว่าง Node ต่างๆ ดังเช่น

การแพร่กระจายของแนวคิด การแพร่กระจายของข้อมูล การแพร่กระจายของราคาสินทรัพย์ (Assets) หรือแม้กระทั่งความเสี่ยง

งานวิจัยเกี่ยวกับโครงข่ายส่วนใหญ่ นั้น มักชี้ให้เห็นว่า พลวัตของความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม ภายในโครงข่ายนั้น ส่งผลต่อโครงสร้างของโครงข่ายได้อย่างไร อย่างไรก็ตามก็ไม่ใช่ทั้งหมดของ Node ที่จะมีโอกาสติดเชื้อ (Infected Nodes) ภายในโครงข่าย โดยภายในโครงข่ายต่างๆ ที่มีคุณสมบัติแบบ Scale-free Property นั้น จะเกิดการแพร่กระจายของเชื้อเป็นวงกว้างทันทีที่สามารถทำให้องค์ประกอบที่มีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง (High-degree Node) ติดเชื้อได้ ถึงแม้ว่าเชื้อโรค (Pathogen) ที่ได้รับจะไม่มีศักยภาพมากเพียงพอ ที่จะทำให้เกิดการติดต่อกันได้ ดังนั้น High-degree Nodes จึงมีคุณสมบัติแบบ “Super-spreaders” ถึงแม้ว่ากลุ่มย่อยๆ ของ Node ที่เป็นพาหะ (Infectious Nodes) นั้นจะมีจำนวนอยู่น้อยก็ตาม แต่อย่างไรก็ตาม Node ที่เป็นพาหะเหล่านั้น สามารถที่จะแพร่กระจายการติดเชื้อเป็นวงกว้างได้ผ่านตัวกลาง High-degree Nodes อย่างไรก็ตามองค์ประกอบที่มีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่ต่ำ (Low-degree Nodes) มักเป็น Node ที่กระจายตัวกันอยู่ในส่วนปลายของโครงข่าย แต่ถึงกระนั้นก็สามารถที่จะถูกนำมาพิจารณาเป็นตัวต้นเหตุที่คอยขับเคลื่อนการเกิดสภาวะลูกกลมได้เช่นเดียวกัน ถ้าตัวมันเองเชื่อมโยงกับ High-degree Node ซึ่งจะเรียกคุณสมบัตินี้ว่า Small-world Property

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการนำสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด มาวิเคราะห์โครงสร้างภายในโครงข่ายทางการเงิน นั้นทำให้เราเข้าถึงต้นกำเนิดขององค์ประกอบ ที่ติดเชื้อได้ง่ายขึ้นผ่านทางองค์ประกอบหลักที่ขับเคลื่อนระบบ ภายใต้สภาวะสภาวะลูกกลมที่เกิดขึ้นภายในโครงข่าย ซึ่งผู้กำกับดูแลตลาด สามารถนำมาใช้ในการระบุงชี้สาเหตุ และหาแนวทางในการป้องกันวิกฤตการณ์ทางการเงินที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต หรือแม้กระทั่งความยุ่งเหยิงที่เกิดขึ้นภายในระบบการเงินเองก็ตามที่ ซึ่งเปรียบกระบวนการป้องกันดังกล่าว เสมือนการฉีดวัคซีนป้องกันการติดเชื้อให้กับระบบ

ในการกำกับดูแลระบบนั้น ผู้กำกับดูแลตลาดการเงินต่างๆ ควรให้ความสนใจไปที่โครงสร้างของแต่ละตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาค เนื่องจากในปัจจุบันนี้ความเสี่ยงของแต่ละตลาดหลักทรัพย์ นั้นสามารถที่จะวัดออกมาได้จากข้อมูลในอดีต (Historical Data) ผ่านทางระดับความผันผวน (Exogenous Random Fluctuations) ของตัวแปรสินทรัพย์ดังต่อไปนี้ราคาหุ้น, อัตรา

แลกเปลี่ยน, อัตราดอกเบี้ย และราคาบ้าน เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยของเรานี้ได้เลือกที่จะทำการวิเคราะห์ความเสี่ยง อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างตลาดหลักทรัพย์ของประเทศต่างๆ ภายในโครงข่ายของตลาดหลักทรัพย์ ภูมิภาคเอเชียตะวันออก ตามแนวทางในการศึกษาของ Hammond (2009) โดยที่วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวมีข้อดี ตรงที่ให้ความสำคัญไปที่ความเชื่อมโยงของตลาด และปัจจัยเสี่ยงทางด้าน Systemic Risk ที่อาจเกิดขึ้นภายในโครงข่าย

นอกจากความล้มเหลวที่เกิดจากองค์ประกอบหนึ่งภายในโครงข่าย ที่ถูกแพร่กระจายไปสู่ องค์ประกอบอื่นๆ ที่เรียกว่า Systemic Risk แล้ว ยังมีความเสี่ยงในอีกรูปแบบหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบการเงิน ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงรวมของทั้งโครงข่าย เรียกความเสี่ยงรวมดังกล่าวว่า Aggregate Risk

### 2.2.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk หรือ Systematic Risk

การศึกษาความเสี่ยงรวม (Aggregate Risk) ของตลาดหุ้นทั้งระบบ นั้น โดยส่วนใหญ่แล้ว มักเรียกการวิเคราะห์ในลักษณะดังกล่าวว่า การวิเคราะห์ Aggregate Risk หรือ Systematic Risk ซึ่งภายใต้งานวรรณกรรมปริทรรศน์ต่างๆ โดยส่วนมากแล้วนั้น มักพบว่า Aggregate Risk สามารถที่ก่อตัวขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดของความสัมพันธ์ (Interdependent) ระหว่างอัตราผลตอบแทนของหุ้น (Stock Returns) ภายใต้กลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของระดับ Aggregate Risk จึงสามารถนำมาสะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงได้เพียงบางส่วนอย่างคร่าวๆ ผ่านทางค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ (Average Correlation) ของอัตราผลตอบแทนของหุ้นใดๆภายในตลาด โดยผลลัพธ์ที่ได้ในงานวิจัยของ Pollet and Wilson (2010) พบว่า Average Correlation ภายในตลาดหุ้นนั้นมีความอ่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน (เชิงบวก) กับ Aggregate Market Shocks ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้นำเสนอ Average Correlation มาใช้เป็นเครื่องมือในการยืนยันในการคาดการณ์ความเสี่ยง Aggregate Risk ผ่านทางการทำนายค่า Risk Premium ที่เกิดขึ้นภายในตลาดหุ้น

ในขณะเดียวกัน ค่า Average Correlation นั้นยังสามารถนำมาใช้ในการทำนายอัตราผลตอบแทนของตลาดหุ้น (Stock Market Returns) ได้เช่นเดียวกัน เมื่อใดก็ตามที่ความสัมพันธ์ระหว่าง Aggregate Risk และอัตราผลตอบแทนที่คาดการณ์ (Expected Return) ยังมีลักษณะความสัมพันธ์ในรูปแบบ Trade-off กันอยู่ นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของ Aggregate Risk นั้นจึงถูก

นำมาสะท้อนให้เห็น ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า ตลาดหุ้นดังกล่าวทั้งระบบนั้นต้องมีความอ่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน (เชิงบวก) กับ Aggregate Market Shocks

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า Aggregate Risk จะเป็นตัวขับเคลื่อนระดับ Risk Premium ก็ตาม แต่ระดับความผันผวนของตลาดหุ้น (Stock Market Variance) ที่ได้ก็ไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กับ Excess Return ของหลักทรัพย์ใดๆ ยิ่งไปกว่านั้น Pollet and Wilson (2010) ยังพบอีกว่า การเปลี่ยนแปลงของความผันผวนภายในตลาดหุ้น (Stock Market Variance) นั้นแทบที่จะไม่มีความสัมพันธ์กับค่า Average Correlation เลย และโดยปกติแล้วมักพบความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับอัตราผลตอบแทนในอนาคต (Future Return) เลยด้วยซ้ำ

### 2.3 ทฤษฎีในการสร้างโครงข่าย (Network) และทฤษฎีกราฟ

การศึกษาคุณสมบัติของแบบโครงสร้าง (Topological Properties) ภายในโครงข่าย (Watts and Strogatz, 1998; Barabási and Albert, 1999) นั้นส่วนมากจะพบลักษณะทางสถิติที่ไม่เป็นไปดังที่คาดหวัง (Unexpected Statistical Properties) ของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ต่างๆที่เชื่อมโยงองค์ประกอบที่แตกต่างกันภายในระบบเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพบลักษณะ Unexpected Statistical Properties ในระบบนิเวศน์ และระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์

ดังนั้น Erdős and Rényi (1961) จึงได้ทำการสรุปไว้ว่าภายในระบบดังกล่าวจะไม่สามารถที่จะแสดงผล และนำมาอธิบายให้อยู่ในรูปแบบกราฟสุ่ม (Random Graphs) ได้ เพราะฉะนั้นแบบโครงสร้าง (Topological Properties) ของหลายๆ กราฟ ที่ถูกนำมาศึกษาภายในระบบกายภาพ (Physical System) และระบบสังคมออนไลน์ นั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ที่จะนำมาศึกษาข้อเท็จจริง ดังเช่นในงานวิจัยของ Albert, Jeong and Barabási (1999) ได้ทำการศึกษาภายในระบบ World Wide Web ในขณะที่งานวิจัยของ Caldarelli, Marchetti and Pietronero (2000) และ Pastor et al. (2001) ได้ศึกษาแบบโครงสร้างของระบบ Internet นอกจากนี้ยังได้มีงานวิจัยของ Newman, Watts and Strogatz (2002) ได้ศึกษาลักษณะของแบบโครงสร้างภายในระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network)

Bonanno et al. (2004) ได้นำเสนอวิธีที่เหมาะสมในการกลั่นกรองข้อมูลภายในโครงข่าย ซึ่งสามารถที่จะดึงข้อมูล ที่ไม่มีความสัมพันธ์ (The Less Relevant Information) ออก ด้วยการดึง

เส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับต่ำที่สุด (Weakest Links) ออกไป ตามหลักการแล้วมีอยู่หลายวิธี ที่ใช้ในการกลั่นกรองเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการคำนวณ (Filtering the Correlation Matrix) เพื่อที่จะได้รับข้อมูลที่ผ่านการกลั่นกรองตัวรบกวน (Noise) ออกไปแล้ว โดยในงานวิจัยดังกล่าวให้ความสนใจไปที่ตลาดการเงิน (Bonanno et al., 2004; Mantegna, 1999; Vandewalle, Brisbois and Tordoir, 2001) เพื่อที่จะได้เข้าถึงรูปแบบการสร้างโครงข่ายนั้น ซึ่งได้มีงานวิจัยต่างๆ นำเสนอโครงข่ายออกมาในหลากหลายรูปแบบ โดยรูปแบบหนึ่งให้เห็นกันอยู่บ่อยๆ คือโครงข่ายที่อิงกระบวนการสร้างมาจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า Correlation Based Network ซึ่งในงานวิจัยของ Bonanno et al. (2004) เลือกที่จะใช้วิธีในการสร้างโครงข่ายในลักษณะดังกล่าว ในรูปแบบ Minimum Spanning Tree โดยที่ Spanning Trees เป็นชนิดของกราฟในลักษณะต่างๆ ที่มีการเชื่อมโยง (Connect) ขององค์ประกอบใดๆ เข้ากับองค์ประกอบที่เหลือทั้งหมด (Vertices) ภายในกราฟ โดยที่จะไม่พบลักษณะวงวน (Loop) เกิดขึ้นภายในโครงข่าย

งานวิจัยในอดีตก่อนหน้าปี ค.ศ. 2004 นั้นโดยส่วนมากจะนิยมนำกระบวนการแบ่งกลุ่มย่อยภายในโครงข่าย โดยอาศัยค่าสหสัมพันธ์มาใช้ ในการหานัยของการจัดกลุ่มภายในระบบ จากข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนหุ้น (Mantegna, 1999; Bonanno, Lillo and Mantegna, 2001, 2003) รวมไปถึงงานวิจัยของ Bonanno, Vandewalle and Mantegna (2000) ที่ได้ทำการศึกษาสหสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างตลาดหลักทรัพย์ (Interconnected Network) โดยใช้ข้อมูลผลตอบแทนของดัชนีหุ้นจากตลาดหลักทรัพย์ทั่วโลก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Mardia, Kent and Bibby (1979) ได้ศึกษาหาการเพิ่มขึ้นของความผันผวนภายในผลตอบแทนหุ้นจากข้อมูลอนุกรมเวลา

อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยศึกษาหากรอบช่วงเวลา (Time Horizon) ที่ทำให้แต่ละ Node มีระดับการเชื่อมโยงกับ Node อื่นๆ อยู่ในระดับที่สูง ผ่านระดับสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Cross Correlation) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการเชื่อมโยง ภายใต้วิวัฒนาการตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นในเซตข้อมูลของผลตอบแทนหุ้น เป็นหนึ่งในงานวิจัยที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากหลายๆงานวิจัย ที่ได้ทำการศึกษาภายในตลาดการเงิน ซึ่งผลการศึกษาในงานวิจัยดังกล่าว พบว่ากรอบช่วงเวลา (Time Horizon) ของหนึ่งวันทำการ (Trading Day) นั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) สูงเท่ากับ 0.7 อย่างไรก็ตามมักจะสังเกตเห็นได้ในความ



เชื่อมโยงของผลตอบแทนหุ้น ที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มเศรษฐกิจเดียวกัน (Wiley, 1959 ;Wiley and Sons, 1995; Campbell et al., 1997)

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Cross-Correlation) จากชุดข้อมูลของผลตอบแทนภายในหุ้นกลุ่มภาคการเงิน นั้นมีประโยชน์ในเชิงประยุกต์อย่างมาก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงความสามารถให้กับแบบจำลองทางด้านการเงิน เช่น ใช้ในพอร์ตการลงทุนของหุ้น เป็นต้น ซึ่งมีหลากหลายวิธีที่แตกต่างกันไปที่ใช้ในการแก้ปัญหา วิธีทั่วไปที่ใช้กันมากที่สุดคือ Principal Component Analysis ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของข้อมูล (Elton and Gruber, 1971) โดยเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการนำเสนอวิธีตรวจสอบข้อเท็จจริงของคุณสมบัติจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Laloux et al., 1999; Plerou et al., 1999) ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์ ผ่านทางทฤษฎี Random Matrix นอกจากนี้ยังมีอีกหนึ่งคุณสมบัติของโครงข่ายที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์การจัดกลุ่มย่อยภายใน โครงข่ายผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Based Clustering Analysis) ด้วยกระบวนการแบ่งกลุ่มย่อยของหุ้นต่างๆ (Clusters) ภายในกลุ่มตัวอย่างข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนหุ้น ในกระบวนการวิเคราะห์ดังกล่าว มี Algorithms ที่ใช้ในการสร้างและวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis) แตกต่างกันไป โดยส่วนมากแล้วการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มย่อย(Cluster analysis) ในลักษณะดังกล่าวมักนิยมนำมาใช้ในทางสาขาการเงิน (Mantegna, 1999; Panton, Lessig, and Joy, 1976; Kullmann, Kertesz and Mantegna, 2000; Giada and Marsili, 2001; Marsili, 2002)

ในงานวิจัยของ Onnela, Kaski and Kert'esz (2004) นั้นได้ให้ความสนใจไปที่กระบวนการสร้าง และแบ่งกลุ่มย่อยภายในกราฟสินทรัพย์ โดยเน้นให้เห็นประเด็นสำคัญของ ข้อมูล (Information) เปรียบเทียบกับตัวรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้น แม้ว่าการหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ที่ได้จากการประมาณ จะเป็นวิธีอย่างง่ายในการวัดระดับการเชื่อมโยงกันของหุ้นต่างๆ แต่วิธีดังกล่าวมักเผชิญกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากตัวรบกวน (Noise) ภายในข้อมูลราคาหุ้น เนื่องมาจากผลที่ได้พบว่า มีขนาดของตัวรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นจำนวนมาก จึงทำให้แก่นแท้ของข้อมูล (Information Content) ของหุ้นต่างๆ ที่ได้มีขนาดความแม่นยำและไม่น่าเชื่อถือ

ในงานวิจัยอื่นๆ (Mantegna, 1999; Bonanno, Lillo and Mantegna, 2001; Bonanno et al., 2003) ได้เลือกใช้การแบ่งกลุ่มโดยอิงจากค่าสหสัมพันธ์ (Specific Correlation Based Clustering Method) มาใช้ในการจัดกลุ่มย่อยภายในข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนหุ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นค่อนข้างที่จะเป็นประโยชน์และมีนัยต่อการตีความ นอกจากนี้ Bonanno, Vandewalle and Mantegna (2000) ยังได้ทำการศึกษาโครงสร้างภายในตลาดต่างๆ ผ่าน ผลตอบแทนของตลาดหุ้นจากตลาดหลักทรัพย์ทั่วโลก ในขณะที่ Micciché et al. (2003) ได้ศึกษาการเพิ่มขึ้นของระดับความผันผวน ภายในข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนหุ้น (Volatility Increments of Stock Return Time Series) ทั้งนี้ในงานวิจัยของ Mantegna (1999) ได้สร้างโครงข่ายทางการเงิน ด้วยกระบวนการกลั่นกรองข้อมูลจากค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ (Correlation-Based Filtering Procedure) ซึ่งอิงมาจากวิธีสร้างโครงข่ายแบบอิงค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Based Method) โดยวิธีการดังกล่าวสามารถนำมาตรวจสอบหาข้อมูลหรือนัยทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Information) ที่ปรากฏขึ้นผ่านเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient Matrix) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Rammal, Toulouse, and Virasoro (1986) ยังพบอีกว่า วิธีดังกล่าวเป็นกระบวนการกลั่นกรองข้อมูลที่ขึ้นอยู่กับ Subdominant Ultrametric ซึ่งพิจารณาจากเมทริกซ์แสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ (Metric Distance) ที่คำนวณขึ้นจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient Matrix) ของชุดข้อมูลหุ้น  $N$  ตัว

กระบวนการดังกล่าวเหล่านี้ยังสามารถใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ทั้งเมทริกซ์แสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ (Metric Distance) และ Minimum Spanning Tree (MST) รวมไปถึงการสร้างลำดับชั้นภายในโครงข่ายรูปแบบต้นไม้ (Hierarchical Tree) จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ด้วยการใช้ Algorithms ที่รู้จักกันในชื่อ “Nearest Neighbor Single Linkage Clustering Algorithm” ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ที่พิจารณาจากระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ ที่มีระยะห่างใกล้กันที่สุด ดังแสดงในงานวิจัยของ Mardia, Kent and Bibby (1979) ซึ่งได้นำวิธีดังกล่าวมาศึกษาหาโครงสร้างภายในตลาดหลักทรัพย์ ผ่านกระบวนการสร้างโครงข่าย MST และแสดงลำดับชั้นของ Node ภายในโครงข่ายต้นไม้ (Hierarchical Tree) ผ่านค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มหุ้น

ในงานวิจัยของ Onnela et al. (2006) ได้ให้ความสนใจไปที่การศึกษาโครงข่ายภายในระบบการเงิน ภายใต้กรอบแนวคิดของ Mantegna (1999) ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการสร้างโครงข่าย โดยเริ่มจากการสร้างองค์ประกอบต่างๆของหุ้น ที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันผ่านทางค่าสหสัมพันธ์ของผลตอบแทน ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกระดับปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในหุ้นต่างๆ (Vandewalle, Brisbois and Tordoir, 2001; Marsili, 2002; Caldarelli et al., 2004; Onnela et al., 2003)

วิธีสร้างโครงข่ายแบบ Minimum Spanning Tree ที่หาจากสหสัมพันธ์สินทรัพย์ นั้นถูกพบว่า เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และสามารถอธิบายเหตุการณ์ต่างๆในตลาดหุ้น ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบดั้งเดิม ดังนั้นจึงมีงานวิจัยต่างๆ อาทิเช่น งานวิจัยของ Onnela et al. (2003) ซึ่งมีจุดประสงค์ที่จะนำพลวัตของโครงข่ายสินทรัพย์ในรูปแบบต้นไม้มาประยุกต์ใช้ กับการทำ Portfolio Optimization ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นที่พยายามจะแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม ซึ่งค่อนข้างที่จะมีความซับซ้อนอยู่มาก (Markowitz, 1952) นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาโครงสร้างในรูปแบบ Spin-glass-type อีกด้วย

ในบรรดาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว วิธีการหาสหสัมพันธ์ ระหว่างผลตอบแทนจากราคาสินทรัพย์ นั้นมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการศึกษาโครงข่ายที่มีความซับซ้อน (Complex System) ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นวิธีที่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางพลวัตของโครงข่ายสินทรัพย์ในรูปแบบ MST กับ กระบวนการ Markowitz Portfolio Optimization ให้เข้ากันได้ (Onnela et al., 2003) แม้ว่ารูปแบบโครงสร้างของต้นไม้ (Topological Structure of the Tree) จะเปลี่ยนแปลงไปตามอนุกรมเวลาก็ตาม บริษัทต่างๆที่ดำเนินนโยบายบริหารความเสี่ยงภายในพอร์ตการลงทุน ภายใต้กลยุทธ์การลงทุนแบบความเสี่ยงต่ำ (Minimum Risk Markowitz Portfolio) นั้นจะพบว่าหลักทรัพย์ต่างๆภายในพอร์ตการลงทุน (Portfolio) มักจะเลือกลงทุนตามสินทรัพย์ที่วางตัวอยู่ในกิ่งนอกๆของโครงข่ายต้นไม้ (Tree) ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ร่วมกับการทำ Portfolio Optimization โดยการกระจายความเสี่ยงในแง่ของการทำ Portfolio Optimization ส่งผลทำให้เกิดข้อสังเกตที่ว่า สินทรัพย์ต่างๆภายในพอร์ตโฟลิโอการลงทุน ที่ใช้วิธีการกระจายความเสี่ยงแบบดั้งเดิม หรือเป็นไปตามทฤษฎี Markowitz Portfolio นั้นมักจะกระจายความเสี่ยงไปอยู่ตามกิ่งส่วนนอกของโครงข่ายต้นไม้ (Tree) เสมอ ในขณะที่มุมมองเชิงเทคนิคในการทำ Window Size Dependence ด้วยการศึกษาระเบียงปริมาณ ยังเป็นสิ่งที่ต้องนำมาศึกษา และอภิปรายต่อไปในอนาคต

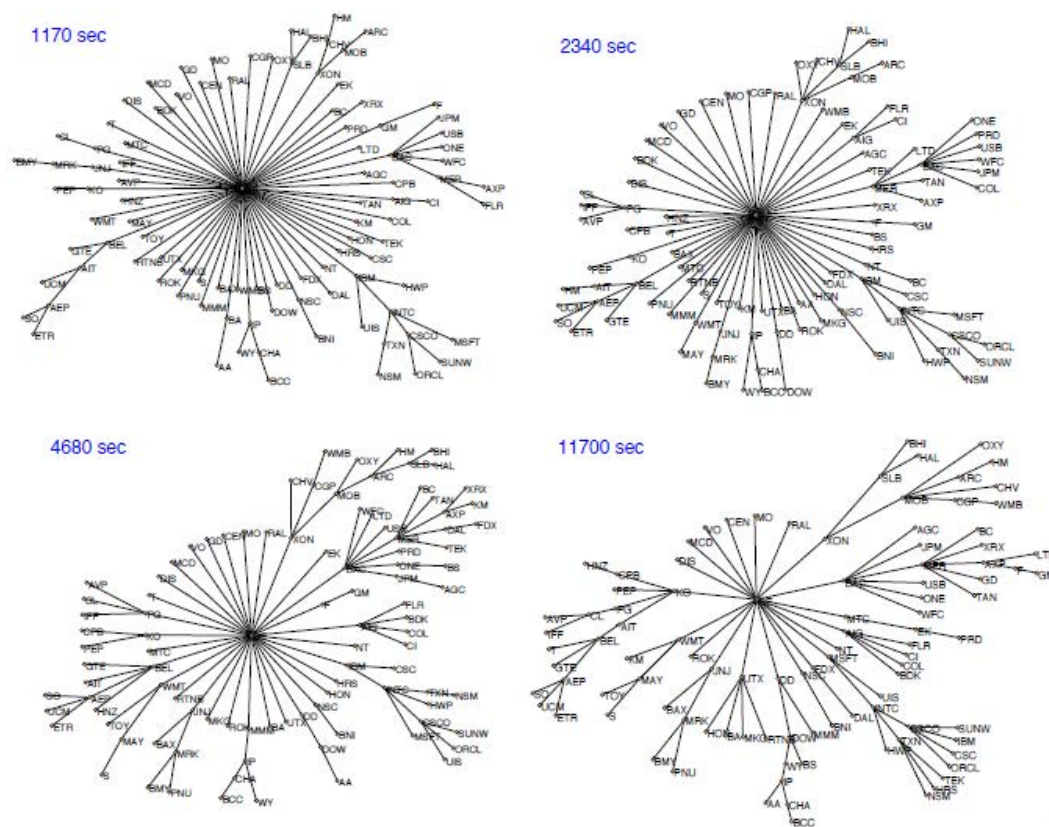
### 2.3.1 Minimum Spanning Tree (MST)

โครงข่าย (Network) ที่ถูกสร้างขึ้นในรูปแบบ MST นั้นเป็นโครงข่ายที่ผ่านกระบวนการคัดกรองของข้อมูล (Filtering the Relevant Information) ที่ได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ภายในข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนหุ้น

MST นั้นเป็นกระบวนการสร้างโครงข่าย ที่อิงมาจากแนวคิดทางทฤษฎีกราฟ (West, 1996) โดย MST ที่ได้ นั้นจะถือว่าเป็นตัวแทนของ Spanning Tree ที่มีระยะทางสั้นที่สุด โดยที่นิยามของ Spanning Tree นั้นถูกกำหนดให้เป็นกราฟที่ปราศจากวงวน (Loops) ต่างๆที่เชื่อมโยงกับทุก  $n$  องค์ประกอบ (Nodes) ด้วยเส้นเชื่อมความสัมพันธ์จำนวนทั้งหมด  $n-1$  (Links) ซึ่งสุดท้ายแล้วเมื่อกระบวนการสร้างโครงข่ายเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ (Original Fully Connected Graph) จะพบว่าเมทริกซ์แสดงระยะ  $d_{ij}$  นั้นจะให้ค่าที่ลดลง ตามค่าสหสัมพันธ์  $\rho_{ij}$  ที่เพิ่มขึ้น ตามหลักการแล้ว MST จะเลือกเส้นเชื่อมความสัมพันธ์  $n-1$  (Links) ที่แข็งแกร่งหรือสั้นที่สุด ที่ขยายไปครอบคลุมผ่านครบทุกองค์ประกอบ (Nodes) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.4

ตัวอย่างของการสร้างโครงข่ายในรูปแบบ MST ได้ถูกแสดงไว้อยู่ในผลลัพธ์ของงานวิจัย Bonanno et al. (2004) ที่อ้างอิงผลลัพธ์จาก Bonanno et al. (2001) ด้วยการตรวจสอบผลลัพธ์ภายในโครงข่ายผ่านชุดข้อมูลของหุ้นที่มีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด 100 อันดับแรก (100 Highly Capitalized Stocks) ที่ซื้อขายกันในตลาดหุ้นหลักของตลาดหุ้นอเมริกา ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ มกราคม ค.ศ.1995 – ธันวาคม ค.ศ.1998 ซึ่งถูกนำมาใช้คำนวณดัชนี Standard and Poor's 100 Index โดยราคาที่ใช้เป็น ราคาที่แสดงการซื้อขาย (Transaction Prices) ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล Trade and Quote Database ของตลาดหลักทรัพย์ New York Stock Exchange โดยการกำหนดกรอบช่วงเวลา (Time Horizons) ที่จะใช้ในตรวจสอบข้อเท็จจริงต่างๆนั้นค่อนข้างที่จะมีความหลากหลายของช่วง (Time Horizons) ตั้งแต่ช่วง  $\Delta t = d = 6$  ชั่วโมง กับ 30 นาที ในฐานะที่เป็นช่วงระยะเวลาในการซื้อขายในหนึ่งวัน (Trading Day Time Interval) จนถึงช่วง  $\Delta t = d/20 = 19$  นาที กับ 30 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 แสดงโครงข่าย Minimum Spanning Tree ของหุ้นที่มีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด 100 อันดับแรก (100 Highly Capitalized Stocks) ที่ซื้อขายกันในตลาดหุ้นหลักๆ ของตลาดหลักทรัพย์ในอเมริกา ณ ระดับกรอบช่วงเวลา (Time Horizon) ต่างๆ



ที่มา: Bonanno et al. (2004)

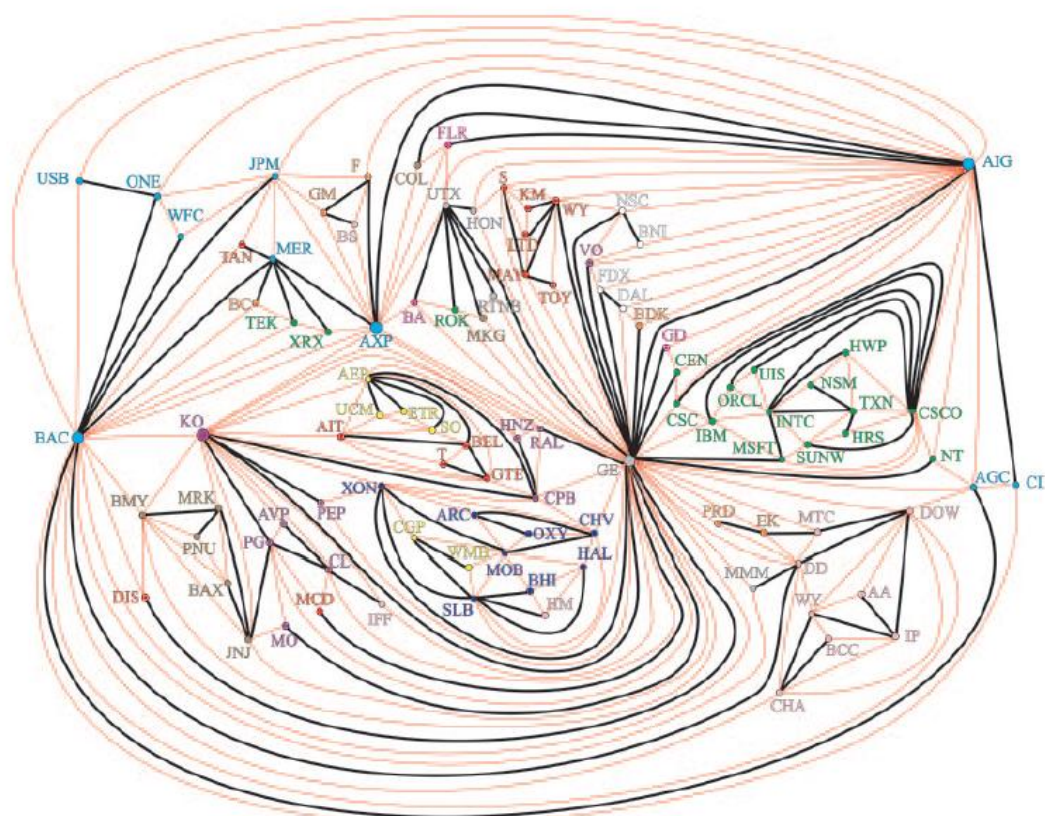
ในขณะที่ภาพที่ 2.5 นั้นแสดงผลลัพธ์ภายในโครงข่าย Minimal Spanning Tree ที่ได้จากการตรวจสอบตามกรอบช่วงเวลา (Time horizon) แบบรายวัน (Trading day) ซึ่งรายชื่อหุ้นต่างๆ นั้นจะถูกระบุไว้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ ที่เป็นตัวแทนของบริษัท โดยในแต่ละชื่อย่อสัญลักษณ์ (Tick Symbol) นั้นหาได้จากเว็บไซต์ทางการเงินต่างๆ เช่น [www.quicken.com](http://www.quicken.com)



กลุ่มก้อนย่อยๆภายในโครงข่าย (Cliques) ที่เกิดจากองค์ประกอบ  $r$  ตัว ( $r$ -Clique) มักอยู่เรียงตัวกันเป็นกราฟย่อยๆภายในโครงข่าย (Complete Subgraph) ซึ่งมีเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) จากองค์ประกอบทั้งหมด  $r$  ตัว โดยที่กรณีพิเศษ (Special Case) จะเกิดขึ้นได้นั้นอาจจะต้องกำหนดให้  $g$  คงที่ (Fixed Genus)  $g = k = 0$  จึงจะทำให้ผลลัพธ์จากกราฟดังกล่าวแสดงอยู่ในแบบเพลน (Planar) ซึ่งลักษณะดังกล่าว ถูกอธิบายไว้ในผลลัพธ์ของงานวิจัย West (2001) โดยที่ กำหนดให้ข้อมูลต่าง ๆ นั้น แฝงอยู่บนองค์ประกอบ (Node) ซึ่งการสร้างกราฟในลักษณะดังกล่าวเป็นวิธีที่ต่อขยายมาจากวิธี MST ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยเรียกโครงข่ายในรูปแบบเพลนดังกล่าวว่า Planar Maximally Filtered Graph (PMFG) การที่จะบรรลุผลตามลำดับขั้นที่ใช้ในการสร้าง (Algorithm) โครงข่าย PMFG ได้นั้น ต้องอาศัยโปรแกรม MATHEMATICA ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกับ Computer Programs 1 และ 2 เพิ่มเติม โดยโปรแกรมดังกล่าวนี้ถูกเผยแพร่ข้อมูลไว้อยู่บน [www.pnas.org](http://www.pnas.org) หรือ [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ข้อแตกต่างระหว่างคุณลักษณะพื้นฐานของ PMFG กับ MST อยู่ตรงที่จำนวนของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ซึ่งมีค่าเป็น  $n - 1$  ใน MST และ เป็น  $3(n - 2)$  ใน PMFG ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โดยปกติแล้วจำนวนของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ภายในกราฟ  $G$  ซึ่งอยู่ในรูปแบบ PMFG นั้นจะกำหนดให้  $g$  คงที่ (Fixed Genus) โดยที่  $g = k$  และมักจะมาพร้อมกับจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ เท่ากับ  $3(n - 2 + 2k)$  ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้นกรณีที่เป็นไปได้มากที่สุด ในทางปฏิบัติ เมื่อ  $k \approx O(1)$  และ  $n \gg 1$  โดยการเพิ่มจำนวน Genus ภายในโครงข่ายเข้ามา จะพบว่าผลกระทบดังกล่าวมีค่าค่อนข้างน้อยมากจนแทบไม่มีผลเลย ซึ่งสอดคล้องตามสมมติฐานภายในโครงข่ายแบบ PMFG ที่สมมติให้ Special Case ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มกราฟทั้งหมด นั้นสามารถใช้กระบวนการสร้างที่เหมือนกันกับแบบแผนลำดับการสร้างโครงข่าย (Algorithm) ที่ได้แนะนำไว้ในข้างต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ประกอบกับเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดข้อมูลที่เพิ่มเติมเข้ามา (Additional Information) เมื่อเทียบกับโครงข่ายในรูปแบบ MST จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญในการเลือกใช้โครงข่ายแบบ PMFG มาทำการศึกษาภายในงานวิจัยดังกล่าว (Tumminello et al., 2005)

ภาพที่ 2.6 แสดงโครงข่ายในรูปแบบ PMFG (เส้นสีแดง) และโครงข่ายในรูปแบบ MST (เส้นสีดำ) ผ่านเขตข้อมูลราคาของหุ้นที่มีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด 100 อันดับแรก (100 Highly Capitalized Stocks) ที่ซื้อขายกันในตลาดหุ้นหลักของตลาดหุ้นอเมริกา ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ ค.ศ.1995 – ค.ศ.1998



ที่มา: Tumminello et al. (2005)

ชุดข้อมูลคำสั่งที่ใช้ในการสร้างโครงข่าย (Algorithm) และข้อจำกัดของแบบโครงสร้าง (Topological Constraints) บนโครงข่ายแบบ PMFG มีข้อบังคับอยู่ว่าในแต่ละองค์ประกอบ จะต้องมีส่วนร่วมในการสร้างจำนวนกลุ่มอย่างน้อย 1 กลุ่มย่อย (Clique) จากจำนวน 3 องค์ประกอบที่ใช้ในกระบวนการสร้างโครงข่าย PMFG ขึ้นมานั้น ผลลัพธ์ที่ได้ต้องอยู่ในรูปแบบโครงสร้างของสามเหลี่ยมเชิงมุมที่เชื่อมโยงองค์ประกอบในลักษณะทรงกลมเข้าด้วยกัน (Topological Triangulation of the Sphere) ซึ่งอาจจะเป็นกลุ่มย่อย (Cliques) ที่มีจำนวน 3 องค์ประกอบ และ 4 องค์ประกอบ ภายใต้เงื่อนไขในการสร้างโครงข่าย PMFG ต้องสอดคล้องกับทฤษฎี Kuratowski (West, 2001) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าโครงข่ายในลักษณะเพนดังกกล่าว จะไม่ยอมให้กลุ่มย่อยต่างๆ



(Cliques) ที่มีจำนวนองค์ประกอบมากกว่า 4 เกิดขึ้นได้ภายในหนึ่งกราฟเพลน (Planar Graph) โดยกลุ่มย่อยต่างๆ (Cliques) ที่ใหญ่กว่านี้สามารถปรากฏได้แค่เพียงภายในกราฟที่มาพร้อมกับ Genus  $k > 0$  โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัด  $r \leq (7 + \sqrt{1+48k}) / 2$  จึงทำให้ ยังมี ค่า  $k$  มาก ยิ่งจะทำให้มีจำนวนองค์ประกอบ  $r$  ในจำนวนสูงสุดที่ยอมรับได้เพิ่มขึ้น ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดภายในทฤษฎีดังกล่าว (Ringel, 1974)

วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG นั้นมีข้อดีและข้อได้เปรียบอยู่ตรงที่ให้อินพุตที่เพิ่มขึ้น (Additional Information) เมื่อเทียบกับวิธีสร้างโครงข่ายในรูปแบบ MST อย่างไรก็ตามข้อมูล (Information) ดังกล่าวนี้นั้นโดยส่วนมากแล้ว จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ ร่วมกับการหาคุณลักษณะที่แท้จริง ที่แฝงอยู่ภายในกลุ่มย่อยๆ ของโครงข่าย (Cliques) ดังจะสังเกตได้ในงานวิจัยของ Tumminello et al. (2005) ซึ่งได้นำวิธี PMFG มาใช้ในการสร้างโครงข่าย โดยวิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG เป็นวิธีที่มีรูปแบบแตกต่างกันออกไปจากวิธีในการสร้างโครงข่ายแบบกลั่นกรองระดับปฏิสัมพันธ์ (Threshold Network) และเหตุผลในการเลือกที่จะใช้วิธีดังกล่าวนี้ ก็เพราะกระบวนการกลั่นกรองระดับปฏิสัมพันธ์ (Threshold Methods) นั้นอาจจะไม่สามารถนำมาใช้พิจารณาได้ เมื่อมีปัญหาในระดับความไม่เป็นเอกพันธ์ (Heterogeneity) ของค่าระดับความเหมือน (Similarity) ขึ้น หรือไม่สามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาอธิบายอิทธิพลที่เกิดขึ้น ณ ระดับ (Scales) ที่แตกต่างกันของค่าสหสัมพันธ์ภายในระบบที่มีความซับซ้อน (Complex Systems) อย่างมีนัยสำคัญ และเป็นแบบแผนเดียวกันได้ ดังนั้นโครงข่าย PMFG จึงมีข้อได้เปรียบอยู่ตรงที่สามารถจัดการกับปัญหาความไม่เป็นเอกพันธ์ (Heterogeneity) ได้ รวมไปถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์อื่นๆ (Correlation based graphs) ดังเช่น Minimum Spanning Tree (MST) เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถแสดงโครงข่ายออกมาในรูปแบบการแบ่งกลุ่มย่อยเป็นลำดับขั้น (Hierarchical Clustering) ได้อีกด้วย

### 2.3.3 โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks)

ในอดีตนั้นโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Networks) นั้นถูกเสนอให้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเปิดเผยโครงสร้างที่เป็นเหมือนกระดูกสันหลังหลักของตลาด (The Underlying Backbone of the Market) องค์ประกอบภายในโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์จึงเป็นเสมือนตัวแทนของ

หุ้นภายในระบบ และแสดงความสัมพันธ์ภายในกลุ่มหุ้นต่างๆ นอกจากวิธีดังกล่าวแล้วยังมีการตรวจสอบหาข้อเท็จจริงโดยใช้ทฤษฎีโครงข่ายอื่นๆที่ต่างออกไปในการตรวจสอบ

Kenett (2010) และ Tumminello et al. (2005) นั้น ได้ริเริ่มนำเสนอวิธีการศึกษารูปแบบใหม่ ในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับวิธีข้างต้น โดยการสร้างโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Network) ขึ้นจากค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดสหสัมพันธ์ ระหว่าง 2 ตัวแปรใดๆ ที่ถูกหักล้างผลกระทบของ สหสัมพันธ์ที่เกิดจากตัวกลางที่ 3 เช่นการวัดผลตอบแทนหุ้น ที่ได้รับผลกระทบจากทั้ง 3 ตัวแปร โดยการกำหนดตัวแทน (Proxy) ที่มีอิทธิพลต่อหุ้นดังกล่าว (Stock Influence) แล้วจึงทำการสร้างโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Network) ขึ้นในภายหลัง

สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) เป็นตัวบ่งปริมาณสหสัมพันธ์ ระหว่าง 2 ตัวแปรใดๆ เมื่อเกิดมีเงื่อนไข (Condition) ในตัวแปรอื่นๆ ตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายๆตัวแปร ที่มีผลกระทบของตัวกลางแทรกเข้ามา ระหว่างค่าสหสัมพันธ์ ระหว่าง 2 ตัวแปรใดๆ ซึ่งในที่นี้ตัวแปรต่างๆแทนด้วยผลตอบแทนหุ้น (Baba et al., 2004; Shapira et al., 2009; Tumminello et al., 2005) โดยกำหนดให้  $X_1, \dots, X_n$  เป็นลำดับในตัวแปรสุ่ม (Random Variable) และกำหนดให้  $X_{1,3,\dots,n}^*$  และ  $X_{2,3,\dots,n}^*$  เป็นค่าประมาณความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นของ  $X_1$  และ  $X_2$  ที่อิงจากตัวกลาง  $X_3, \dots, X_n$  และหลังจากนั้นจึงทำการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) หรือ  $\rho(X_1, X_2; X_3, \dots, X_n)$  ซึ่งเป็นตัวแทนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มต่างๆ (Random Variables) โดยที่ทั้ง  $(Y_1 = X_1 - X_{1,3,\dots,n}^*)$  และ  $(Y_2 = X_2 - X_{2,3,\dots,n}^*)$  เป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จาก Residual ของตัวแปร  $X_1$  และ  $X_2$  ตามลำดับ

ในงานวิจัยของ Baba et al. (2004) และ Shapira et al. (2009) ได้อธิบายถึงวิธีการคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) หรือ  $\rho(X, Y; Z)$  ระหว่างตัวแปร  $X$  และตัวแปร  $Y$  ซึ่งอิงกับตัวกลาง  $Z$  ด้วยการคำนวณหา Pearson Correlation Coefficient ระหว่างส่วนที่เหลือ (Residuals) ใน  $X$  และ  $Y$  ที่ถูกหักล้างสหสัมพันธ์จากตัวกลาง  $Z$  ออก ดังแสดงในสมการที่ 2.1 เพื่อที่จะได้รับส่วนที่เหลือ (Residuals) ของ  $X$  และ  $Y$  ซึ่งนำทั้ง 2 ตัวแปรมาหาความสัมพันธ์ถดถอย (Regress) บน  $Z$  ที่เป็นตัวแปรควบคุม (Conditioning Variables) ซึ่งในที่นี้ได้กำหนดลำดับของสหสัมพันธ์แยกส่วน  $\rho(X, Y; Z)$  ให้มีตัวควบคุมตัวเดียว (First-order Partial

Correlation Coefficient) เพราะว่ามีเพียงเงื่อนไข (Condition) จากตัวกลางเดียวบน Z โดยมีวิธีคำนวณดังสมการที่ 2.1

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient)

$$\rho(X, Y: Z) = \frac{\rho(X, Y) - \rho(X, Z)\rho(Y, Z)}{\sqrt{[1 - \rho^2(X, Z)][1 - \rho^2(Y, Z)]}} \quad (2.1)$$

โดยที่ X และ Y = ตัวแปรใดๆ, Z = ตัวกลาง,  $\rho(X, Y)$  = สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y

เพื่อที่จะบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างระดับสหสัมพันธ์ (Correlation) และสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) จึงได้ให้ความสนใจไปที่ปริมาณ  $d(X, Y: Z)$  ดังสมการที่ 2.2

$$d(X, Y: Z) \equiv \rho(X, Y) - \rho(X, Y: Z) \quad (2.2)$$

โดยที่  $d(X, Y: Z)$  = ระดับอิทธิพลที่เกิดจากตัวกลาง Z ใดๆ

ซึ่งปริมาณ  $d(X, Y: Z)$  ดังกล่าวใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับอิทธิพลของสหสัมพันธ์ (Correlation Influence) หรืออิทธิพลของตัวกลาง Z บนคู่ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ X และ Y โดยปริมาณดังกล่าวนี้จะมีค่ามาก ก็ต่อเมื่อ สัดส่วนของปริมาณสหสัมพันธ์ (Correlation) หรือ  $\rho(X, Y)$  นั้นสามารถที่จะอธิบายได้ด้วยตัวกลาง Z อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในงานวิจัยดังกล่าวจึงเลือกที่จะให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ไปยังค่า  $d(X, Y : Z)$  ที่มากขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาในงานวิจัยดังกล่าวของ Kenett (2010) และ Tumminello et al. (2005) พบว่าหุ้นในกลุ่มภาคการเงินนั้น มีอิทธิพลครอบงำเหนือกว่าหุ้นในกลุ่มอื่นๆภายในตลาดหุ้น จึงทำให้พบข้อสรุปว่าหุ้นในกลุ่มการเงินนั้นเป็นเสมือนกระดูกสันหลังภายในตลาดหุ้นดังกล่าว ในแง่ของการส่งผ่านอิทธิพลไปยังหุ้นอื่นๆภายในตลาดหุ้น พร้อมกันนี้ยังสามารถนำค่า  $d(X, Y : Z)$  มาเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลในการสร้างโครงข่ายในลักษณะบอกทิศทางภายในโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ได้อีกด้วย

Kenett et al. (2010) ได้อธิบายถึงวิธีในการสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ทั้ง 2 รูปแบบที่แตกต่างกัน ได้แก่ Partial Correlation Threshold Network (PCTN) และ Partial Correlation Planar Maximally Filtered Graph (PCPG) โดยนำมาพิจารณาทั้ง 2 โครงข่าย ด้วยจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะหาแนวคิดเพิ่มเติม รวมไปถึงคุณสมบัติต่างๆ จากผลลัพธ์ที่ได้ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบไปตามมิติของระบบที่แตกต่างกันออกไป

โดยในงานวิจัยของเขา ได้ให้เหตุผลหลัก 2 ข้อที่เลือกนำรูปแบบการสร้างโครงข่ายแบบโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) มาใช้ในการอธิบายอิทธิพลของแต่ละองค์ประกอบในฐานะที่เป็นตัวกลางที่มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่เกิดจากระดับสหสัมพันธ์ภายในระบบ

1. โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) สามารถนำมาใช้แสดงโครงสร้างที่แท้จริงภายในระบบ ด้วยกระบวนการแยกและคัดกรองข้อมูล (Filtering Procedures) ซึ่งเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง และมีนัยสำคัญออกมา เพื่อที่จะนำไปหาระดับอิทธิพลของหุ่นตัวกลาง ที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่โดดเด่นที่สุด บนโครงสร้างของโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วนภายในตลาดหุ้นออกมา ซึ่งเป็นวิธีที่คล้ายคลึงกันกับ วิธีที่ใช้ในการศึกษาของ Mantegna (1999) ที่ใช้โครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Networks)

2. มีความง่ายต่อการอธิบายระบบ ซึ่งพบว่าเกิดปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องภายในระบบเกิดขึ้น (Partial Correlation Interactions) เท่ากับ  $N \times (N-1) \times (N-2) / 2$  ภายในเมทริกซ์แสดงปฏิสัมพันธ์ อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่มาพิจารณาจะพบว่า อันที่จริงแล้วระบบโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) อาจจะทำให้จำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) ของการเกิดปฏิสัมพันธ์ภายในโครงข่ายน้อยกว่าจำนวนปฏิสัมพันธ์ที่ได้จากเมทริกซ์แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Matrix Interaction)

### 2.3.3.1 Partial Correlation Threshold Network (PCTN)

PCTN เป็นโครงข่าย ซึ่งประกอบด้วย Vertices ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนขององค์ประกอบต่างๆ ภายในระบบ ไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบภายใน ตลาดหุ้น, ตลาดตราสารหนี้ หรือ ตลาดอัตราแลกเปลี่ยน ก็ตามที่ ภายใต้องค์ประกอบ X, Y และ Z ที่กำหนดนั้น จะกำหนดให้มี 2 เส้นเชื่อมแสดงความสัมพันธ์แบบบอกทิศทาง ระหว่าง 2 องค์ประกอบ (Directed Links) เช่น แสดงทิศทาง

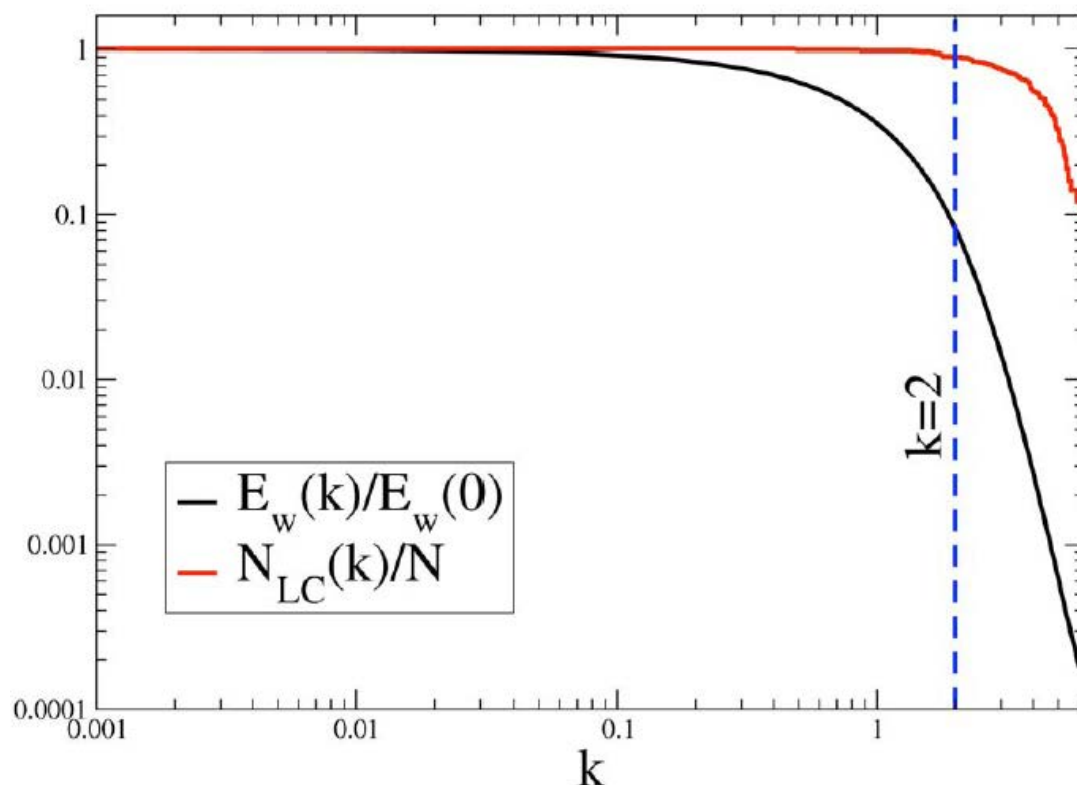
จาก  $Z \rightarrow X$  ซึ่งเป็นการบ่งบอกว่า  $Z$  นั้นส่งผ่านอิทธิพลไปยัง  $X$  และทิศทางจาก  $Z \rightarrow Y$  ซึ่งบ่งบอกว่า  $Z$  นั้นส่งผ่านอิทธิพลไปยัง  $Y$  ดังนั้นจากลักษณะของรูปแบบดังกล่าวภายในเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยที่จะทำหน้าที่เป็นตัวบ่งบอกถึงระดับอิทธิพลขององค์ประกอบ  $Z$  ผ่านสหสัมพันธ์ ระหว่าง องค์ประกอบ  $X$  และ  $Y$  ได้ก็ต่อเมื่อเป็นไปตามสมการที่ 2.3

$$d(X, Y: Z) \geq \langle d(X, Y: Z) \rangle_Z + k \times \sigma_Z(d(X, Y: Z)) \quad (2.3)$$

โดยที่  $\langle d(X, Y: Z) \rangle_Z$  และ  $\sigma_Z(d(X, Y: Z))$  แทนค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของระดับอิทธิพลในตัวกลางต่างๆตามลำดับ ภายใต้การกำหนดเงื่อนไข (Condition) ในตัวกลาง  $Z$  ขึ้น ในขณะที่  $k$  แทนค่าคงตัว (Parameter) ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกระดับอิทธิพล (Threshold of Influence) โดยค่า  $k$  ดังกล่าวเป็นค่าที่เราสนใจ และนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างโครงข่าย

คุณสมบัติของแบบโครงสร้าง และเมทริกซ์ของ PCTN นั้นขึ้นอยู่กับค่าคงตัว (Parameter)  $k$  อย่างมาก ภายใต้กระบวนการเลือกค่า  $k$  ที่เหมาะสมนั้น Kenett et al. (2010) ได้ทำการเลือกค่า  $k$  ณ ระดับที่แตกต่างกันออกไป และทำซ้ำไปเรื่อยๆ รวมไปถึงคำนวณหาผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนัก ในเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Edges) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นใน PCTN ดังแสดงในภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 แสดงสัดส่วนของ  $E_w(k)/E_w(0)$  และ  $N_{LC}(k)/N$  ในรูปฟังก์ชันของ  $k$



ที่มา: Kenett et al. (2010)

โดยระบุเป็นปริมาณ  $E_w(k)$  สำหรับ  $k=0$  จะได้  $E_w(0)=12,018,586$  ซึ่งในภาพที่ 2.7 นั้นแสดงสัดส่วนของ  $E_w(k)/E_w(0)$  ในรูปฟังก์ชันของ  $k$  นอกจากนี้ ยังได้แสดงการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน ด้วยการหาขนาดของส่วนประกอบ (Component) ที่มีระดับการเชื่อมโยงกันสูงที่สุด (Largest Connected Component) ภายในโครงข่าย ซึ่งอิงตามค่า  $k$  โดยแทนจำนวนทั้งหมดขององค์ประกอบต่างๆ (Vertices) ภายในส่วนประกอบ (Component) หรือสัดส่วนที่ทำให้เกิดระดับการเชื่อมโยงกันสูงที่สุด (Largest Connected Component) ภายในโครงข่าย PCTN สำหรับค่า  $k$  ที่กำหนดด้วย  $N_{LC}(k)$  ในภาพที่ 2.7 นั้นแสดงปริมาณ  $N_{LC}(k) = N$ , โดยที่  $N = 300$  เกิดขึ้นพร้อมกับ  $N_{LC}(0)$  ในรูปนี้ จะสังเกตได้ว่า  $k=2$  เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดที่จะได้ PCTN ที่ทำให้เกิดส่วนประกอบ (Component) หรือสัดส่วนที่มีระดับการเชื่อมโยงกันสูงที่สุด (Largest Connected Component) และสัดส่วนดังกล่าวมีค่าสูงเพียงพอที่จะเข้าถึงแบบโครงสร้างที่สำคัญ จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วนที่ได้ภายในโครงข่าย PCTN โดย PCTN นั้นเป็นโครงข่ายในรูปแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Network) ที่สร้างขึ้นจากการถ่วงน้ำหนัก ภายในค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบนั้น ซึ่งมักจะใช้

ร่วมกับเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ในรูปแบบแสดงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Directed Link) ที่ถูกนำมาใช้ในการบ่งบอกทิศทางจากตัวกลาง  $Z \rightarrow X$  รวมไปถึงการบ่งบอกทิศทางไปยังตัวแปรอื่นๆ เช่น  $Y$  เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 2.3 ข้างต้น อันที่จริงแล้ว PCTN สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทั้งในโครงข่ายที่อิงการกลั่นกรองเกณฑ์ขั้นต่ำ (Threshold-based Network) ภายในโครงข่ายเดี่ยว และระบบโครงข่ายที่อิงการกลั่นกรองเกณฑ์ขั้นต่ำ หลายๆ โครงข่าย ซึ่งค่อนข้างจะมีความอ่อนไหวต่อค่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

### 2.3.3.2 Partial Correlation Planar Maximally Filtered Graph (PCPG)

PCPG เป็นวิธีที่พัฒนา และประยุกต์มาจาก Planar Maximally Filtered Graph (PMFG) ที่มีข้อด้อยในเรื่องการเกิดปฏิสัมพันธ์อย่างไม่สมมาตร (Asymmetric Interactions) ภายในกลุ่มองค์ประกอบต่างๆของระบบ ซึ่งโครงข่ายดั้งเดิมแบบ PMFG นั้นเป็นวิธีสร้างโครงข่ายที่อิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Network) เพียงแต่โครงข่ายแบบ PCPG นั้นได้ผ่านการประยุกต์และดัดแปลง โดยเปลี่ยนจากการหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ไปเป็นหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วนแล้วจึงนำไปสร้างโครงข่ายตามลำดับขั้นการแก้ไขปัญหาต่างๆ (Algorithm) ในภายหลังต่อไป

Kenett et al. (2010) ได้นำเสนอการประยุกต์โครงข่าย PMFG แบบดั้งเดิม โดยนำสหสัมพันธ์แยกส่วน มาใช้ร่วมกับกรณีการเกิดปฏิสัมพันธ์ต่างๆ (Interactions) ภายในแต่ละคู่ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Element Pairs) โดยที่มีความสัมพันธ์จากข้อมูลที่ไม่สมมาตร (Asymmetric) แฝงอยู่ อย่างไรก็ตามลักษณะดังกล่าวมักถูกนำมาแสดงให้อยู่ในรูปแบบโครงข่ายแสดงทิศทาง (Directed Graph) ประกอบภายใต้รูปแบบใหม่ โดยที่เรียกโครงข่ายนี้ว่า PCPG (Partial Correlation Planar Maximally Filtered Graph) โดยที่เริ่มต้นจากการหาระดับอิทธิพลของสหสัมพันธ์ (Correlation Influence) หรือ  $d(X,Y: Z)$  โดยกำหนดให้ ค่าเฉลี่ยระดับอิทธิพล (Average Influence) ของตัวกลาง ที่แทนด้วย  $d(X : Z)$  นั้นบ่งบอกระดับอิทธิพล และทิศทางที่ออกจากองค์ประกอบ  $Z$  ไปยัง องค์ประกอบ  $X$  และองค์ประกอบ อื่นๆ ที่เหลือทุกตัวภายในระบบ จากการนำระดับอิทธิพลของตัวกลางที่ส่งไปยังความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆมาหาค่าเฉลี่ยดังสมการที่ 2.4

$$d(X:Z) = \langle d(X,Y:Z) \rangle_{Y \neq X,Z} \quad (2.4)$$

หมายเหตุ: สิ่งที่น่าสนใจก็คือโดยทั่วไปแล้ว  $d(X:Z) \neq d(Z:X)$

ภายใต้ลำดับขั้นของกระบวนการสร้างโครงข่าย PCPG ดังกล่าวนั้น จะเรียงลำดับตั้งแต่ปฏิสัมพันธ์  $N(N-1)$  ของค่าเฉลี่ยอิทธิพลของสหสัมพันธ์ (Average Correlation Influence) หรือ  $d(X:Z)$  เรียงตามลำดับที่ลดลง ตามแบบแผนในการสร้างโครงข่ายนั้น จะเริ่มจากการพิจารณาโครงข่ายที่ว่างเปล่า ที่มาพร้อม  $N$  องค์กรประกอบ (Vertices) โดยเริ่มจากการใส่ลำดับรายการ  $d(I:J)$  ซึ่งก็คือการบ่งบอกทิศทาง (Directed Link) ว่าเป็นการส่งอิทธิพลจาก  $J \rightarrow I$  ภายใต้ข้อจำกัดของโครงข่าย ที่ต้องอยู่ในรูปแบบเพลน (Planar) ซึ่งก็คือเส้นเชื่อม Link ดังกล่าวสามารถถูกนำมาโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรประกอบ (Node) ได้โดยที่ไม่ทำให้เกิดเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ตัดกัน (Link Crossing) โดยที่ถ้าค่า  $d(X:Z) > d(Z:X)$  ผลที่ตามมาคือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link)  $Z \rightarrow X$  จะถูกนำมาพิจารณาครอบคลุมในโครงข่าย PCPG เพียงเส้นเดียว โดยจะไม่แสดงเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) จาก  $X \rightarrow Z$  อีก เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดเส้นเชื่อมจำนวนหลากหลายเส้น (Multiple Links) จนเกินไป ซึ่งกระบวนการกักเก็บข้อมูลนั้น จะถูกแสดงออกมาอยู่ในรูปทิศทางของการส่งผ่านอิทธิพลผ่านทางตัวแปรอิสระ พร้อมกับบอกขนาดของระดับอิทธิพลในการส่งผ่านประกอบ

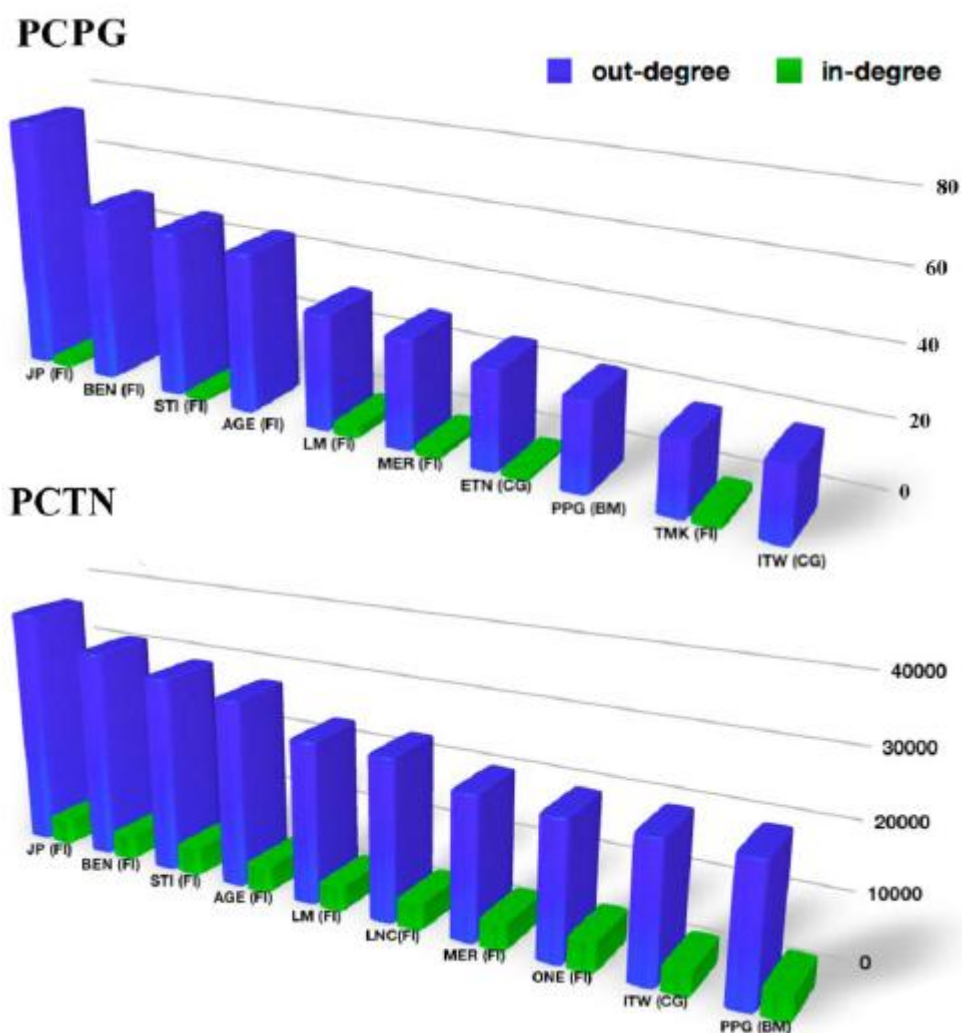
ภายในโครงข่าย PCPG จะมีจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ที่แน่นอน คือ  $3(N-2)$  สำหรับระบบที่มี  $N$  องค์กรประกอบ แต่อย่างไรก็ตาม PCPG กลับกลายเป็นกระบวนการกลั่นกรองข้อมูลที่ค่อนข้างรุนแรงจากจำนวนปฏิสัมพันธ์เริ่มต้นในเมตริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Original Partial Correlation Coefficients)  $N \times (N-1) \times (N-2) / 2$  เหลือเพียง  $3(N-2)$  ในภายหลังเมื่อสร้างโครงข่ายเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวอธิบาย และแสดงถึงโครงสร้างหลักของระบบที่ตอบสนอง ต่อลักษณะคุณสมบัติของสหสัมพันธ์ (Correlation Properties)<sup>4</sup> ที่เป็นตัวควบคุมโครงสร้างของโครงข่าย แม้ว่าจะมีการลดลงของข้อมูลอย่างรุนแรงก็ตามที่ อันที่จริงแล้ว PCPG

<sup>4</sup> โครงข่ายแบบไม่มีทิศทางนั้นระยะห่างระหว่างองค์กรประกอบ หรือปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นใน Link ต่างๆ ภายในโครงข่าย ดังกล่าวนั้น มักอิงตามระดับสหสัมพันธ์ ที่เป็นตัวบ่งชี้ระดับความเชื่อมโยงระหว่างองค์กรประกอบใดๆ ในขณะที่โครงข่ายแบบแสดงทิศทางนั้น ระดับอิทธิพล หรือ  $d(X,Y:Z)$  จะเป็นตัวบ่งบอกทิศทางพร้อมกับขนาดปฏิสัมพันธ์ หรือระดับอิทธิพลแฝงที่ส่งหรือรับ ในแต่ละองค์กรประกอบภายในโครงข่าย



เป็นวิธีในการสร้างโครงข่ายผ่านกระบวนการกลั่นกรองข้อมูล (Filtering) ที่รุนแรงภายใต้เงื่อนไขการเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interactions) ระหว่างองค์ประกอบที่แตกต่างออกไปจากวิธีดั้งเดิม โดยที่กระบวนการดังกล่าวนี้จะเก็บข้อมูล ไว้ในตัวแทน  $3(N-2)$  จากค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ซึ่งแสดงผลลัพธ์ของระดับการรับอิทธิพล (Indegree) และระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ขององค์ประกอบใดๆ ภายในโครงข่าย ดังแสดงในภาพ ที่ 2.7 ซึ่งภาพดังกล่าวนี้ ได้แสดง 10 อันดับแรกของหุ้นที่ทรงอิทธิพล (Influential Stocks) เปรียบเทียบกันในพื้นที่ 2 โครงข่าย ระหว่างโครงข่าย PCTN และ PCPG พร้อมกับการแบ่งกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector) ตามกิจกรรมการดำเนินงานของบริษัท (Economic Sector of Activity) จากผลลัพธ์ในภาพที่ 2.8 พบว่า 10 อันดับแรกของหุ้นต่างๆ ที่มีอิทธิพลสูงสุดนั้นต่างเป็นสมาชิกอยู่ในภาคการเงินทั้งสิ้น

ภาพที่ 2.8 แสดงระดับการรับอิทธิพล (Indegree) และ ระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ขององค์ประกอบ ใน 10 อันดับแรกของหุ้นทรงอิทธิพล (Influential Stocks) เปรียบเทียบระหว่างโครงข่าย PCTN และ PCPG



ที่มา: Kenett et al. (2010)

ในตารางที่ 2.3 นั้นแสดงรายการของ 12 กลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sectors) ทั้งหมดที่แบ่งตามกิจกรรมการดำเนินงาน พร้อมกับข้อมูลที่แสดงระดับอิทธิพลที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายทั้งหมด เพื่อความเข้าใจของตัวอิทธิพลร่วมภายในกลุ่มเศรษฐกิจที่ดีขึ้น โดยลำดับของ กลุ่มเศรษฐกิจ จะถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ตามระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ในโครงข่าย PCPG รวมไปถึงระดับการส่งอิทธิพลแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Outdegree) ที่ใช้ในโครงข่าย PCTN

ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับระดับอิทธิพลร่วม 12 กลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sectors) เปรียบเทียบระหว่างโครงข่าย PCTN และ PCPG

PCTN					PCPG			
RANK	SEC <sup>5</sup>	WEIGHT OUT DEGREE	WEIGHT IN DEGREE	R <sub>w</sub>	SEC.	OUT DEGREE	IN DEGREE	R <sub>U</sub>
1	FI	8344	4837	0.27	FI	304	4	0.97
2	SE	5248	7663	-0.18	CG	56	17	0.53
3	BM	3727	2743	0.15	CO	38	22	0.27
4	EN	3219	1836	0.27	BM	26	25	0.02
5	CG	2236	1652	0.15	SE	16	136	-0.79
6	CC	2230	2775	-0.11	TE	12	87	-0.76
7	UT	2090	1447	0.18	CC	8	52	-0.73
8	CN	2004	3108	-0.21	EN	6	9	-0.2
9	TE	1904	3797	-0.33	CN	6	53	-0.8
10	CO	1424	1142	0.11	HE	3	44	-0.87
11	HE	969	2625	-0.45	UT	1	18	-0.89
12	TR	882	671	0.14	TR	0	9	-1

ที่มา: Kenett et al. (2010)

โดยระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ของกลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sectors) ซึ่งแทนด้วย  $s$  โดยที่ระดับการส่งอิทธิพล ถูกกำหนดขึ้นตามจำนวนทั้งหมดของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ภายในโครงข่าย PCPG ซึ่งแสดงจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ที่ออกจากตัวแทนหุ้น ซึ่งเป็นสมาชิกภายในกลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  ที่ชี้ไปยังหุ้นในกลุ่มเศรษฐกิจอื่นๆ ที่ถูกแบ่งตามกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยแทนปริมาณดังกล่าวนี้ด้วย  $o(s)$  ในทำนองเดียวกันก็กำหนดให้  $i(s)$  เป็นตัวแทนของ

<sup>5</sup> แบ่งตาม Yahoo Finance (2004) : Basic Material (BM, 24 Stocks), Consumer Cyclical (CC, 22 Stocks), Consumer Non Cyclical (CN, 25 Stocks), Capital Goods (CG, 12 Stocks), Conglomerates (CO, 8 Stocks), Energy (EN, 17 Stocks), Financial (FI, 53 Stocks), Healthcare (HE, 19 Stocks), Services (SE, 69 Stocks), Technology (TE, 34 Stocks), Transportation (TR, 5 Stocks) และ Utilities (UT, 12 Stocks).

ระดับการรับอิทธิพล (Indegree) ของ กลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  ซึ่งก็คือ จำนวนเส้นเชื่อม (Links) ที่ชี้ออกมาจากหุ้้น ที่ไม่ได้เป็นสมาชิกของ กลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  เข้าไปยังหุ้้น ที่เป็นสมาชิกในกลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  หรือ ก็คือการบ่งปริมาณการรับอิทธิพลมาจากกลุ่มเศรษฐกิจ อื่นๆเข้ามายัง กลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  ผ่านจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link)

ระดับการส่งอิทธิพลถ่วงน้ำหนัก (Weighted Outdegree) หรือ  $o_w(s)$  และระดับการรับอิทธิพลถ่วงน้ำหนัก (Weighted Indegree) หรือ  $i_w(s)$  ของกลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  ที่ถูกนำมาใช้ใน PCTN นั้นก็ทำคล้ายๆกับกรณีการวัดระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) และรับอิทธิพล(Indegree) ในส่วนก่อนหน้าที่ได้อธิบายไปแล้ว ซึ่งค่า  $o(s)$  และ  $o_w(s)$  สูงๆ เป็นตัวบ่งชี้ว่ากลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  นั้นมีอิทธิพลอย่างมากภายในระบบ ในขณะที่  $i(s)$  และ  $i_w(s)$  มากๆ เป็นตัวบ่งชี้ว่ากลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  นั้นเป็นกลุ่มเศรษฐกิจ ที่ได้รับอิทธิพลที่ส่งผ่านมาจากกลุ่มเศรษฐกิจอื่นๆ อย่างมาก

ในตารางที่ 2.3 นั้นยังแสดงผลการวัดค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของกลุ่มเศรษฐกิจ ที่อิงตามตัวชี้วัด (Indicators) ต่างๆเหล่านี้ ภายใต้อิทธิพลของ  $s$  ที่กำหนดนั้น จะมีสัดส่วนของอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบแทน ดังสมการที่ 2.5

$$R_U(s) = \frac{o(s)-i(s)}{o(s)+i(s)}, R_w(s) = \frac{o_w(s)-i_w(s)}{o_w(s)+i_w(s)} \quad (2.5)$$

โดยที่  $o_w(s)$  = ระดับการส่งอิทธิพลถ่วงน้ำหนัก (Weighted Outdegree) ของกลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  และ  $i_w(s)$  = ระดับการรับอิทธิพลถ่วงน้ำหนัก (Weighted Indegree) ของกลุ่มเศรษฐกิจ  $s$

โดยที่ การวัดค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของกลุ่มเศรษฐกิจ ที่อิงตามตัวชี้วัด แบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Relative Influence) หรือ  $R_u$  ของ กลุ่มเศรษฐกิจ  $s$  นั้นถูกนำมาใช้ใน PCPG ซึ่ง วิธีแบบ PCPG นั้นเน้นให้เห็นถึงอิทธิพลของหุ้้นโดยเฉลี่ยทั่วทั้งตลาด ในขณะที่การวัดของค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของกลุ่มเศรษฐกิจ ที่อิงตามตัวชี้วัดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Relative Influence) หรือ  $R_w$  ถูกนำมาใช้ใน PCTN เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความแข็งแกร่งของการมีปฏิสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบที่เกิดขึ้น ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามภายใต้ขอบเขตของอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ในรูปแบบทั้งสองนั้นควรมีค่าอยู่ในขอบเขต  $[-1,+1]$

ค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ของกลุ่มเศรษฐกิจ ที่เป็นบวกนั้น บ่งบอกได้ว่า กลุ่มเศรษฐกิจนั้นมีอิทธิพลเหนือกว่ากลุ่มเศรษฐกิจ อื่นๆ (อิทธิพลที่ส่งออกไปยังกลุ่มเศรษฐกิจอื่น นั้นมีมากกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในกลุ่มเศรษฐกิจนั้น) ในทางกลับกัน ค่าลบที่ได้นั้นแสดงว่ากลุ่มเศรษฐกิจ นั้นมีอิทธิพลด้อยกว่ากลุ่มเศรษฐกิจอื่นๆ (อิทธิพลที่ส่งออกไปยังกลุ่มเศรษฐกิจอื่น นั้นน้อยกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในกลุ่มเศรษฐกิจนั้น)

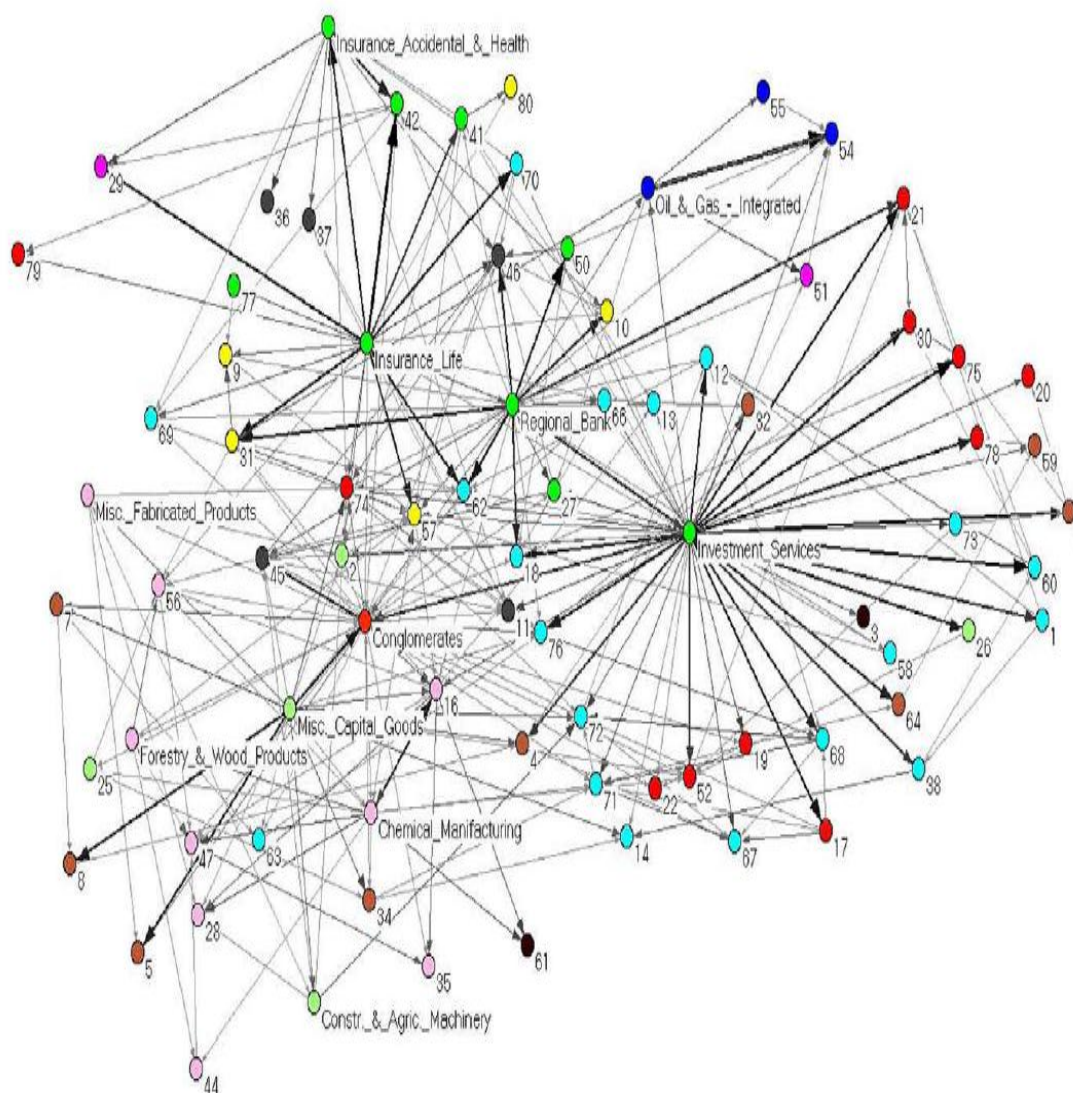
แม้ว่าภาคการเงิน (Financial Sector) จะมีจำนวนการส่งอิทธิพล (Outdegree) ภายในโครงข่าย PCPG สูงที่สุด และมีระดับการส่งอิทธิพลถ่วงน้ำหนัก (Weighted Outdegree) ภายในโครงข่าย PCTN สูงที่สุด แต่ค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ในทั้ง 2 กรณีดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะมีระดับที่แตกต่างกันออกไป ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่แล้วกลุ่มเศรษฐกิจ ต่างๆ จะมีเครื่องหมายระดับอิทธิพล (Influence) ในตัวชี้วัด  $R_u$  หรือ  $R_w$  ที่เหมือนกันทั้ง 2 โครงข่าย แม้จะมีระดับค่อนข้างแตกต่างกันก็ตาม

นอกจากนี้อันดับของระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ภายในกลุ่มเศรษฐกิจ ก็มีความแตกต่างกันในทั้ง 2 โครงข่าย ซึ่งมีเพียงภาคการเงิน (FI) ในลำดับที่หนึ่ง และภาคการขนส่ง (TR) ซึ่งอยู่ในลำดับสุดท้าย ที่มีอันดับเหมือนกันในทั้ง 2 โครงข่าย อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างอันดับของการส่งอิทธิพล (Outdegree) และระหว่างค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของกลุ่มเศรษฐกิจต่างๆ ในหลายๆ โครงข่าย มีความเป็นไปได้มากที่จะเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากความแตกต่างของข้อมูลที่ถูกบรรจุไว้ในทั้ง 2 โครงข่าย ซึ่งวิธีแบบ PCPG นั้นเน้นให้เห็นถึงอิทธิพลของหุ้นโดยเฉลี่ยทั่วทั้งตลาด ในขณะที่ข้อจำกัดที่เหมือนกันนี้ไม่ปรากฏอยู่ในวิธีแบบ PCTN ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ภายในตารางที่ 2.3 จะพบว่ามี 3 กลุ่มเศรษฐกิจ ที่เครื่องหมายของอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบนั้นมีสัญลักษณ์ตรงข้ามกันในทั้ง 2 โครงข่าย ได้แก่ ภาคพลังงาน (EN), ภาคสินค้าอุปโภคบริโภค (UT) และ ภาคการขนส่ง (TR) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าอิทธิพลของหุ้นต่างๆ ในกลุ่มเศรษฐกิจเหล่านี้นี้อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีความแตกต่างเหล่านี้ เกิดขึ้น แต่สหสัมพันธ์ ระหว่างค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ในโครงข่าย PCTN และ PCPG ดังกล่าวนั้นมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัด  $R_w$  และ  $R_u$  หรือ  $\text{Corr}(R_w, R_u)$  เท่ากับ 0.59 โดยประมาณ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง ดังนั้นจึงเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าทั้ง 2 โครงข่าย นั้นสามารถอธิบายระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ในกลุ่มเศรษฐกิจที่แตกต่างกันให้ได้อย่างสรุปในลักษณะที่

คล้ายคลึงกัน ดังจะสังเกตได้จากภาพที่ 2.8 และตารางที่ 2.3 ซึ่งพบว่าภาคการเงินนั้นมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม Kenett et al. (2010) พยายามที่จะเข้าถึงความสัมพันธ์เหล่านั้น ในระดับที่ย่อยลงไปอีกภายในหุ้นกลุ่มภาคการเงิน เพื่อที่จะได้ศึกษาว่าในระดับย่อยลงไปนั้น สามารถที่จะเห็นพฤติกรรมของกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector) หรือแสดงออกว่ามีรูปแบบของพฤติกรรมที่แตกต่างกันของระดับอิทธิพลภายในกลุ่มเศรษฐกิจ (Heterogeneity of Behavior) ในรูปแบบใด เพื่อที่จะเข้าใจกลุ่มเศรษฐกิจย่อยให้มากขึ้น Kenett et al. (2010) จึงได้ทำการวิเคราะห์โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) เพิ่มเติม โดยทำการศึกษาหุ้นทุกตัวที่เป็นสมาชิกในระดับกลุ่มเศรษฐกิจย่อย ซึ่งแบ่งตามการดำเนินงานของกลุ่มเศรษฐกิจย่อยที่เหมือนกันเพิ่มเติม โดยแทนแต่ละองค์ประกอบด้วยภาคเศรษฐกิจย่อย (Single Vertex) และนำมาแสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันภายในโครงข่าย PCPG

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายแสดงทิศทางแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Directed Network) ในแต่ละองค์ประกอบ (Vertex) ที่สัมพันธ์กับการแบ่งกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector) ตามกิจกรรมการดำเนินงานของบริษัท และถ่วงน้ำหนัก (Weight) เส้นเชื่อมความสัมพันธ์ในรูปแบบแสดงทิศทาง (Directed Link) ที่ชี้ออกจาก กลุ่มเศรษฐกิจย่อย  $i$  ไปยังกลุ่มเศรษฐกิจย่อย  $j$  ซึ่งถูกกำหนดขึ้นด้วยจำนวนทั้งหมดของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ในรูปแบบแสดงทิศทาง (Directed Links) ที่ออกจากหุ้นต่างๆ ที่เป็นสมาชิกของกลุ่มเศรษฐกิจย่อย  $i$  และวิ่งเข้าสู่หุ้นต่างๆของกลุ่มเศรษฐกิจย่อย  $j$  ภายในโครงข่าย PCPG ในภาพที่ 2.8 นั้นเป็นการแสดงโครงข่าย PCPG ในระดับกลุ่มเศรษฐกิจย่อย จากภาพดังกล่าวจะพบว่ามีเพียง 3 กลุ่มเศรษฐกิจย่อยที่อยู่ใจกลางโครงข่าย (Central Sub-sectors) ซึ่งทั้งหมดอยู่ในภาคการเงิน โดยประกอบไปด้วย กลุ่มธุรกิจย่อยให้บริการทางการเงิน (Investment Services), กลุ่มธุรกิจย่อยประกันภัย (Insurance Life) และกลุ่มธุรกิจย่อยธนาคาร (Regional Banks) ซึ่งจะเห็นว่า กลุ่มเศรษฐกิจย่อย ทั้ง 3 กลุ่ม เหล่านี้ มีระดับอิทธิพลและส่งผ่านผลกระทบ ต่อหลายๆกลุ่มเศรษฐกิจย่อยภายใน โครงข่าย และมีบทบาทสำคัญต่อแบบโครงสร้างภายในโครงข่ายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector Network) ซึ่งมักจะพบบทบาทที่โดดเด่นดังกล่าวอยู่ในหุ้นกลุ่มภาคการเงิน และนอกจากนี้ในบางกลุ่มเศรษฐกิจย่อย ก็ไม่ได้ปรากฏโครงสร้างดังกล่าวออกมาให้เห็นเลย ในการวิเคราะห์ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation Analysis) ของผลตอบแทนหุ้นภายในตลาดหลักทรัพย์ NYSE

ภาพที่ 2.9 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PCPG จากหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE โดยพิจารณาารายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Subsector)



ที่มา: Kenett et al. (2010)

ความแตกต่างระหว่างข้อมูลทางเศรษฐกิจ (Economic information) ซึ่งถูกบรรจุไว้ในค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) และอีกแบบ ที่ถูกบรรจุไว้ในค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) นั้นสังเกตได้จากการเปรียบเทียบบทบาทภายในกลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sectors) ต่างๆ ภายใต้โครงข่ายรูปแบบเพน (Planar Networks) ที่เหมือนกัน

วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG นั้นใช้ร่วมกับค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) ภายในโครงข่ายแบบไม่แสดงทิศทาง (Undirected Network) โดยภายในโครงข่ายดังกล่าวในภาพที่ 2.9 จะ

มีเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งหมด  $3(N-2) = 894$  เส้นเชื่อม (Links)<sup>6</sup> ซึ่งพบว่าจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ที่ได้นี้จะเท่ากับในแบบโครงข่าย PCPG แสดงทิศทาง (Directed PCPG) โดยจากผลลัพธ์ดังกล่าวจะพบว่า จำนวนของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ทั้งหมดที่เกิดการข้ามกลุ่มของหุ้น (Bridging Stocks) ซึ่งเกิดขึ้นภายในสมาชิกของกลุ่มเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน มีจำนวนทั้งสิ้น 283 เส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ภายในโครงข่าย PMFG ในขณะที่โครงข่าย PCPG พบว่ามีเกือบ 476 เส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ข้อเท็จจริงเหล่านี้เป็นตัวบ่งบอกว่าอิทธิพลที่เกิดขึ้นร่วมกันของหุ้นต่างๆ (Mutual Influence of Stocks) ที่ถูกกำหนดขึ้นโดยสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) นั้นไม่ได้ถูกจำกัดพื้นที่ไว้แค่ภายในระดับกลุ่มเศรษฐกิจเท่านั้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะพบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่าง ค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) และค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) จากการสังเกตความสัมพันธ์ในแต่ละกลุ่มเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในโครงข่ายรูปแบบเพลน (Planar Networks) ซึ่งได้แก่ โครงข่าย PMFG และ PCPG

ในตารางที่ 2.3 แสดงระดับการรับอิทธิพล (Indegree) และระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ในแต่ละกลุ่มเศรษฐกิจ (Economic Sector) ภายในโครงข่าย PCPG ซึ่งพบว่า ระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ของภาคการเงิน (FI) เท่ากับ 304 ในขณะที่ ระดับการรับอิทธิพล (Indegree) เท่ากับ 4 ในทางตรงกันข้ามระดับการเชื่อมโยง (Degree) ของภาคการเงิน (FI) ภายในโครงข่าย PMFG นั้นมีค่าเพียง 119 ในการประมวลผลผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ในโครงข่าย PMFG (จากตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4) ซึ่งพบว่าระดับอิทธิพลของภาคการเงิน (FI) ภายในโครงข่าย PCPG นั้นสูงกว่าระดับอิทธิพลของโครงข่าย ที่อิงค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ดังเช่น โครงข่าย PMFG ประมาณ 3 เท่า

<sup>6</sup> จากภาพที่ 2.8 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PCPG โดยแบ่งกลุ่มตาม Subsector จากข้อมูลหุ้น 300 ตัว ดังนั้นในที่นี้  $N=300$  เพราะฉะนั้นจะได้จำนวน Link ทั้งหมด  $3(N-2)$  หรือ  $3(300-2) = 894$  Link



ตารางที่ 2.4 แสดงระดับการเชื่อมโยงถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ของโครงข่าย PMFG และ PCPG

Standard Correlation PMFG			Partial Correlation PCPG		
RANK	SECTOR <sup>7</sup>	W-DEG.	SECTOR	W-OUTDEG.	W-INDEG.
1	FI	119	FI	304	4
2	SE	85	CG	56	17
3	BM	60	CO	38	22
4	CO	55	BM	26	25
5	CG	53	SE	16	136
6	TE	51	TE	12	87
7	CC	49	CC	8	52
8	CN	29	EN	6	9
9	HE	24	CN	6	53
10	EN	15	HE	3	44
11	UT	11	UT	1	18
12	TR	9	TR	0	9

ที่มา: Kenett et al. (2010)

ดังจะสังเกตเห็นพฤติกรรมดังกล่าวได้ในภาคการบริการ (SE) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งภาคเศรษฐกิจตามกิจกรรมการดำเนินงานของบริษัท นั้นค่อนข้างให้ผลตรงข้ามกันออกไป เมื่อพิจารณาจากระดับความเชื่อมโยง (Degree) ของภาคบริการ (SE) นั้นพบว่าอยู่เป็นอันดับสองรองจาก ภาคการเงิน (FI) ซึ่งพบอยู่ภายในทั้ง 2 โครงข่ายแบบเพลน (Planar Networks) ได้แก่ PMFG และ PCTN แต่กลับไม่พบระดับความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของภาคบริการ ภายในโครงข่าย PCPGสูงเป็นอันดับที่ 2 ดังเช่น 2 โครงข่ายข้างต้น โดยระดับความเชื่อมโยง (Degree) มี

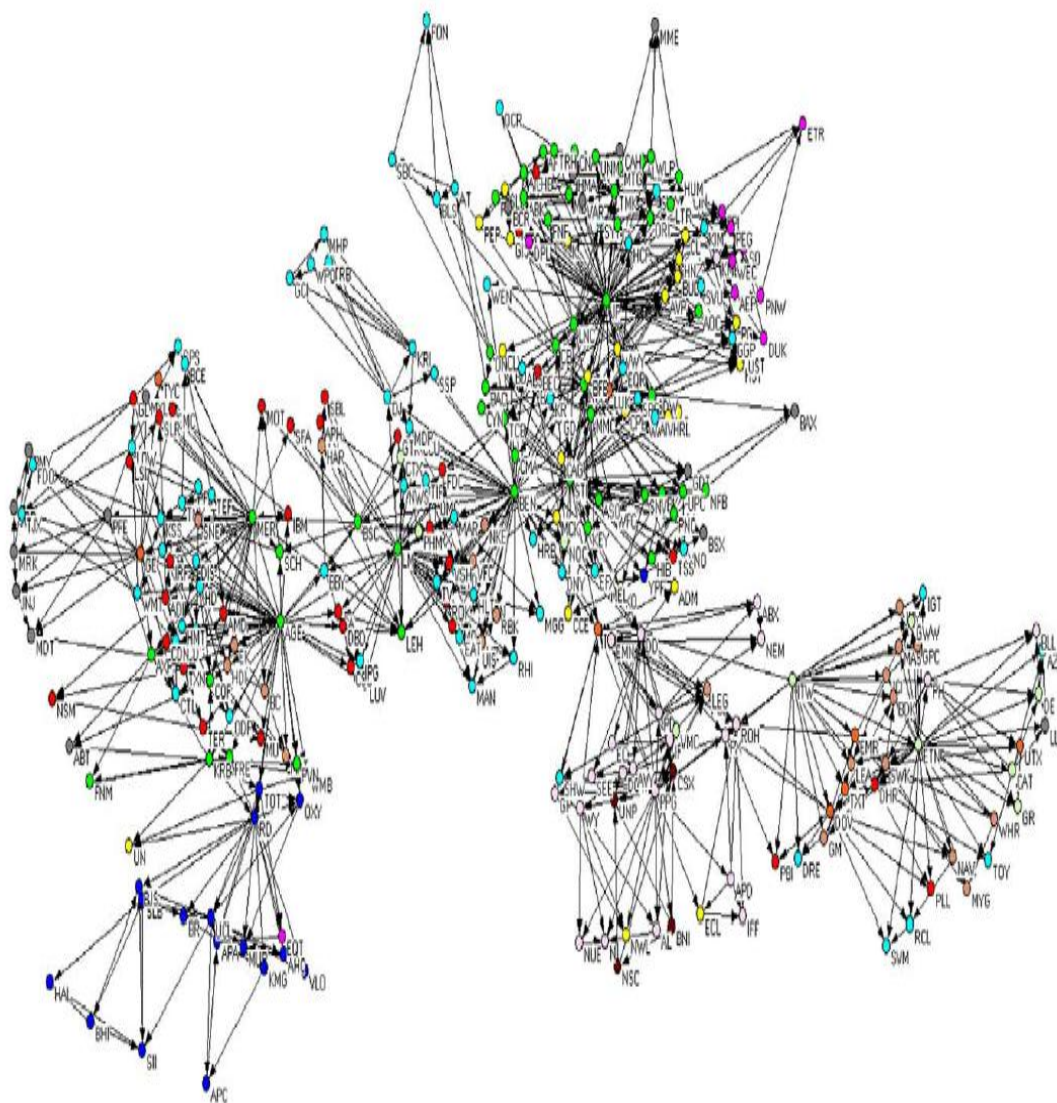
<sup>7</sup> แบ่งตาม Yahoo Finance (2004) : Basic Material (BM, 24 Stocks), Consumer Cyclical (CC, 22 Stocks), Consumer Non Cyclical (CN, 25 Stocks), Capital Goods (CG, 12 Stocks), Conglomerates (CO, 8 Stocks), Energy (EN, 17 Stocks), Financial (FI, 53 Stocks), Healthcare (HE, 19 Stocks), Services (SE, 69 Stocks), Technology (TE, 34 Stocks), Transportation (TR, 5 Stocks) และ Utilities (UT, 12 Stocks).

ค่าเท่ากับ 85 ภายในรูปแบบอิงสหสัมพันธ์ของโครงข่าย PMFG (ตารางที่ 2.4) ในขณะที่โครงข่าย PCPG เท่ากับ 152 ส่วนภายในโครงข่าย PCPG (ตารางที่ 2.3) นั้นระดับการรับอิทธิพล (Indegree) เท่ากับ 136 ในขณะที่ระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) มีค่าเพียง 16 ซึ่งทำให้อยู่เพียงอันดับที่ 5 ภายในโครงข่าย PCPG จากผลลัพธ์ดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าภาคบริการ (SE) นั้นได้รับอิทธิพลอย่างมากจากกลุ่มเศรษฐกิจอื่นๆ ในขณะที่อิทธิพลของมันต่อทั้งระบบ นั้นค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งตรงกันข้ามกับในภาคการเงิน ดังนั้นความแตกต่างที่สำคัญระหว่างภาคการเงิน (FI) และภาคบริการ (SE) นั้นจึงไม่สามารถที่จะสรุปได้จากการดูโครงข่ายต่างๆ ที่ได้รับจากการใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ในการวัดระดับความเหมือน (Similarity)

นอกจากนี้ Kenett et al. (2010) ยังได้ทำการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างโครงข่าย PCPG และ PMFG โดยแสดงโครงข่ายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Subsector Network) ซึ่งใช้ร่วมกันกับค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ภายใน PMFG และได้ทำการจัดลำดับตามระดับความเชื่อมโยงของกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector Degree) ภายใน PMFG

ในภาพที่ 2.10 นั้นแสดงโครงข่าย PCPG ของหุ้น 300 ตัว ซึ่งรายชื่อทั้ง 300 ตัว นั้นมาพร้อมกับกลุ่มเศรษฐกิจที่สอดคล้อง รวมไปถึงแบ่งกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector) ตามกิจกรรมการดำเนินงานของบริษัท ในแต่ละองค์ประกอบ (Node) ภายในโครงข่ายนั้นเป็นตัวแทนของหุ้นรายตัว (Single Stock) และเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ถูกแสดงทิศทางออกจากหุ้นที่ส่งผ่านอิทธิพล (Influential Stock) ไปยังหุ้นตัวรับอิทธิพล (Influenced Stock) ซึ่งแสดงระดับขั้นของระดับอิทธิพลภายในโครงข่ายเป็นชั้นๆ ไป โดยพบว่าจุดศูนย์กลางระบบที่สำคัญนั้นต่างเป็นหุ้น ที่เป็นสมาชิกอยู่ในภาคการเงิน

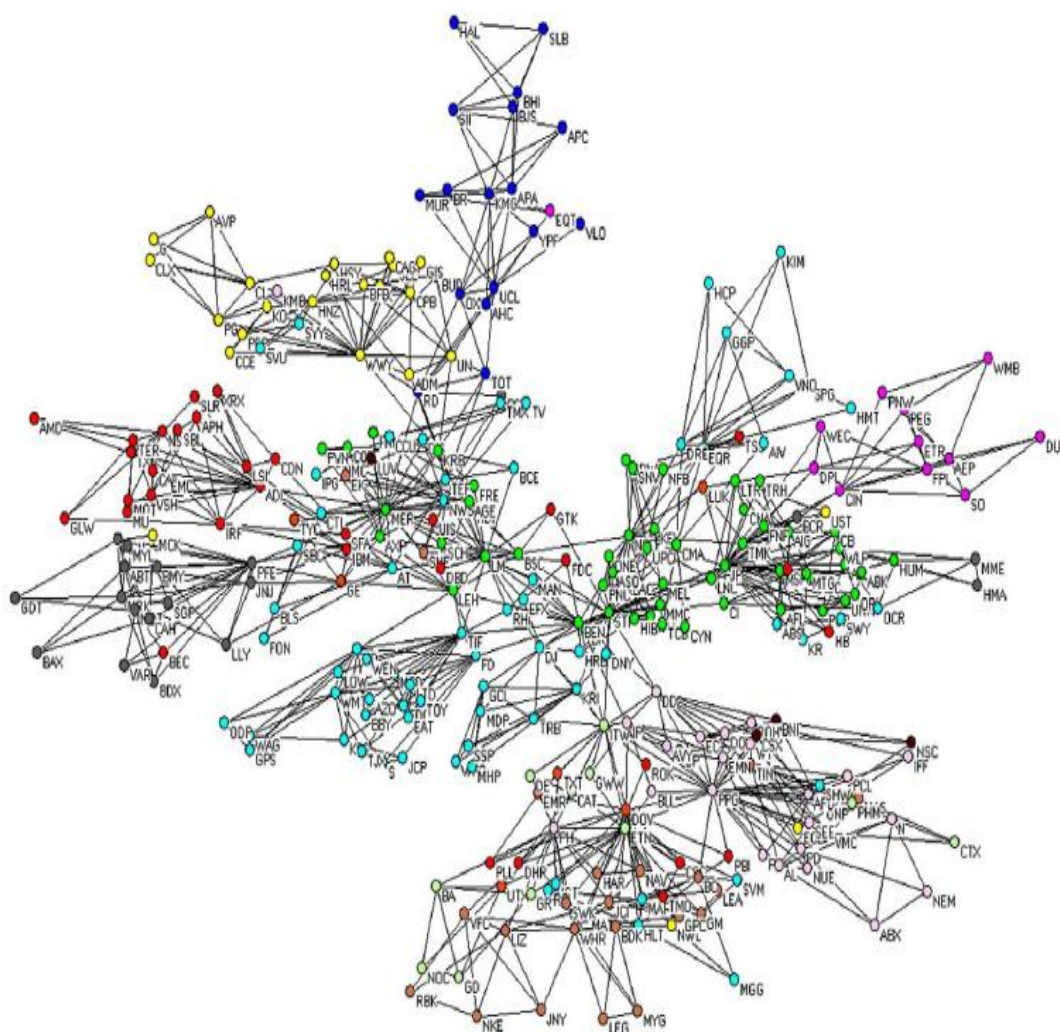
ภาพที่ 2.10 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PCPG ผ่านค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) ของหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE



ที่มา: Kenett et al. (2010)

เปรียบเทียบลักษณะความเหมือนของโครงข่ายในรูปแบบเพลน ระหว่างโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) ภายในโครงข่าย PMFG และโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) ภายในโครงข่าย PCPG โดยที่ผลลัพธ์จากการสร้างโครงข่ายผ่านข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนหุ้น 300 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.10 และ 2.11 พบว่า จำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ใน PMFG และ PCPG นั้นต่างมีจำนวนเท่ากับ  $3(N-2) = 894$  เส้นเชื่อม

ภาพที่ 2.11 แสดงการวิเคราะห์โครงข่าย PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) ของหุ้น 300 ตัว ในตลาดหลักทรัพย์ NYSE



ที่มา: Kenett et al. (2010)

Kenett et al. (2010) ยังได้ทำการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างคุณสมบัติภายในโครงข่าย PMFG ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) และคุณสมบัติภายในโครงข่าย PCPG ซึ่งสร้างขึ้นจากระดับอิทธิพล ที่อิงมาจากค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) โดยทำการศึกษาภายในกลุ่มหุ้น 300 ตัวภายในระบบ ในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเศรษฐกิจย่อย โดยที่รายชื่อของกลุ่มเศรษฐกิจย่อย มาพร้อมกับกลุ่มเศรษฐกิจ ที่สอดคล้องกันตามกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ในตารางที่ 2.5 นั้นได้แสดง 5 อันดับแรกของกลุ่มเศรษฐกิจย่อย ที่มี

ระดับความเชื่อมโยงแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ภายในโครงข่าย PMFG สูงที่สุด และ 5 อันดับแรกที่มีระดับความเชื่อมโยงในการส่งระดับอิทธิพลแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Outdegree) ภายในโครงข่าย PCPG สูงที่สุด ซึ่งพบว่า ระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ของกลุ่มธุรกิจการบริการด้านการลงทุน เท่ากับ 174 ในโครงข่าย PCPG ซึ่งมากกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับระดับความเชื่อมโยง (Degree) ในโครงข่าย PMFG ซึ่งมีค่าเพียง 77

ตารางที่ 2.5 แสดง การจัดอันดับของระดับการเชื่อมโยงถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ภายในโครงข่าย PMFG และ PCPG

Standard Correlation PMFG				Partial Correlation PCPG			
RANK	SUB-SECTOR	SEC. <sup>8</sup>	W-DEG.	SUB-SECTOR	SEC.	W-OUTDEG.	W-INDEG.
1	Investment Services	FI	77	Investment Services	FI	174	3
2	Regional Bank	FI	59	Insurance Life	FI	87	3
3	Conglomerates	CO	55	Regional Bank	FI	76	12
4	Insurance Life	FI	43	Misc. Capital Goods	CG	48	1
5	Misc. Capital Goods	CG	41	Conglomerates	CO	38	22

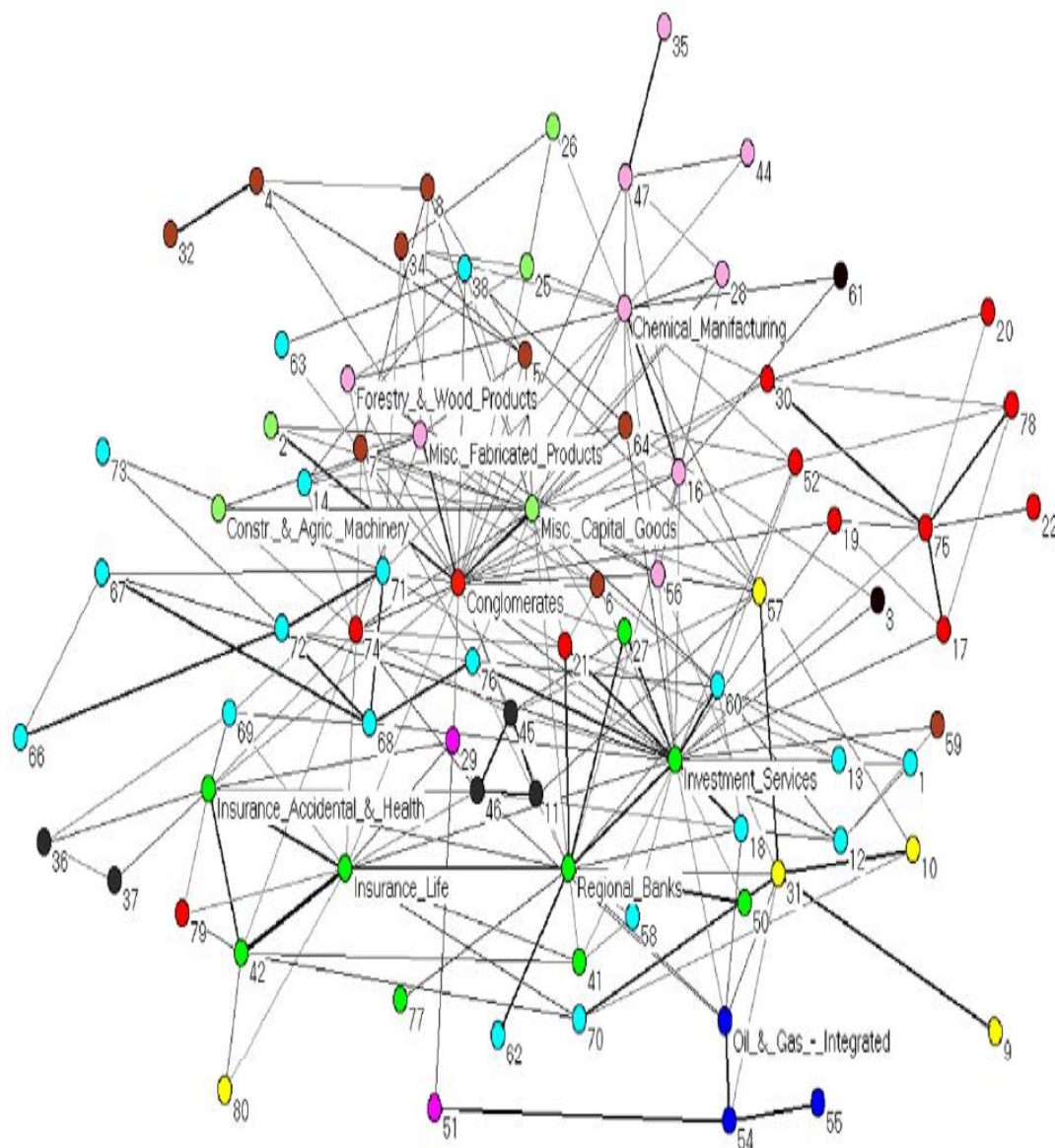
ที่มา: Kenett et al. (2010)

ภาพที่ 2.12 นั้น ได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการสร้างโครงข่ายกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector Network) ด้วยวิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG จากภาพดังกล่าวนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับวิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.9 นอกจากนี้ในตารางที่ 2.4 ที่ได้แสดงลำดับของระดับการเชื่อมโยงถ่วงน้ำหนัก (Weighted Degree) ของ กลุ่มเศรษฐกิจ ทั้งในแบบ PMFG และ

<sup>8</sup> แบ่งตาม Yahoo Finance (2004) : Basic Material (BM, 24 Stocks), Consumer Cyclical (CC, 22 Stocks), Consumer Non Cyclical (CN, 25 Stocks), Capital Goods (CG, 12 Stocks), Conglomerates (CO, 8 Stocks), Energy (EN, 17 Stocks), Financial (FI, 53 Stocks), Healthcare (HE, 19 Stocks), Services (SE, 69 Stocks), Technology (TE, 34 Stocks), Transportation (TR, 5 Stocks) และ Utilities (UT, 12 Stocks).

PCPG ยังสังเกตได้ว่าระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ของ ภาคการเงิน (FD) ใน PCPG มากกว่าระดับการเชื่อมโยง (Degree) ใน PMFG เกือบ 3 เท่า

ภาพที่ 2.12 แสดงโครงข่าย PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation) ในรายการกลุ่มเศรษฐกิจย่อย (Sub-sector) พร้อมกับแสดงสหสัมพันธ์แบบไร้ทิศทาง

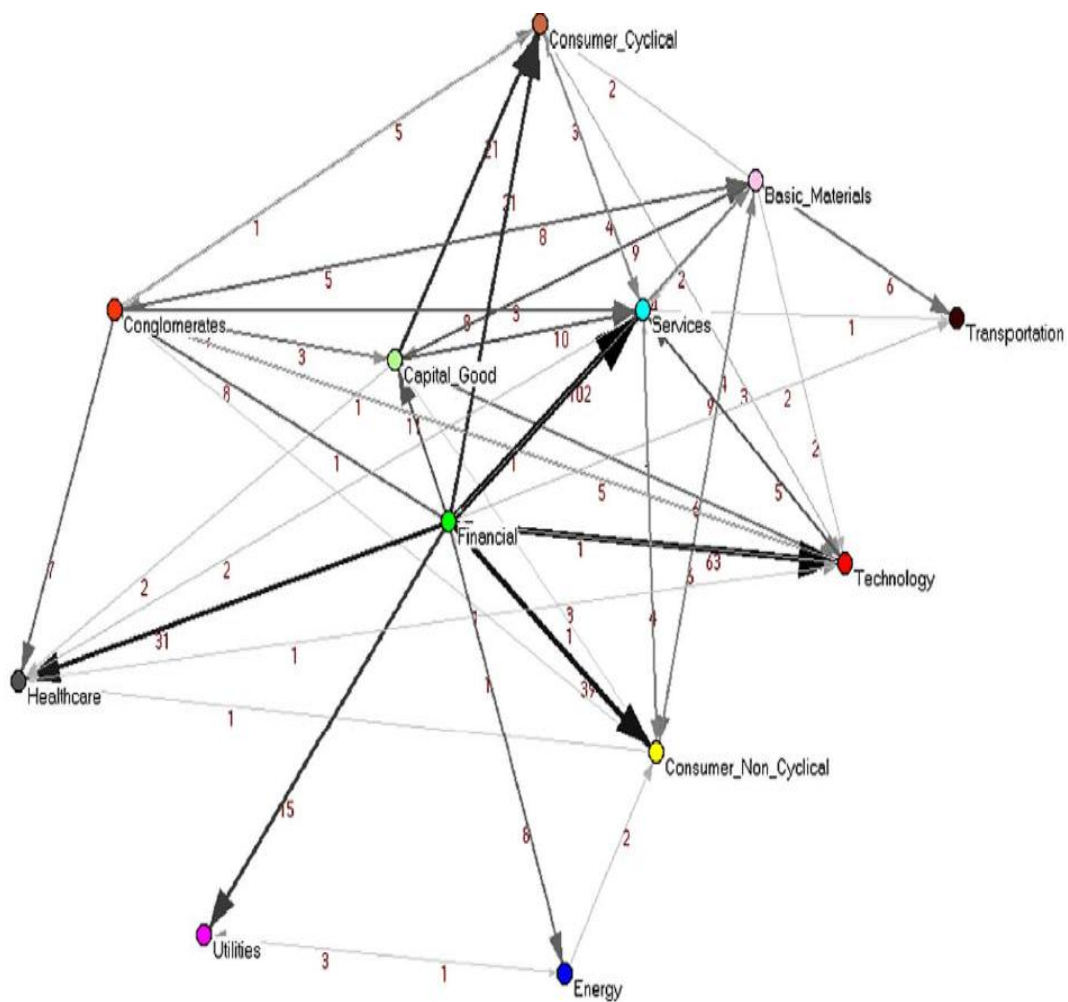


ที่มา: Kenett et al. (2010)

Kenett et al. (2010) ได้ทำการศึกษาระดับ (Scales) จากลำดับชั้น (Hierarchy) ภายในโครงข่าย ระดับกลุ่มเศรษฐกิจ (Networks of Economic Sectors) โดยนำทั้งโครงข่ายแบบ PCPG

และ PMFG มาเปรียบเทียบลักษณะความเหมือน ด้วยการจัดกลุ่มหุ้นต่างๆ ณ ระดับกลุ่มเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน โดยแบ่งตามกิจกรรมการดำเนินงานของบริษัท (Economic Sector of Activity) โดยพบว่าในโครงข่ายนั้นมีทั้งหมด 12 องค์ประกอบ (Nodes) ที่ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบเป็นตัวแทนของกลุ่มเศรษฐกิจหนึ่ง ภายใต้โครงข่ายเหล่านี้จะทำการคำนวณ และแสดงให้เห็นว่าในแต่ละกลุ่มเศรษฐกิจ นั้นส่งอิทธิพลไปยังกลุ่มเศรษฐกิจอื่นๆอย่างไร ด้วยการแสดงโครงข่ายแบบบอกทิศทาง การส่งผ่านอิทธิพลของกลุ่มเศรษฐกิจต่างๆโดยวิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG (Directed Network) ดังแสดงในภาพที่ 2.13 ในขณะที่โครงข่ายแบบไม่แสดงทิศทาง การส่งผ่านอิทธิพลของกลุ่มเศรษฐกิจต่างๆ (Undirected Network) ของกลุ่มเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งก็คือโครงข่ายแบบ PMFG นั้นถูกแสดงไว้ในภาพที่ 2.14 ทั้งนี้ได้แสดงการกำกับเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) ในทั้ง 2 โครงข่าย ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ประกอบ ซึ่งการถ่วงน้ำหนักเป็นไปตามจำนวนของหุ้นต่างๆภายในกลุ่มเศรษฐกิจหนึ่ง ซึ่งถูกเชื่อมโยงไปยังหุ้นต่างๆที่เป็นสมาชิกในกลุ่มเศรษฐกิจอื่น

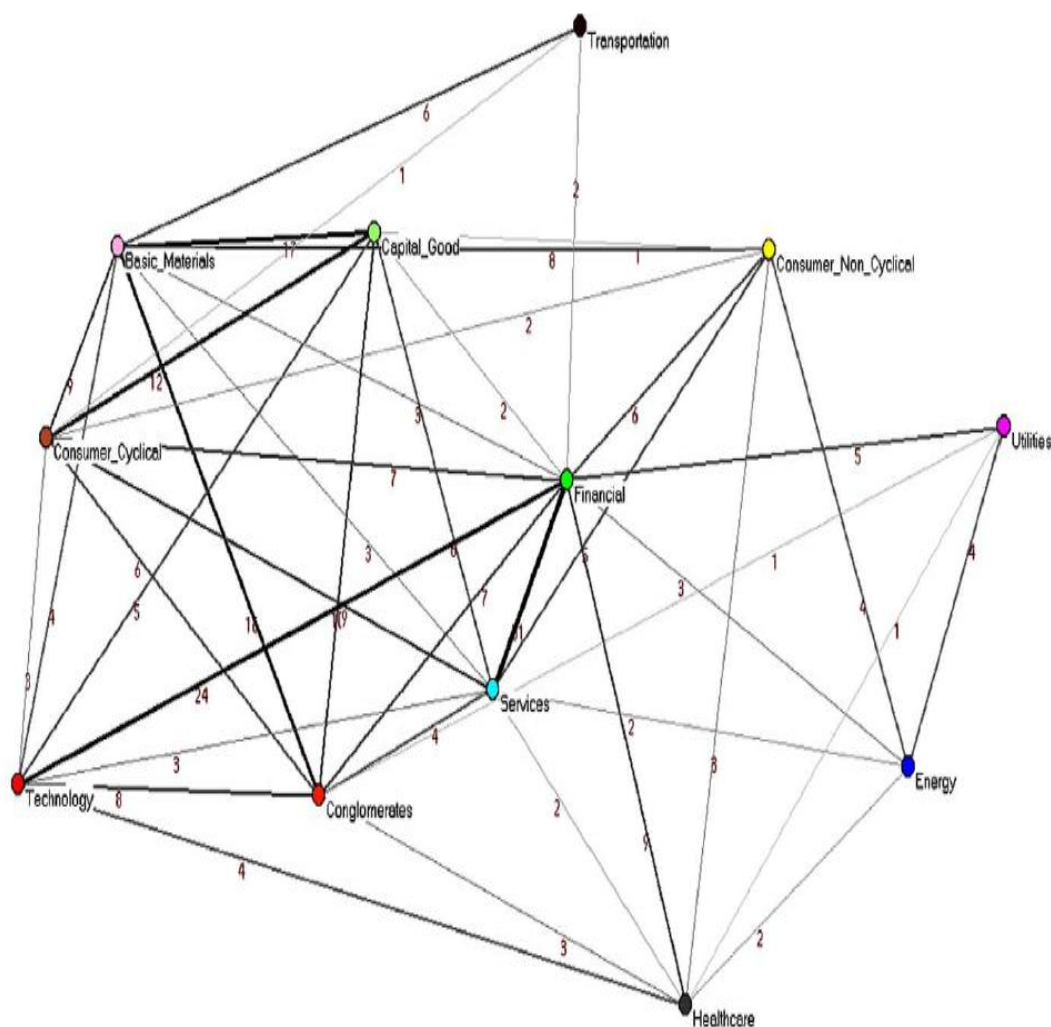
ภาพที่ 2.13 แสดงโครงข่ายพร้อมทั้งสหสัมพันธ์แบบบอกทิศทางในรายกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector) โดยใช้วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG ผ่านค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation)



ที่มา: Kenett et al. (2010)



ภาพที่ 2.14 แสดงโครงข่ายพร้อมทั้งสหสัมพันธ์แบบบอกทิศทางในรายการกลุ่มเศรษฐกิจ (Sector) โดยใช้วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PMFG ผ่านค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlation)



ที่มา: Kenett et al. (2010)

จากค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) นั้นสามารถนำมาใช้ในการอธิบายอิทธิพลที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมผลจากอิทธิพลร่วมเชิงเส้นของผลตอบแทนหุน (Mutual Linear Influence) ประกอบด้วย ในขณะที่สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) นั้นอธิบายผลกระทบของอิทธิพล (Influence) จาก หุ่นตัวกลางหนึ่ง ที่ส่งผ่านไปยัง สหสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนหุนใดๆ ทั้ง 2 ตัว ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้สามารถที่จะสังเกตได้ว่า อิทธิพลของภาคการเงิน นั้นมีความโดดเด่นอย่างมาก ภายใต้โครงข่ายแบบอิงสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation

Networks) จึงทำให้หุ้นต่างๆที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มเศรษฐกิจเหล่านี้ สามารถเป็นสื่อกลางในการส่งอิทธิพล ภายในดัชนีทางการเงิน (Financial Index) ของระบบได้เป็นอย่างดี

### 2.3.4 โครงข่ายแสดงเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก

#### (Weighted Network)

แม้ว่าวิธีการสร้างโครงข่าย ด้วยการกำหนดเกณฑ์ปฏิสัมพันธ์ขั้นต่ำ (Threshold Value) นั้นจะเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในอันดับต้น แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดเกณฑ์ปฏิสัมพันธ์ขั้นต่ำดังกล่าวนี้ สามารถนำมาซึ่งข้อด้อยในแง่ของการสูญเสียของข้อมูล เมื่อกำหนดค่า Threshold ดังกล่าวได้ไม่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยของ Onnela et al. (2006) จึงได้ทำการพัฒนาการสร้างระบบโดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักบนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) ต่างๆ เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความแข็งแรงของ การมีปฏิสัมพันธ์ภายในแต่ละองค์ประกอบที่เกิดขึ้น งานวิจัยดังกล่าวนี้เน้นให้เห็นถึงการศึกษาคอร์ข่ายทางการเงิน (Financial Network) ในองค์ประกอบ (Node) ต่างๆของหุ้น ที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกัน ผ่านสหสัมพันธ์ของผลตอบแทนหุ้น ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ภายในองค์ประกอบหุ้นต่างๆ ตามแนวคิดของ Mantegna (1999) ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการสร้างโครงข่าย (Vandewalle et al., 2001; Marsili, 2002; Caldarelli et al., 2004; Onnela et al., 2003)

Onnela et al. (2006) ได้นำข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาหุ้น ภายใต้เซตข้อมูล ของหุ้น  $N$  ตัว โดยใช้ข้อมูลรายวันของราคาปิดตลาด ของหุ้น  $i$  ณ เวลา  $\tau$  (ใช้วันจริง) ซึ่งแทนด้วย  $P_i(\tau)$  จากนั้นจึงนำมาหาค่าลอการิทึมของผลตอบแทนหุ้น  $i$

โดยกำหนดให้  $r_i(\tau) = \ln P_i(\tau) - \ln P_i(\tau-1)$  โดยที่กรอบเวลา (Time Window) นั้นมีความกว้าง  $T = 1000$  (ใช้ข้อมูล 4 ปี โดยสมมติให้ ในปีมี 250 วันทำการ) ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของเวกเตอร์ผลตอบแทน ( $r_i^T$ ) สำหรับ หุ้น  $i$  ภายใต้เวลาเดียวกันนั้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสินทรัพย์  $i$  และ  $j$  ณ เวลาดังกล่าว มีค่าดังสมการที่ 2.6

$$\rho_{ij}^t = \frac{\langle r_i^t r_j^t \rangle - \langle r_i^t \rangle \langle r_j^t \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^{t^2} \rangle - \langle r_i^t \rangle^2)(\langle r_j^{t^2} \rangle - \langle r_j^t \rangle^2)}} \quad (2.6)$$

โดยที่  $\langle \dots \rangle$  แทน ค่าเฉลี่ยตลอดช่วงวันเวลาที่ทำการซื้อขาย โดยที่ถูกระบุไว้ในรูปเวกเตอร์ของผลตอบแทน เพื่อนำมาหาเวกเตอร์แสดงสหสัมพันธ์ ระหว่างสินทรัพย์  $N$  ตัว จากเมทริกซ์สมมาตร (Symmetric) ขนาด  $N \times N$  ซึ่งแทนด้วย  $C_t$  โดย  $\rho_{ij}^t$  เป็น สหสัมพันธ์ ณ ระยะเวลา (Time Windows) ที่ต่างกัน ซึ่ง Time Window จะถูกแทนด้วย  $\delta T$  โดยที่ Time Window ของ 1 สัปดาห์ มีค่า  $\delta T = 5$  วัน

โดยขั้นตอนต่อไป คือการหาความแข็งแรงของปฏิสัมพันธ์ (Interaction Strengths) หรือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ในรูปแบบกำกับค่าถ่วงน้ำหนัก (Link Weights) จากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficients) โดยการหาค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ของสหสัมพันธ์ออกมา ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความแข็งแรงของปฏิสัมพันธ์ (Interaction Strength) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความแข็งแรงของการเชื่อมโยงผ่านค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง ค่า ลอการิทึมของผลตอบแทนหุ้น  $i$  และ  $j$  ในระยะเวลา (Time Window)  $t$  โดยกำหนดให้  $w_{ij}^t$  เป็น ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบ (Node)  $i$  และ องค์ประกอบ (Node)  $j$  พร้อมกันนี้ได้กำหนดให้  $w_{ij}^t = |\rho_{ij}^t|$  หรือเขียนอยู่ในรูป เมทริกซ์  $W_t = |C_t|$  เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง  $-1$  และ  $1$  ซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งแรงของปฏิสัมพันธ์ (Interaction Strengths)  $w_{ij}^t$  มีค่าอยู่ระหว่างช่วง  $[0, 1]$  ภายในเมทริกซ์สหสัมพันธ์  $C_t$  โดยที่แสดงค่าสหสัมพันธ์ในแต่ละสินทรัพย์ ผ่านเมทริกซ์สหสัมพันธ์ดังกล่าว และนำมาสร้างเป็นโครงข่าย ที่มีการเชื่อมโยงด้วย  $N$  องค์ประกอบ (Nodes) พร้อมกับเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบจำนวน  $N(N-1)/2$  ซึ่งสอดคล้องกับ องค์ประกอบ ต่างๆ ในส่วนของเมทริกซ์สามเหลี่ยมบน (Upper Triangular Part) หรือเมทริกซ์สามเหลี่ยมล่าง (Lower Triangular Part) ภายในเมทริกซ์ถ่วงน้ำหนัก (Weight Matrix)

## 2.4 วิธีที่ใช้ในการทดสอบอิทธิพลขององค์ประกอบต่างๆ หรือตัวกลางภายในระบบที่เป็นตัวแทนของการขับเคลื่อน และบ่งชี้สถานะความเสี่ยงของระบบ

### 2.4.1 วิธีวัดความเสี่ยงภายในระบบผ่านดัชนี Index Cohesive Force และค่า Eigenvalue (Spectral) Entropy

Kenett et al. (2010) ได้สร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ขึ้น ภายใต้กรอบช่วงเวลาที่ได้ทำการศึกษา โดยกำหนดให้โครงข่ายเหล่านี้อยู่ในลักษณะ Stationary Networks ซึ่งต่างออกไปจากโครงข่ายสหสัมพันธ์ดั้งเดิม (Correlation Based Networks) โดยผลลัพธ์จากวิธีดังกล่าวที่ได้นำเสนอนี้พบว่า ระดับอิทธิพลของตัวกลางที่โดดเด่นภายในหุ้กลุ่มการเงินต่อโครงข่ายสหสัมพันธ์ของตลาด ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าหุ้กลุ่มภาคการเงิน นั้นมีลักษณะเป็นตัวกลางที่มีอิทธิพลต่อโครงข่ายสหสัมพันธ์ของหุ้ส่วนตัวอื่นๆภายในโครงข่าย เหล่านี้ และขั้นต่อไป พวกเขาได้ทำการตรวจสอบข้อเท็จจริงของระดับอิทธิพลของหุ้ต่างๆ เพิ่มเติมในช่วงกรอบเวลาที่สั้นลง ผ่านทางกระบวนการวิเคราะห์พลวัตภายในโครงข่าย (Dynamical Network Analysis) ภายใต้การวิเคราะห์ดังกล่าวนี้จะนำประโยชน์จากการวิเคราะห์แบบเลื่อนกรอบช่วงเวลา (Moving Window Approach) มาใช้ โดยการเลือกใช้ กรอบเวลาระยะสั้น (Short Time Window) ในกรอบ 1 เดือน ผ่านข้อมูลรายวัน (Trading Days) และเลือกกรอบเวลาที่ใหญ่ขึ้น (Large Time Window) ในกรอบ 4 เดือน (Trading Months) ผ่านข้อมูลรายวัน (Trading Days) โดยการวิเคราะห์ผลเชิงพลวัตนี้ แสดงให้เห็นว่าตัวแทนที่มีระดับอิทธิพลโดดเด่น (Dominant Influence) นั้นมักอยู่ในหุ้กลุ่มการเงิน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ค่อนข้างที่จะให้ผลลัพธ์สม่ำเสมอ (Persistent) ตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา ทั้งภายใต้กรอบเวลาระยะสั้นและระยะยาว จากข้อสรุปการศึกษาดังกล่าวได้แสดงให้เห็นถึงข้อสังเกตที่เกี่ยวกับโครงข่ายหลักที่เป็นเสมือนกระดูกสันหลัง ของโครงข่ายสหสัมพันธ์ภายในตลาดหุ้ และแสดงให้เห็นถึงบทบาทที่สำคัญของหุ้กลุ่มภาคการเงิน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความโดดเด่นและมีอิทธิพลเหนือหุ้ส่วนตัวอื่นๆ อีกทั้งยังให้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา รวมไปถึงเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในแง่ของความเสี่ยง ต่อการล้มลงของตลาดการเงิน อันเนื่องมาจากปัญหาสินเชื่อดังตัว (Credit Crunch Crisis) หรือสภาพคล่อง ภายในระบบการเงิน ให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

Kenett et al. (2011) ได้ทำการทดสอบ พลวัตของความเชื่อมโยงที่เป็นระบบจากสถานะของตลาดหุ้นสหรัฐอเมริกา โดยนำดัชนี ICF (Index Cohesive Force) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ ต่อค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) ภายใต้การควบคุมอิทธิพลของดัชนีตลาดหุ้น มาเป็นตัวชี้วัดระดับความเสี่ยง (System-level Parameter) แทนวิธีวัดความเสี่ยงเป็นระบบแบบดั้งเดิม โดยนำมาใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงปริมาณ ต่อสถานะพลวัตของตลาด (Market Dynamical State) รวมไปถึงเสถียรภาพของตลาดหุ้น ซึ่งพบว่าในช่วงปลายปี ค.ศ. 2001 นั้นเป็นช่วงรอยต่อของการเปลี่ยนแปลงสถานะตลาดหุ้น (Market Transition) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของตลาดหุ้นอย่างรวดเร็ว จากสถานะยืดหยุ่น (Flexible State) หรือ ICF ต่ำไปสู่สถานะตึงตัว (Nonflexible State) หรือ ICF สูง เมื่อพิจารณาในช่วงที่เกิดสถานะตึงตัว (Nonflexible State) นั้นจะพบผลกระทบอย่างมากของตัวกลางดัชนีตลาดหุ้น ต่อ สหสัมพันธ์ของหุ้นแต่ละตัว (Stock-Stock Correlations) ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลทำให้ความน่าจะเป็น ที่จะตกอยู่ในสถานะความเสี่ยงต่อการพังทลายลงของตลาดหุ้น (Systemic Collapses) อยู่ในระดับสูง และส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าว พบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในช่วงปลายปี ค.ศ. 2001 ซึ่งสถานะของตลาด ณ ขณะนั้น ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของดัชนี (Index) ซึ่งสะท้อนผ่านค่าสหสัมพันธ์จากค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณ (Residual Correlations) หรือ Partial Correlation อยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกคุณลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีตลาด ที่ส่งผลทำให้สถานะตลาดเปลี่ยนแปลงไป

Kenett et al. (2011) ได้ศึกษาผลกระทบจากวิกฤตการณ์ทางการเงิน ในช่วงปี ค.ศ. 2007–2009 จากบทเรียนที่สำคัญในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ ส่งผลทำให้ผู้กำกับดูแลระบบ มีความจำเป็นที่จะต้องหามาตร หรือวิธีการวัด และประเมินพลวัตของตลาดหุ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดวิกฤตการณ์ซ้ำขึ้นอีก โดยในงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้ทำการศึกษาพลวัตของดัชนี S&P500 ในช่วง 4/1999–4/2010 เพื่อที่จะหามาตรในการวัด และสังเกตสถานะความเสี่ยง Systemic Risk ของระบบ ต่อการพังทลายลงของตลาด (Systemic Collapses) ทั้งนี้ในงานวิจัยดังกล่าวได้นำเสนอการวัดความเสี่ยงผ่านดัชนี ICF (Index Cohesive Force) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ ต่อค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) โดยในที่นี้ใช้ดัชนีตลาดหุ้นเป็นตัวกลาง และตรวจสอบความ

ยึดหยุ่นของสถานะตลาด ต่อ Shock ภายนอก ผ่านทางค่า Eigenvalue Entropy จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการคำนวณ และวิเคราะห์ความเสี่ยง ได้ดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของหุ้น (Raw Stock Correlations) ด้วยวิธีการหาสหสัมพันธ์แบบ Pearson (Pearson's Correlation Coefficient) ซึ่ง  $\rho(i,j)$  ระหว่างทุกๆ คู่ของ หุ้น  $i$  และหุ้น  $j$  เป็นดังสมการที่ 2.7

$$\rho(i,j) = \frac{\langle (r_i - \langle r_i \rangle)(r_j - \langle r_j \rangle) \rangle}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2.7)$$

$\langle \rangle$  แทน ค่าเฉลี่ย และ  $\sigma$  แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ Standard Deviations (STD) ทั้งนี้กำหนดให้  $r_i$  เป็นอัตราผลตอบแทนของหุ้น ดังแสดงในสมการที่ 2.8

$$r_i(t) = \log[P_i(t)] - \log[P_i(t-1)] \quad (2.8)$$

โดยที่  $P_i(t)$  เป็น ราคาปิดตลาดของหุ้น  $i$  ณ วันที่  $t$

2. คำนวณหาสหสัมพันธ์จากค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณ (Residual Correlations) หรือ สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations)

โดยใช้วิธีการวัดสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) เพื่อที่จะคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์จากค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณ (Residual Correlations) ระหว่างหุ้นต่างๆ (หลังจากหักผลกระทบของ Index ออก) ซึ่งค่าสหสัมพันธ์จากค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณ (Residual Correlations) หรือค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) นั้นเป็นวิธีวัด สหสัมพันธ์ ระหว่าง หุ้น  $i$  และหุ้น  $j$  ภายใต้การกำหนดให้ดัชนีตลาดหุ้น หรือ  $m$  เป็นตัวกลาง โดยหักผลกระทบของสหสัมพันธ์ ระหว่างหุ้นต่างๆแต่ละตัว กับตัวกลาง Index ออก ดังสมการที่ 2.9

$$\rho(i,j|m) = \frac{\rho(i,j) - \rho(i,m) \cdot \rho(j,m)}{\sqrt{(1 - \rho^2(i,m)) \cdot (1 - \rho^2(j,m))}} \quad (2.9)$$

3. คำนวณหามาตรในการวัดความเสี่ยงผ่าน Index Cohesive Force ดังสมการที่ 2.10

$$ICF(\tau) = \frac{\overline{\langle \rho(i,j) \rangle_\tau}}{\overline{\langle \rho(i,j|m) \rangle_\tau}} \quad (2.10)$$

โดยที่  $\tau$  เป็น กรอบเวลา (Time Window)

ยิ่งการเปลี่ยนแปลงของดัชนี Index Cohesive Force มาก ย่อมส่งผลทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวจากตัวกลาง (Cohesive Force) ตามมามากขึ้น แสดงว่าตัวกลาง(m) อื่นๆ หรือดัชนีตลาด (Index) นั้นเป็นตัวขับเคลื่อนตลาด

4. คำนวณหาค่า Eigenvalue Entropy

เป็นวิธีในการประเมินสภาพความตึงตัวของตลาด (Market Stiffness) จากการคำนวณค่า Eigenvalue (Spectral) Entropy จาก เมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Raw Correlation Matrices)

Spectral Entropy มีค่า ดังสมการที่ 2.11

$$SE \equiv - \frac{1}{\log(N)} \sum_{i=1}^N \Omega_i \log[\Omega_i] \quad (2.11)$$

$\Omega_i$  แทนค่า Eigenvalues ที่ผ่านการปรับการกระจายตัวในรูปปกติ (Normalized Eigenvalues) และลดความซับซ้อนของข้อมูลลง จาก  $\lambda_i$  ที่ทำได้ภายใน Diagonalized Matrix ซึ่งมีค่าดังสมการที่ 2.12

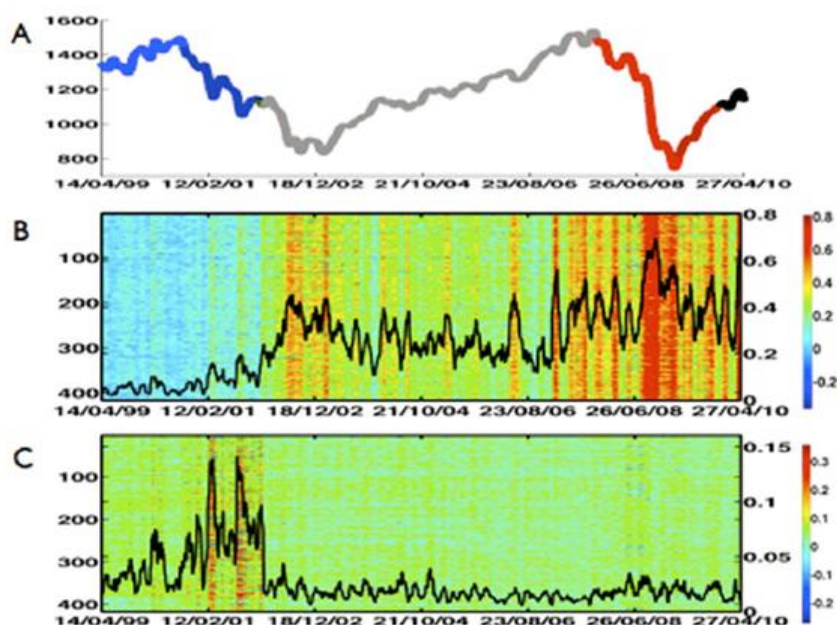
$$\Omega_i = \frac{\lambda_i^2}{\sum_{i=1}^N \lambda_i^2} \quad (2.12)$$

โดยที่ความตึงตัวของตลาด (Market Stiffness) = 1-SE

ค่า Entropy ของทั้งระบบที่ได้ทำการศึกษา เป็นตัวบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ ผ่านความเป็นระเบียบ และปริมาณของข้อมูลแฝงภายในระบบ

จากงานวิจัยในอดีตนั้นนิยมวัดความเสี่ยงและตรวจสอบสถานะตลาดหุ้น ผ่านการวัดค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ (Average Raw Correlation) ภายในกลุ่มหุ้นต่างๆ โดยให้ความสนใจไปที่กรอบเวลา (Time Window) ระยะยาว ซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลา 200 ถึง 500 วัน เพื่อที่จะลดปัญหาความแปรปรวนทางสถิติ (Statistical Variation) ในขณะที่งานวิจัยดังกล่าวของ Kenett et al. (2011) เลือกที่จะใช้ กรอบเวลา (Time Window) ในระยะสั้น 22 วันทำการ (1เดือน) เป็นกรอบเวลา (Time Window) โดยผลลัพธ์จากงานวิจัยดังกล่าว พบว่าการเลือกใช้กรอบเวลาระยะสั้น (Short Time Windows) นั้น สามารถที่จะควบคุมผลกระทบจากปัญหาอันเนื่องมาจากความแปรปรวนได้ เช่นเดียวกับกับระยะยาว ดังนั้นพวกเขาจึงประสบความสำเร็จในการเลือกใช้กรอบเวลาระยะสั้น ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว ภายใต้อุณหภูมิต่างๆ (Localized Event) ซึ่งทำให้พวกเขาสามารถสังเกตเห็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนี Index Cohesive Force ที่ค่อนข้างเร็ว และมีขนาดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สูงได้ชัดเจนยิ่งกว่ากรอบเวลาระยะยาว

ภาพที่ 2.15 แสดงพลวัตของค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) ของหุ้นต่างๆ ที่เป็นสมาชิกอยู่ในดัชนี S&P500

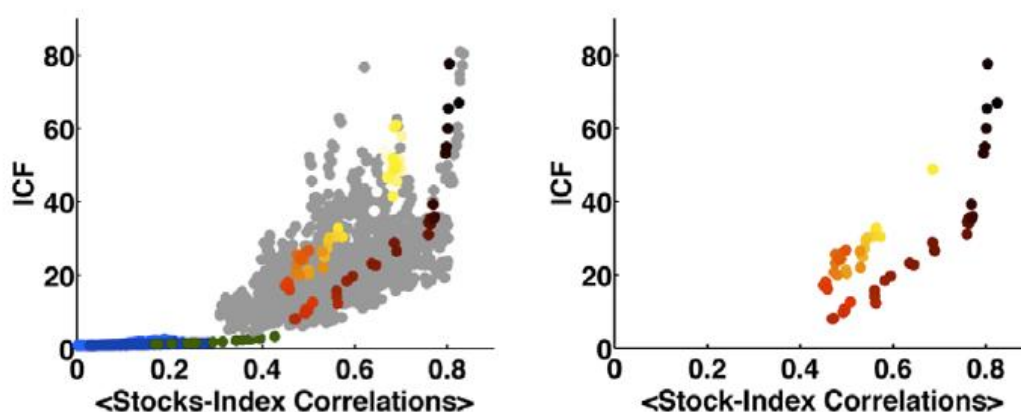


ที่มา: Kenett et al. (2011)



จากภาพที่ 2.15B พบว่าอิทธิพลของดัชนีหุ้น (Index) มีอิทธิพลที่เหนือกว่าปัจจัยอื่นๆ ภายในตลาดหุ้นดังกล่าว ทำให้ตลาดดังกล่าว มีโอกาสที่จะเผชิญกับความเสถียรที่ก่อให้เกิดการพังทลายลงของระบบอยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่า สภาวะตลาดหุ้นแบบตึงตัวนั้นเริ่มก่อตัวขึ้นในช่วงปลายปี ค.ศ. 2001 โดยที่ค่าสหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock Raw Correlations) เริ่มมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับจุดต่ำสุดของดัชนี (Index) ผลจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะตลาดหุ้น พบว่าในช่วงปลายปี ค.ศ. 2001 นั้นเป็นช่วงรอยต่อที่ตลาดหุ้นเกิดการเปลี่ยนแปลง (Transition) โดยเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากสภาวะยืดหยุ่น หรือ Flexible State (ICF ต่ำ) ไปสู่สภาวะตึงตัว หรือ Stiff (Nonflexible) State (ICF สูง) เมื่อพิจารณาจากช่วงเวลาที่เกิดสภาวะตึงตัว จะพบผลกระทบของดัชนีตลาดหุ้น ต่อสหสัมพันธ์ของหุ้นแต่ละตัว (Stock-Stock Correlations) อย่างชัดเจน ดังเช่นที่เกิดขึ้น กับวิกฤตการณ์แฮมเบอเกอร์ในอดีต ที่ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างอย่างมาก โดยมีต้นเหตุมาจากการที่หุ้นต่างๆ มีระดับสหสัมพันธ์ระหว่างกัน (Stock Correlations) อยู่ในระดับที่สูงมากจนเกินไป นอกจากนี้ภาพที่ 2.16 และ 2.17 ยังได้แสดงผลวัดของ Index Cohesive Force ไว้อีกด้วย

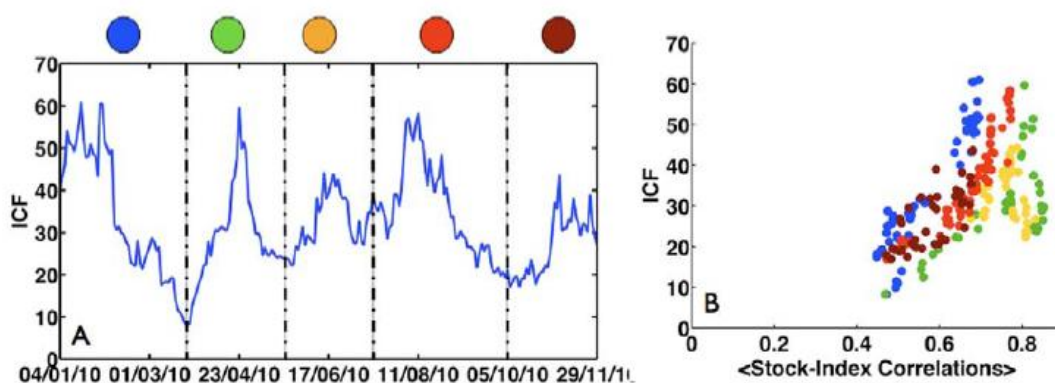
ภาพที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบวิวัฒนาการจากพลวัตที่ได้ภายในตลาด S&P500 (แกนตั้งแทนด้วยดัชนี Index Cohesive Force แกนนอนแทนด้วยค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock-Index Correlation))



ที่มา: Kenett et al. (2011)

ภาพที่ 2.17 แสดงวิวัฒนาการของ ICF ตลอดช่วงเวลาในการศึกษา โดยนำช่วงปี ค.ศ. 2010 มา

### พิจารณา

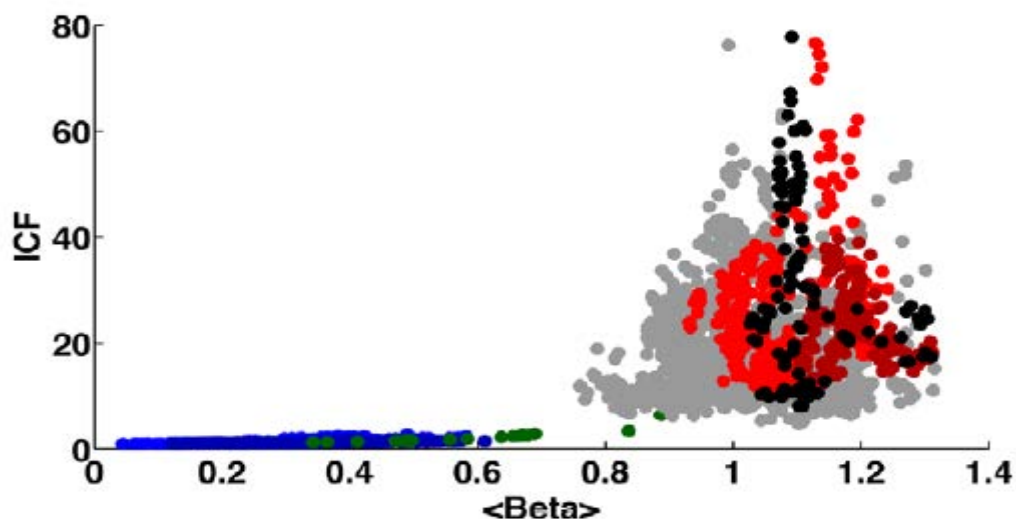


ที่มา: Kenett et al. (2011)

จากการสังเกตพบว่าเป็นช่วงปี ค.ศ. 2010 นั้นตลาดหุ้น S&P500 นั้นถูกรอบงำโดยดัชนีตลาดอันเนื่องมาจากมี Index Cohesive Force ที่มีค่าสูงอย่างต่อเนื่อง ในภาพที่ 2.17 นั้นพบว่า ถ้าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างหุ้นและดัชนีตลาด (Stock-Index Correlations) ยังมีค่ามากขึ้น จะส่งผลทำให้ ICF มีค่ามากขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นสัญญาณบ่งบอกว่าตลาดยังคงตกอยู่ในสภาวะผิดปกติ (Abnormal Stiff State) และมีแนวโน้มต่อเนื่องไปจนเกิดการพังทลายลงของระบบ (Systemic Collapse) ขึ้นในที่สุด นอกจากนี้ในภาพที่ 2.18 ยังได้ทำการเปรียบเทียบผลจากการวัดความเสี่ยงเป็นระบบระหว่าง ICF กับ  $\langle \beta_i \rangle$  ในรูปฟังก์ชันของเวลา

ภาพที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบความเหมือนของค่า ICF กับ ค่าเฉลี่ยของ  $\beta$  ที่ได้จากทฤษฎี

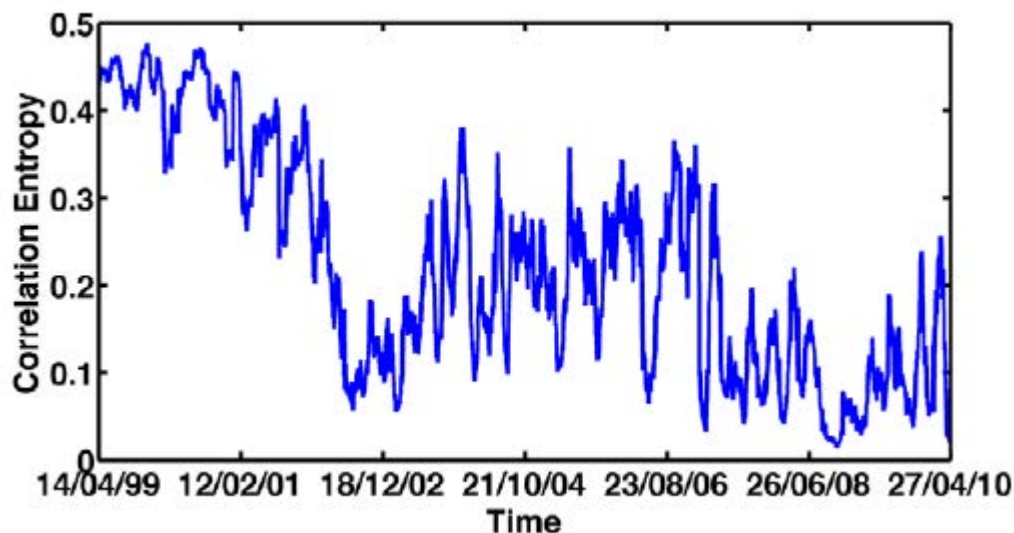
### CAPM



ที่มา: Kenett et al. (2011)

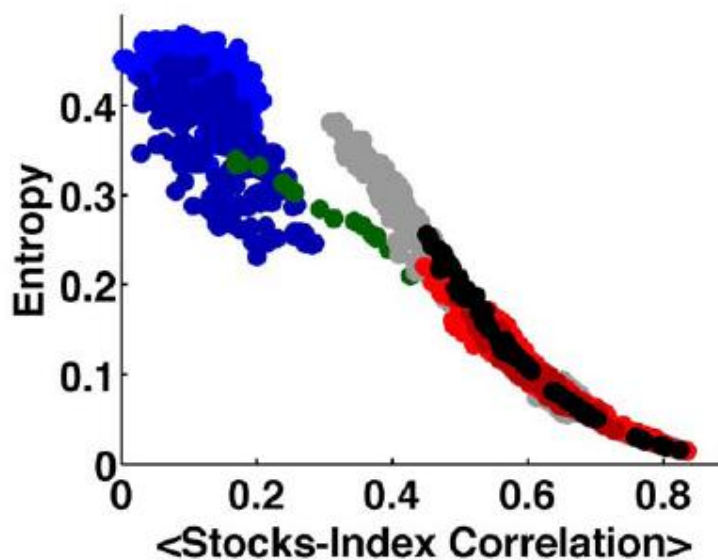
ภาพที่ 2.19 นั้นได้แสดงวิวัฒนาการของ ค่า Spectral Entropy ระหว่างช่วงทศวรรษ 2000 ที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าค่า Spectral Entropy ลดลงอย่างมากในช่วงที่สภาวะตลาดเปลี่ยนแปลงไปในปี ค.ศ. 2001 นอกจากนี้ในภาพที่ 2.20 นั้นยังได้แสดงผลจากการศึกษาพฤติกรรมของ Spectral Entropy ต่อการเปลี่ยนแปลงภายในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock Correlation Matrix)

ภาพที่ 2.19 แสดงวิวัฒนาการ ของ Spectral Entropy ที่หาได้จากค่า Eigenvalue



ที่มา: Kenett et al. (2011)

ภาพที่ 2.20 แสดงพฤติกรรมของค่า Spectral Entropy ต่อการเปลี่ยนแปลงภายในเมทริกซ์ สหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock Correlation Matrix)

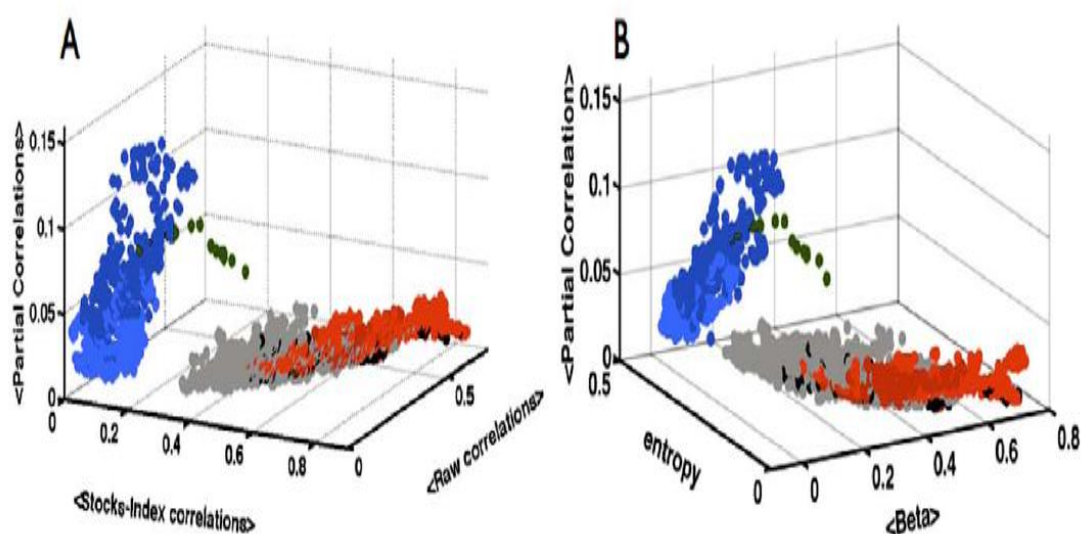


ที่มา: Kenett et al. (2011)

ทั้งนี้ในภาพที่ 2.21 นั้น ได้นำช่วงรอยต่อของการเปลี่ยนแปลงในช่วงตอนปลายของปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นมา มาทำการศึกษา ซึ่งผลที่ได้พบว่าพลวัตของสภาพตลาดนั้นไม่สามารถที่จะดูได้จาก

แนวโน้มของดัชนีตลาด (Index Trend) ที่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังจะสังเกตได้เมื่อเกิดสภาวะตื่นตัวของตลาดขึ้นแล้วนั้น กลับมีแนวโน้มของดัชนีตลาด (Index Trend) ที่เปลี่ยนแปลงไปในหลายทิศทางมาก เพราะฉะนั้นแล้ว Kenett et al. (2011) จึงได้เสนอให้ใช้ ICF เป็นพารามิเตอร์วัดระดับความเสี่ยงระบบ (System-level Parameter) แทน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ และสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณ ต่อ พลวัตของสภาพตลาด รวมไปถึงเสถียรภาพ (Stability) ของตลาดหุ้น ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการติดตามและตรวจสอบสภาวะตลาดได้

ภาพที่ 2.21 แสดง การพลอตกราฟ วิวัฒนาการพลวัตของสภาวะตลาด ในช่วงต่างๆตลอดช่วงทศวรรษที่อ้างอิงมาจากภาพที่ 2.15A



ที่มา: Kenett et al. (2011)

#### 2.4.2 มาตรการวัดความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ (Systematic Risk) ผ่านแบบจำลอง

##### CAPM

ในทางสาขาการเงิน นั้นนิยมใช้แบบจำลอง CAPM ในการตรวจสอบความอ่อนไหวของสินทรัพย์ ต่อความเสี่ยงที่เป็นระบบ (Non-diversifiable หรือ Systematic Risk Parameter Beta ( $\beta$ )) ดังสมการที่ 2.14

$$r_i(t) = \alpha_i + \beta_i \times r_m(t) + \varepsilon_i(t) \quad (2.13)$$

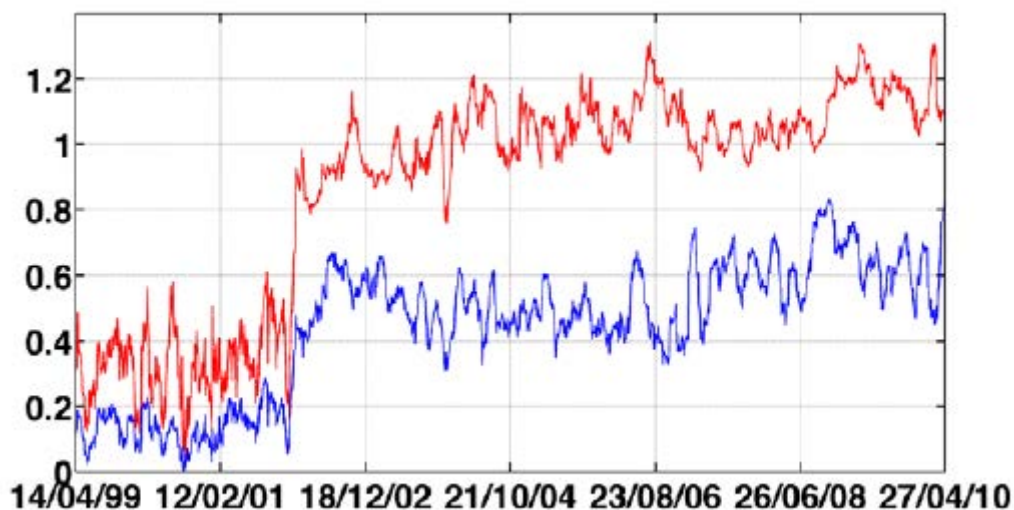
$$\beta_i = \frac{\text{cov}(r_i, r_m)}{\text{var}(r_m)} = C(i, m) \times \frac{\sigma_i}{\sigma_m} \quad (2.14)$$

$$\alpha_i = \langle r_i \rangle - \beta_i \times \langle r_m \rangle \quad (2.15)$$

โดยที่  $r_i, r_m$  แทน อัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์  $i$  และตลาด  $m$  ตามลำดับ ส่วน  $\alpha_i$  แทน Parameter ของอัตราผลตอบแทนคงตัว ในขณะที่  $\beta$  เป็น Systematic Risk Parameter

Kenett et al. (2011) ได้แสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย  $\beta$  และค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ระหว่างหุ้นและดัชนีหุ้น (Stock Index Correlation) ดังแสดงการเปรียบเทียบในภาพที่ 2.22 ซึ่งพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบนั้นจะสังเกตเห็นการกระโดดขึ้นของค่าเฉลี่ยของระดับความเสี่ยงที่เป็นระบบ (Systematic Risk) หรือ  $\langle \beta_i \rangle$  ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 เป็นต้นมา อย่างไรก็ตามตลาดหุ้นที่มีพฤติกรรมสอดคล้องตามทฤษฎี CAPM นั้นค่าเฉลี่ย  $\langle \beta_i \rangle$  ภายในตลาดหุ้นควรเท่ากับ 1 เมื่อตลาดหุ้นอยู่ในสภาวะปกติ ซึ่งถ้าเป็นไปตามทฤษฎีดังกล่าวแล้ว ICF ควรจะเบี่ยงเบน (Diverge) ออก แต่ผลที่ได้ในงานวิจัยนี้นั้นกลับพบว่า ICF ไม่เป็นเช่นนั้น อาจเป็นไปได้ที่พลวัตดังกล่าวจะไม่เป็นไปตามทฤษฎี CAPM

ภาพที่ 2.22 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของ  $\beta$  (เส้นสีแดง) กับค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ระหว่างหุ้นและดัชนีตลาด หรือ Stock-Index Correlation (เส้นสีน้ำเงิน)



ที่มา: Kenett et al. (2002)

#### 2.4.3 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Mean Correlation Coefficient และ ค่าเฉลี่ยของความยาวในแต่ละกิ่ง ภายในโครงข่าย (Mean Occupation Layer)

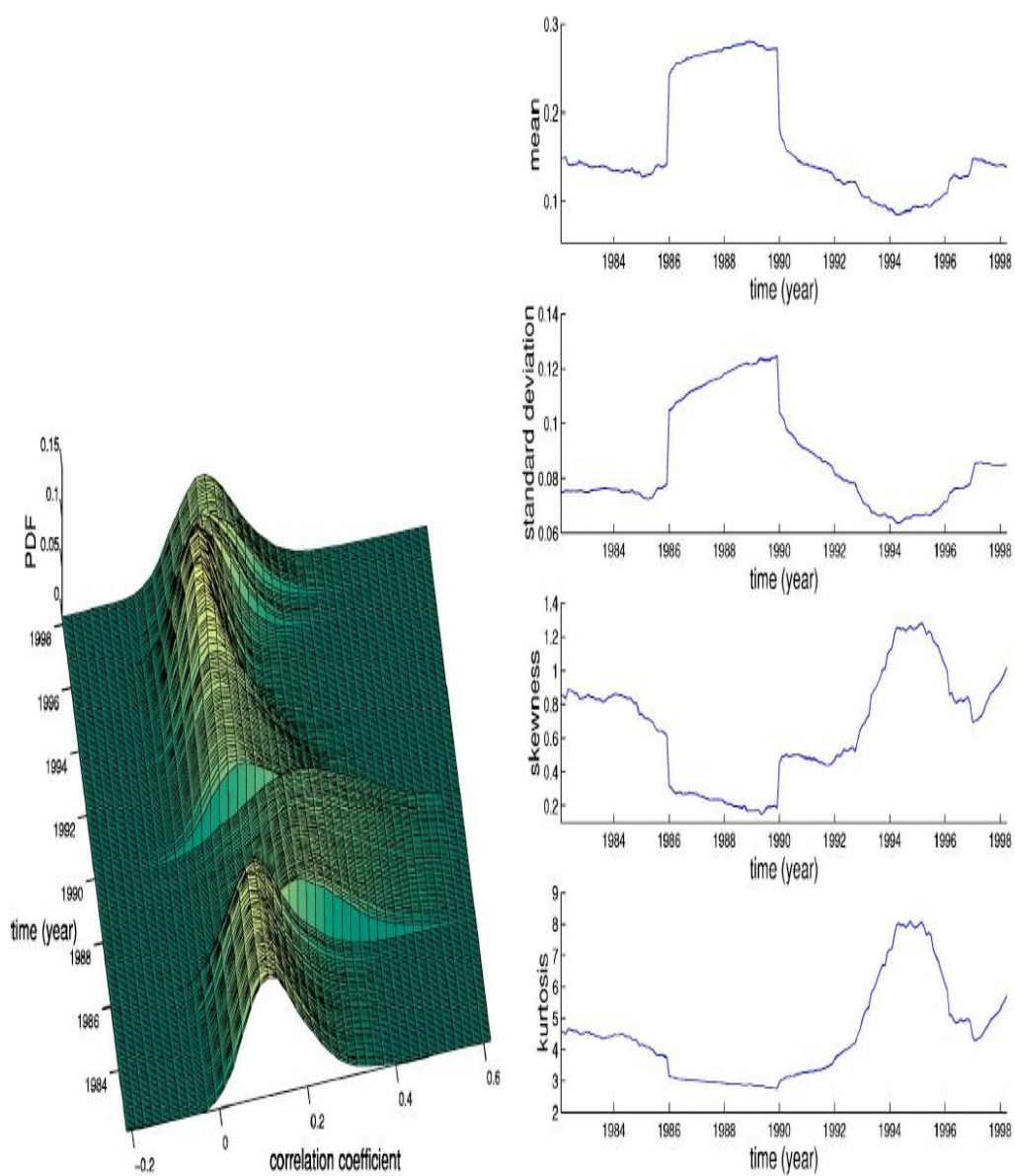
Onnelaa et al. (2003) ได้แสดงให้เห็นถึงระดับความเสี่ยงภายในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งพบว่าเป็นในช่วงวิกฤตการณ์ Black Monday วันที่ 19 ตุลาคม ค.ศ.1987 นั้น โครงข่ายภายในตลาดแสดงออกถึงพฤติกรรมที่เด่นชัดของค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Mean Correlation Coefficient) ซึ่งมีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ยภายในขอบเขต (Interval) ระหว่างช่วงปี ค.ศ. 1986 ถึง 1990 โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการศึกษาพลวัตของกราฟสินทรัพย์ต้นไม้ โดยใช้ข้อมูลอิงจากปี ค.ศ. 1987 ซึ่งเป็นปีที่เกิดการล่มสลายของตลาดหุ้น รวมไปถึงวิกฤตการณ์ Black Monday ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความยาวของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ภายใน โครงข่ายสินทรัพย์ต้นไม้ (Asset Tree) ที่ผ่านกระบวนการปรับการกระจายตัวให้อยู่ในรูปปกติ (Normalized Tree Length) จะลดลงระหว่างที่เกิดการพังทลายลงของระบบ โดยนำกรอบแนวคิด Single-step Survival Ratio มาใช้ ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบหาความแข็งแรงของแบบโครงสร้างของกราฟสินทรัพย์ต้นไม้ ซึ่งจะพบว่า แบบโครงสร้างของโครงข่ายต้นไม้ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างอย่างรุนแรงในระหว่างที่เกิด

การพังทลายลงของระบบ ทั้งนี้ Onnelaa et al. (2003) จึงได้นำค่า Mean Occupation Layer มาใช้ เพื่อที่จะแสดงลักษณะของรูปแบบการปรับเปลี่ยน โครงสร้าง และพบว่าค่าเฉลี่ยของความยาวในแต่ละกิ่งภายในโครงข่าย (Mean Occupation Layer) จะลดลง ณ ช่วงเกิดวิกฤตการณ์ภายในตลาด ดังนั้น ลักษณะของกราฟสินทรัพย์ต้นไม้ (Asset Trees) ในช่วง Black Monday นั้น จึงมีลักษณะหดตัวลงทั้งในแง่ ความยาวของโครงข่ายต้นไม้ (Tree Length) และแบบโครงสร้าง

ผลลัพธ์จากภาพที่ 2.23 และ 2.24 พบว่าค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Mean Correlation Coefficient) และความยาวของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ภายในโครงข่ายสินทรัพย์ต้นไม้ (Asset Tree) ที่ผ่านกระบวนการปรับการกระจายตัวให้อยู่ในรูปปกติ (Normalized Tree Length) นั้นค่อนข้างที่จะมีค่าสหสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกันอย่างสิ้นเชิง ซึ่งเป็นไปตามที่ Onnelaa et al. (2003) คาดการณ์ไว้ โดยผลจากการวัดค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นแบบ Pearson ระหว่างค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กับ ความยาวของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ภายในโครงข่ายสินทรัพย์ต้นไม้ (Asset Tree) ที่ผ่านกระบวนการปรับการกระจายตัวให้อยู่ในรูปปกติ (Normalized Tree Length)  $L(t)$  นั้นมีค่า  $-0.98$  และการวัดแบบ Spearman Rank-order พบว่า Correlation Coefficient ให้ค่าเท่ากับ  $-0.92$  ซึ่งค่าทั้งสองเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงรูปแบบความสัมพันธ์ในลักษณะตรงกันข้าม (Anticorrelation)

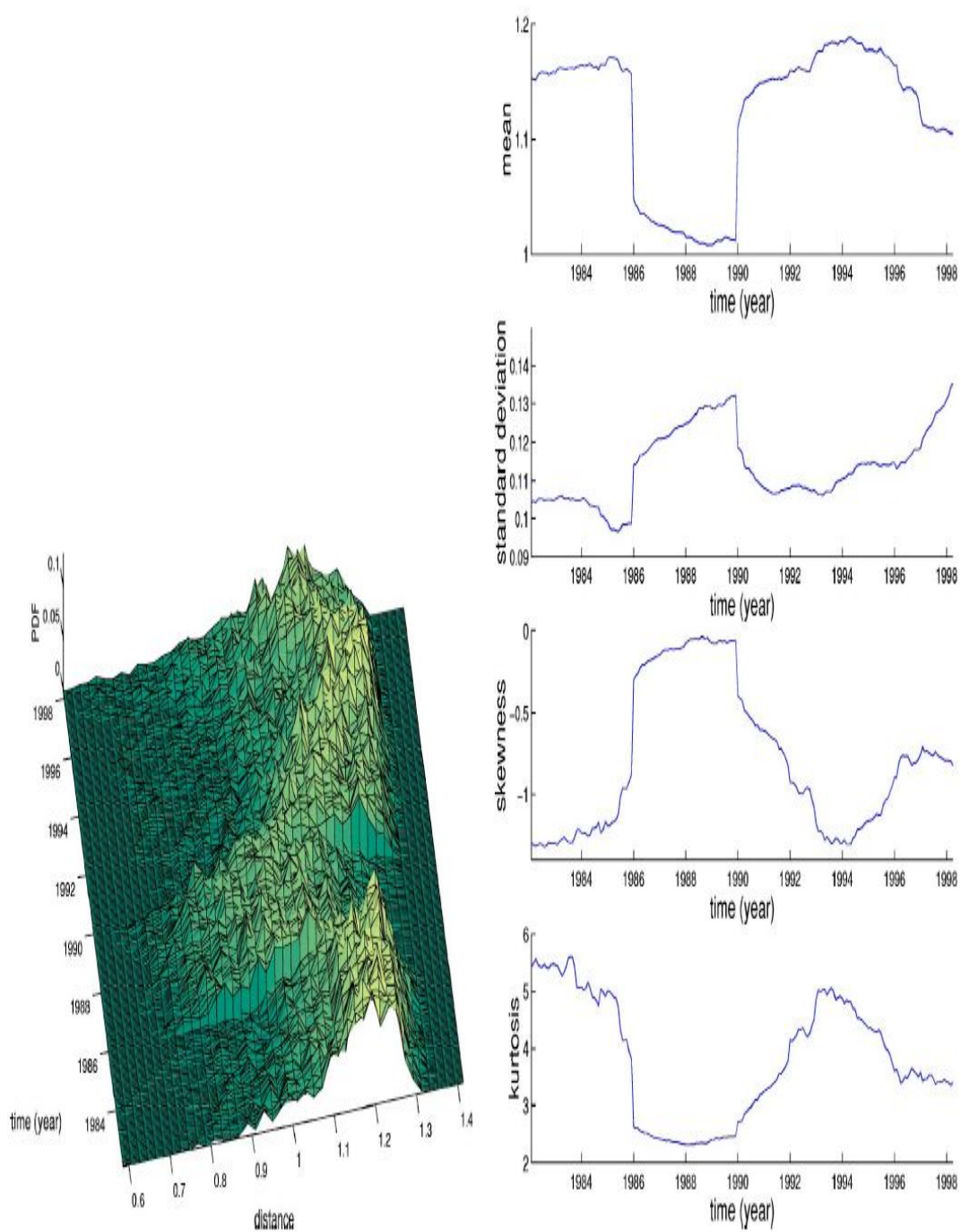


ภาพที่ 2.23 แสดงการพลอตกราฟ ของฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Probability Density Function) จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในรูปของเวลา



ที่มา: Onnela et al. (2003)

ภาพที่ 2.24 แสดงการพลอตกราฟ ของฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Probability Density Function) ของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ ในรูปของเวลา



ที่มา: Onnela et al. (2003)

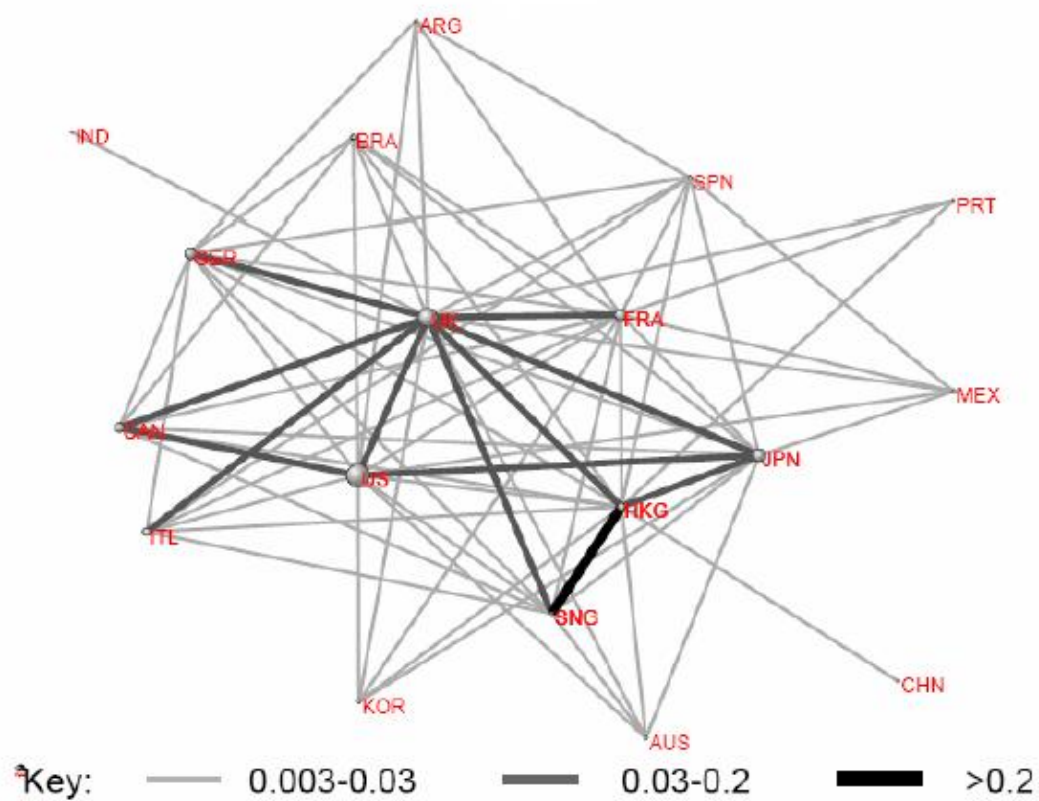
## 2.5 ทฤษฎีการเกิดโครงข่ายซับซ้อน (Complex Network)

ในงานวิจัยของ Haldane (2009) ได้ทำการเปรียบเทียบรูปร่างโครงข่าย ระหว่างโครงข่ายต่างๆ (Interconnections) ทั้งในระบบการเงินและนอกระบบการเงิน โดยพบว่าโครงข่ายต่างๆที่เกิดขึ้นนั้นมีการโยงใยเหมือนเชือกที่เชื่อมโยงกันไปมา จึงเรียกโครงข่ายแบบนี้ว่าโครงข่ายซับซ้อน (Complex Network) อีกทั้งยังพบว่าพฤติกรรมของโครงข่ายเหล่านี้ถูกขับเคลื่อนผ่านปฏิสัมพันธ์ระหว่างการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่เหมาะสม (Optimize) โดยตัวกลาง (Optimizing, but Confused, Agents) จึงทำให้เรียกโครงข่ายในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า โครงข่ายปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ (Adaptive Network) ซึ่งลักษณะโครงข่ายทั้งสองรูปแบบนั้น เป็นลักษณะที่ปรากฏให้เห็นอยู่บ่อยครั้ง

ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรม รวมไปถึงผลกระทบของการเกิดโครงข่ายซับซ้อน (Complex Network) และ โครงข่ายที่ปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ (Adaptive Network) จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมากในงานวิจัยเชิงประจักษ์ นอกจากลักษณะดังกล่าวที่พบภายในระบบการเงินแล้ว ยังพบลักษณะรูปแบบโครงข่ายที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งได้แก่ ปัญหาการหยุดชะงักของระบบวงจรกระแสไฟ (Electricity Grid), ความเสื่อมโทรมของระบบสิ่งแวดล้อม และการแพร่ระบาดของโรคติดต่อ ซึ่งเป็นแขนงที่แตกต่างต่างกันไป

ทั้งนี้ Haldane (2009) ได้ทำการศึกษาหาว่าปัจจัย และสาเหตุที่ทำให้โครงข่ายทางการเงินเริ่มเข้าสู่ภาวะผิดปกตินั้นเกิดขึ้นจากปัจจัยใด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเกิดจากการเพิ่มขึ้นของความซับซ้อนภายในโครงข่าย (Complexity) และการลดลงของความหลากหลายทางผลิตภัณฑ์ทางการเงิน (Diversity) โดยทั้งสองปัจจัยนี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ได้ ว่าเกิดสถานะที่เปราะบาง (Fragility) ภายในระบบการเงินขึ้นแล้วหรือยัง และในงานวิจัยสาขาอื่นๆ ยังใช้เป็นสัญญาณเตือนภัยให้กับนักสิ่งแวดล้อม วิศวกร และนักธรณีวิทยา ได้อีกด้วย โดยในงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้แสดงโครงข่ายทางการเงินทั่วโลก (Global Financial Network) ในช่วงปี ค.ศ. 1985 ดังแสดงในภาพที่ 2.25 เปรียบเทียบกับในช่วงปี ค.ศ. 2005 ดังแสดงในภาพที่ 2.26 ซึ่งจะเห็นวิวัฒนาการก่อตัวเป็นระบบที่มีความซับซ้อน (Complex System) มากยิ่งขึ้น

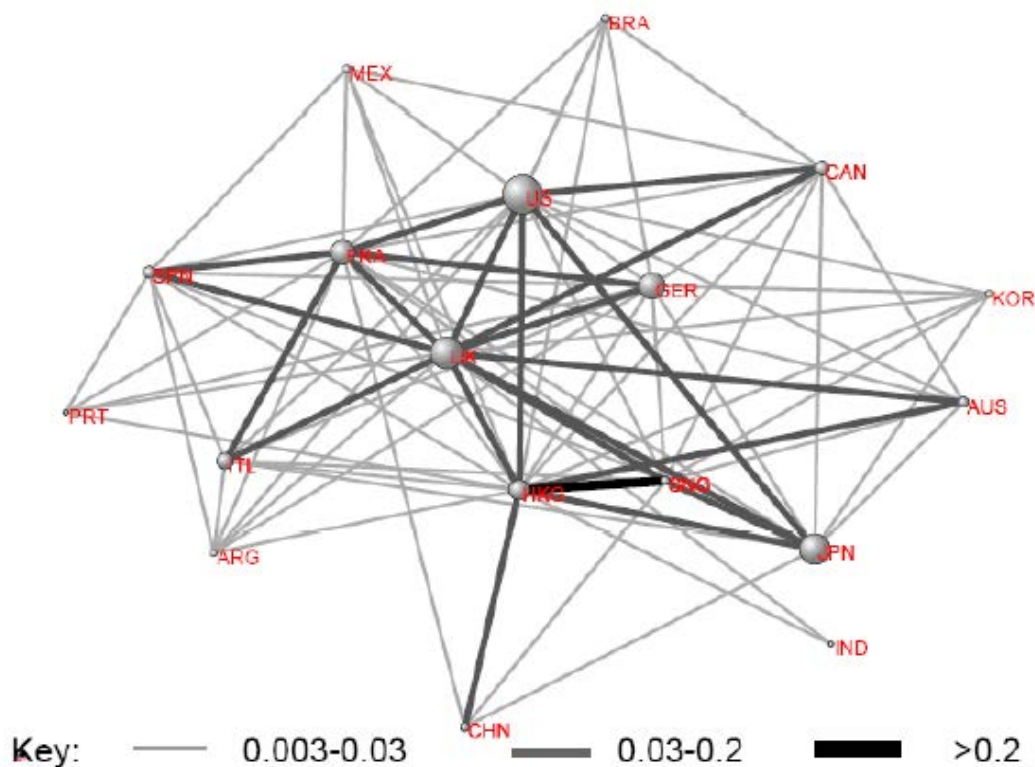
ภาพที่ 2.25 แสดง โครงข่ายทางการเงินทั่วโลก (Global Financial Network) ในช่วงปี ค.ศ. 1985



หมายเหตุ: ความหนาของเส้น เป็นตัวแทนของความแข็งแกร่งในการเชื่อมโยง (Link Strength) โดยเป็นสัดส่วนเดียวกับ GDP สุทธิ)

ที่มา: Haldane (2009)

ภาพที่ 2.26 แสดงโครงข่ายทางการเงินทั่วโลก (Global Financial Network) ในปี ค.ศ. 2005



ที่มา: Haldane (2009)

Haldane (2009) กล่าวไว้ว่า การที่มีระบบโครงข่ายหลายตัวเชื่อมโยงต่อกันนั้น อาจทำให้โครงสร้างภายในระบบมีความแข็งแกร่งมากขึ้น (Connectivity) แต่อย่างไรก็ตามอาจก่อให้เกิดความเปราะบางแฝงอยู่ (Robust yet Fragile) ภายในโครงข่ายดังกล่าวได้ด้วยเช่นกัน การเกิดสถานะเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่างๆภายในระบบ อาจเป็นได้ทั้งตัวดูด Shock (Shock Absorbers) หรือเป็นตัวขยาย Shock (Shock Amplifiers) ซึ่งอาจทำให้เกิดจุดพลิกผันหรือจุดประกายให้เกิดสถานะลุกลามของวิกฤตการณ์ทางการเงินขึ้น (Tipping Point) โดยทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแยกทั้ง 2 Regime ภายในระบบ ซึ่งพบว่าการที่ระดับการกระจายตัวของการเชื่อมโยง (จำนวน Link ต่อ Node) นั้นมีรูปแบบการกระจายตัวของระดับการเชื่อมโยงเป็นแบบหางอ้วน (Fat-tailed Degree Distribution) นั้นเป็นตัวบ่งบอกถึงความแข็งแกร่งต่อ Shock แบบสุ่มที่จะเข้ามาภายในระบบ (Robustness to Random Shocks) อย่างไรก็ตาม ยังเป็นตัวบ่งบอกความอ่อนแอ ต่อ Shock ที่เกิดจากองค์ประกอบ (Node) ที่มีการเชื่อมโยงกับองค์ประกอบอื่นๆอย่างมาก (Vulnerability to Shocks)

การศึกษาหาปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดเสถียรภาพทางการเงิน (Financial Stability) นั้นสามารถหาข้อสรุปได้จากการศึกษาภายในโครงข่ายชนิดอื่นๆเพิ่มเติม และศึกษาหาลักษณะของโครงข่ายทางการเงินที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อเสถียรภาพ (Stability) ภายในตลาดการเงิน จากตารางที่ 2.6 ซึ่งในงานวิจัยของ Haldane (2009) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงวิธีการทดสอบวัดค่าความโด่งทางสถิติ (Kurtosis) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวแบบหางอ้วนเกิดขึ้น (Fat Tail) โดยหางที่ได้จากการกระจายตัวที่ปรากฏให้เห็นภายในระบบการเงินผ่านผลตอบแทนหุ้น และเครดิตสินเชื่อ (Bank Credit) นั้นมีระดับการกระจายตัวแบบหางอ้วน (Fat Tail) ในระดับที่มากกว่าในภาคเศรษฐกิจมหภาค (Macro-Economic Series) หรือ GDP แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการทดสอบระดับการกระจายตัวแบบหางอ้วน (Fat Tail) ในทั้งสองกลุ่มพบว่ามีนัยสำคัญทั้งคู่ ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวแบบปกติ (Normality) ซึ่งเท่ากับ 3

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าทางสถิติในการวัดความโด่งในการกระจายตัว (Kurtosis Statistics) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแทนของระบบ

	Flares	Quakes	Rainfall	Words	Citations	Cities	Real GDP	Rice	Credit	Equity prices
Kurtosis	585.2	8325.8	3.3	4797	606.0	6143.9	9.3	6.8	12.2	12.2

ที่มา: Haldane (2009)

## 2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดความผันผวน

**แบบจำลอง Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) และ Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)**

Engle (1982) ได้นำเสนอแบบจำลองที่ใช้ในการวัดความผันผวนที่มีความสัมพันธ์กับค่าคลาดเคลื่อน (Error Term) ของช่วงเวลาในอดีต (Serial Correlation in Volatility) โดยเรียกแบบจำลองดังกล่าวว่า ARCH ซึ่งอธิบายได้ว่า ARCH ของ Engle (1982) นั้นถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหา ค่าแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (Heteroskedasticity) ซึ่งแปรผันตามเวลาที่เกิดขึ้นภายในแบบจำลองการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression) ทั่วไป โดยความแปรปรวนของค่า

ความคาดเคลื่อน (Error Term) ในปัจจุบันนั้นจะขึ้นกับความแปรปรวน ของค่าความคาดเคลื่อน (Error term) ในอดีต ในรูปของหลักการยกกำลังสองในการวัดความแปรปรวน

$$\text{Var}(X_{t+1}|X_t) = E[(X_{t+1} - a_0 - a_1X_t)^2] = E_t\varepsilon_{t+1}^2 \quad (2.16)$$

$$E_t\varepsilon_{t+1}^2 = \theta_{t+1}^2 \quad (2.17)$$

ซึ่งค่าความแปรปรวนมีค่าไม่เท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง โดยมีค่าประมาณของความแปรปรวน ของค่าความคาดเคลื่อน (Error Term) เป็นดังนี้

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = a_0 + a_1\hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \dots + a_q\hat{\varepsilon}_{t-q}^2 + V_t \quad (2.18)$$

โดยที่  $V_t$  เป็นตัวรบกวน (White Noise) และค่าคาดการณ์ความแปรปรวน ของค่าความคาดเคลื่อน (Error Term)  $t+1$  ในอนาคต ณ เวลา  $t$

$$E_t\hat{\varepsilon}_{t+1}^2 = a_0 + a_1\hat{\varepsilon}_t^2 + a_2\hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \dots + a_q\hat{\varepsilon}_{t+1-q}^2 \quad (2.19)$$

หรือเขียนในรูป

$$\sigma^2 = \omega + \alpha(L)\eta_t^2 \quad (2.20)$$

โดยที่  $(L)$  นั้นเป็นฟังก์ชันล่าช้า (Polynomial Lag Operator) และ  $\eta_t|\Psi_{t-1} \sim N(0, \sigma_{t-1}^2)$  Innovation ภายในผลตอบแทนสินทรัพย์ (Asset Return)

ต่อมา Bera and Higgins (1993) ได้อธิบายถึงลักษณะการกระจายตัวของการแกว่งตัวของ ความคลาดเคลื่อน (Stochastic Error)  $\varepsilon_t$  ซึ่งมีเงื่อนไข เกิดขึ้นบนเซตของตัวแปรต่างๆ  $\Psi_{t-1} = \{y_{t-1}, x_{t-1}, y_{t-2}, x_{t-2}, \dots\}$  ยังมี Polynomial ที่มีลำดับ (Order) สูงๆจะยิ่งเกิดปัญหาในการคำนวณมากยิ่งขึ้น

ซึ่งต่อมา Bollerslev (1986) ได้เสนอแบบจำลอง Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) ไว้ดังนี้

$$\varepsilon_t = V_t \sqrt{\sigma_t^2} \quad (2.21)$$

โดยให้ความแปรปรวน  $V_t = \sigma_t^2 = 1$  และตัวรบกวน (White Noise) ในช่วงเวลา (Period) ปัจจุบันเป็นอิสระต่อความคลาดเคลื่อน (Error Term) ในช่วงเวลา (Period)  $t-1$

$$E\varepsilon_t = EV_t \sqrt{\sigma_t^2} = 0 \quad (2.22)$$

$$E_{t-1}\varepsilon_t^2 = \sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2.23)$$

$$\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (2.24)$$

หรือเขียนในรูป

$$\sigma_t^2 = \omega + \beta(L)\sigma_{t-1}^2 + \alpha(L)\eta_t^2 \quad (2.25)$$

Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity นั้นเป็นแบบจำลอง ที่ใช้กับ ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยแบบจำลอง GARCH ได้นำแนวคิดแบบจำลอง ARCH ของ Engle (1982) มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลทางการเงิน อาทิ เช่น ราคาหุ้น ราคาทองคำ อัตราแลกเปลี่ยน และ ดัชนีชี้วัดต่างๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีแนวโน้มอย่างมากที่ความผันผวน (Volatility) ของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับ ความผันผวนของข้อมูลในอดีต จึงทำให้เป็นที่นิยมในทางสาขาการเงินที่จะนำแบบจำลอง GARCH มาใช้ในการทำนาย หรือ วัดค่าความผันผวน โดยการเลือกรูปแบบการประมวลผลภายใน แบบจำลอง GARCH นั้นควรเลือก GARCH (p, q) ให้เหมาะสมโดยที่ Polynomial  $\beta(L)$  แทนด้วย ลำดับ “p” ซึ่งกำหนดให้เป็นช่วงเวลาที่ล่าหลัง (Autoregressive Term) ของค่าความแปรปรวนของ



ข้อมูล และ Polynomial  $\alpha(L)$  แทนด้วย ลำดับ “q” ในรูปแบบเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Term) ของช่วงการล่าช้า (Lag) ของค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Term) ดังสมการที่ 2.24 และ 2.25

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### 3.1 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รายวันตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ.2533 จนถึง 1 มกราคม พ.ศ. 2556 รวมทั้งสิ้น 23 ปี จากตลาดหลักทรัพย์ 10 ประเทศ ภายในกลุ่มเอเชียตะวันออก<sup>9</sup> ได้แก่ ส่องกง, อินโดนีเซีย, ญี่ปุ่น, เกาหลีใต้, มาเลเซีย, ฟิลิปปินส์, สิงคโปร์, ไต้หวัน, ไทย และ ออสเตรเลีย ซึ่งอาศัยแหล่งข้อมูลทุติยภูมิจาก Bloomberg โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลผ่านข้อมูลผลตอบแทน (Returns) และความผันผวน (Volatilities)

#### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและวิธีการศึกษา

การศึกษานี้จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

**3.2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Analysis)** เป็นการใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเบื้องต้น เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทน และสหสัมพันธ์ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ภายใน 10 ประเทศหลักของภูมิภาคเอเชียตะวันออก (East Asian) โดยวัดผลตอบแทนออกมาให้อยู่ในรูปรายวันและรายไตรมาส รวมไปถึงวัดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในแต่ละตลาดหลักทรัพย์ภายในกลุ่มที่ได้ทำการศึกษา

**3.2.1.1 ขั้นตอนคำนวณหาผลตอบแทนรายวันในแต่ละตลาด จากราคาปิดตลาดของดัชนี ภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ดังสมการที่ 3.1**

$$r_i(t) = \ln \left( \frac{Y_i(t+\Delta t)}{Y_i(t)} \right) = \ln(Y_i(t + \Delta t)) - \ln(Y_i(t)) \quad (3.1)$$

กำหนดให้  $Y_i(t)$  เป็นราคาปิดตลาดของดัชนีหุ้น  $i$  ณ วันที่  $t$  โดยช่วงเวลาตัวอย่าง (Sample Period) ที่ใช้ในการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 1 มกราคม พ.ศ. 2533 จนถึง 1 มกราคม พ.ศ. 2556 รวม

---

<sup>9</sup>จำแนกตาม Yilmaz (2009)

ทั้งสิ้น 23 ปี โดยนำข้อมูลราคาในแต่ละประเทศนั้นๆ มาทำการคำนวณหาผลตอบแทน ระหว่างวันที่  $t-1$  และวันที่  $t$  ในรูปแบบผลต่างของค่าลอการิทึมของผลตอบแทน (Log Return)

จากงานวิจัยในอดีตนั้นนิยมวัดค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ (Average Raw Correlation) ภายในกลุ่มหุ้นต่างๆ โดยให้ความสนใจไปที่ กรอบเวลา (Time Window) ที่มีขนาดใหญ่ ในช่วง 200 ถึง 500 วัน เพื่อที่จะลดความแปรปรวนทางสถิติ (Statistical Variation) ที่อาจเกิดขึ้น โดยภายในงานวิจัยของเราเลือกที่จะนำ กรอบเวลา (Time Window) ระยะสั้น 63 วันทำการ (3เดือน) มาเป็นกรอบเวลา (Time Window) เนื่องจากกรอบเวลาระยะสั้นนั้น สามารถควบคุมผลกระทบจากปัญหาอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีวัดความเสี่ยงในรูปแบบต่างๆ นั้นค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และมีขนาดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สูงได้เป็นที่น่าพอใจ

อีกทั้งยังสามารถอธิบายพลวัตของเหตุการณ์ หรือวิกฤตการณ์ที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าการนำค่าสถิติรายปีมาวิเคราะห์ เนื่องจากการใช้กรอบเวลา (Time Window) ระยะยาวนั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ผล รวมไปถึงตีความออกมาได้ดีและชัดเจนเท่ากรอบเวลา (Time Windows) ระยะสั้น โดยในส่วนการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้จะนำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ (Average Correlation) ของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออก (East Asian Returns) มาเป็นตัวแทนการวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk ที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคต่อไป

### 3.2.1.2 ขั้นตอนคำนวณหาอัตราผลตอบแทนในดัชนีตลาดหลักทรัพย์ภายในกลุ่ม

#### เอเชียตะวันออก และวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk ภายในภูมิภาค

ในการสร้างโครงข่ายเชื่อมโยงตลาดหลักทรัพย์แต่ละประเทศ ผ่านดัชนีตลาดของกลุ่มตัวอย่างที่ได้สังเกตทั้งหมดจากผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์นานาชาติ เมื่อนำมาวิเคราะห์ อาจมีปัญหาความไม่นิ่งของข้อมูลอนุกรมเวลา (Nonstationarity) ภายในดัชนีตลาดหลักทรัพย์หลักๆ ซึ่ง ในงานวิจัยของ Timmer et al. (2000) ได้กล่าวไว้ว่า สำหรับการวิเคราะห์ Cross-Spectral และ กราฟสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Graph) นั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องมีความนิ่ง (Stationary) มากนักก็ได้ เพียงแค่ให้มีความสัมพันธ์ ระหว่างกระบวนการต่างๆ นั้นเป็นอิสระกับเวลา (Time Independent) ก็เพียงพอแล้ว อย่างไรก็ตามสามารถทำให้บรรเทาปัญหาดังกล่าวข้างต้นลงได้ด้วยการปรับแก้ข้อมูล (Transformed Data) จากการวัดอัตรา

ผลตอบแทนรายวัน แปลงให้อยู่ในรูปลอการิทึมของผลตอบแทนรายไตรมาส โดยอ้างอิงจากดัชนี ปิดตลาดหุ้นในรายวัน 63 วัน (3 เดือน) โดยแสดงออกมาในรูปร้อยละผลตอบแทนรายไตรมาส จาก ตลาดหุ้นทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกซึ่งแทนด้วย  $i$  ในรายไตรมาส (63 วันทำการ) เพื่อแก้ปัญหา เวลาในการซื้อขายที่ไม่ตรงกันในแต่ละประเทศ ดังสมการที่ 3.2 โดยในงานวิจัยนี้จะแสดงค่าทาง สถิติเชิงพรรณนาออกมาในรูปของรายไตรมาสแทน

$$r_{it} = 63 \times 100(\Delta \ln P_{it}) \quad (3.2)$$

$\ln P_{it}$  แทน ผลต่างของราคาปิดของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (i) รายวัน ณ วันที่ t ในรูปลอการิทึม

ในส่วนของการสร้างโครงข่าย จะเริ่มจากการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา ในรูปดัชนีตลาด หลักทรัพย์รายวัน ณ เวลาปิดตลาด โดยคำนวณให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันคือวัดออกมาให้อยู่ใน รูปแบบค่าเงินท้องถิ่น (Local Currency Units) ผ่าน 10 ตลาดหลักทรัพย์หลักๆ ใน 10 ประเทศ ได้แก่ ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้, ดัชนีนิเกอิ (Nikkei 225 Index) ของญี่ปุ่น, ดัชนีไต้หวันเวตเต็ด (Taiwan Weighted) ของไต้หวัน, ดัชนีหังเส็ง (HangSeng Index) ของฮ่องกง, ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, ดัชนี KLSE Composite ของมาเลเซีย, ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย, ดัชนีออลออไดน์วีส์ (All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย, ดัชนีสเตรท ไทมส์ (Straits Times Index) ของสิงคโปร์ และดัชนี SET ของไทย เพื่อที่จะนำมาหาเมตริกซ์ สหสัมพันธ์จากอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสต่อไป

โดยในส่วนการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้จะนำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ (Average Correlation) ของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออก (East Asian Returns) มาเป็นตัวแทนการวิเคราะห์ความเสี่ยง Aggregate Risk ที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาค ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ (Average Correlation) ของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ของภูมิภาค อยู่ในระดับที่สูง ก็จะทำให้ภูมิภาคดังกล่าวเผชิญกับความเสียหาย Aggregate Risk มากขึ้นเท่านั้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำการศึกษาพลวัตของความเสี่ยง Aggregate Risk ของทั้งภูมิภาค ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990 – 2012 มาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ในส่วน of ความเสี่ยง Systemic Risk

ด้วย เพื่อเป็นประโยชน์ในแง่ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

### 3.2.1.3 ขั้นตอนคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) และระดับอิทธิพลของตัวกลางดัชนีหุ้นใดๆ ภายในภูมิภาค

เริ่มจากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) ดังสมการที่ 3.3

$$\rho(X, Y: Z) = \frac{\rho(X, Y) - \rho(X, Z)\rho(Y, Z)}{\sqrt{[1 - \rho^2(X, Z)][1 - \rho^2(Y, Z)]}} \quad (3.3)$$

พร้อมกับการเลื่อนกรอบเวลา (Moving Window Approach) มาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ โดยเลือกใช้ กรอบเวลา (Time Window) ระยะยาว 250 วัน อย่างไรก็ตามจะเลือกใช้กรอบระยะสั้น 63 วันทำการ (1 ไตรมาส) เป็น กรอบเวลา (Time Window) ก็ต่อเมื่อกรอบเวลาระยะยาว ไม่สามารถเข้าถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนี Index Cohesive Force ที่ค่อนข้างเร็ว และมีขนาดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สูงได้ โดยการวิเคราะห์ผลลัพธ์ผ่านพลวัตนั้น จะชี้ให้เห็นถึงข้อเท็จจริงที่ว่า อิทธิพลที่โดดเด่น (Dominant Influence) ของตัวกลาง DJIA นั้นทำหน้าที่เหมือนกระดูกสันหลังหลักของโครงข่าย โดยแสดงออกมาผ่านระดับสหสัมพันธ์ภายในตลาด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk และเผยให้เห็นถึงบทบาทที่สำคัญของตัวกลาง DJIA ที่มีความโดดเด่น และมีอิทธิพลครอบคลุมกลุ่มตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ทั้งในแง่ของการส่งผ่านผลกระทบผ่านอัตราผลตอบแทน และความผันผวน ดังนั้นในงานวิจัยของเรา จึงเลือกที่จะใช้ดัชนี DJIA เป็นตัวกลางที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน

วิธีการสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) นั้นจะสร้างผ่านข้อมูลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) ซึ่งเป็นตัวบ่งปริมาณสหสัมพันธ์ ระหว่าง 2 ตัวแปรใดๆ ในที่นี้คือผลตอบแทนของดัชนีหุ้น โดยมีเงื่อนไขเกิดขึ้น ในตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง หรือ หลายตัวแปร โดยกำหนดให้  $X_1, \dots, X_n$  เป็นลำดับของตัวแปรสุ่ม (Random Variables) ในขณะที่  $X_{1,3}, \dots, X_n$  และ  $X_{2,3}, \dots, X_n$  เป็นการประมาณความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ระหว่าง

ตัวแปร  $X_1$  และ  $X_2$  ที่อิงจากตัวกลางหรือควบคุมตัวแปร  $X_3, \dots, X_n$ . (จำนวนของตัวแปรเงื่อนไข) หลังจากนั้นจึงนำมาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน  $\rho(X_1, X_2 : X_3, \dots, X_n)$  ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรสุ่ม (Random Variables)  $Y_1$  และ  $Y_2$  โดยที่  $Y_1 = X_1 - X_{1:3, \dots, n}^*$  และ  $Y_2 = X_2 - X_{2:3, \dots, n}^*$  หรือก็คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนเศษเหลือ (Residuals) ของ ตัวแปร  $X_1$  และ  $X_2$  หรือที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation)

ในสมการที่ 3.3 นั้นได้กำหนดลักษณะของตัวแปรควบคุม ภายในสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) หรือ  $\rho(X, Y: Z)$  ให้เป็นสหสัมพันธ์แยกส่วนลำดับที่หนึ่ง (first-order Partial Correlation Coefficient) ซึ่งก็คือตัวแปรเงื่อนไข ที่ควบคุมนั้นมีเพียงตัวเดียว โดยในที่นี้กำหนดให้เป็นตัวแปร  $Z$  ซึ่งในที่นี้มีดัชนีหุ่นอยู่ 10 ดัชนี จึงต้องมีการเปลี่ยนตัวกลางไปเรื่อยๆ จนครบทั้ง 10 ดัชนี

เพื่อที่จะแบ่งแยกความแตกต่างระหว่าง ค่าสหสัมพันธ์ทั้งสองแบบ จึงให้ความสนใจไปที่ระดับอิทธิพลของตัวกลางใดๆ ซึ่งแทนด้วย  $d(X, Y: Z)$  ดังสมการที่ 3.4

$$d(X, Y: Z) \equiv \rho(X, Y) - \rho(X, Y: Z) \quad (3.4)$$

โดยที่

$$\rho(X, Y) = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & C_{ik} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{ki} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.5)$$

$$\text{ในขณะที่ } \rho(X, Y: Z) = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & P_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{ji} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n-1 \times n-1} \quad (3.6)$$

เพราะฉะนั้นจะต้องจัดรูปขนาดของเมทริกซ์ ให้มีขนาดเท่ากันเสียก่อน โดยทำการตัดแถวที่  $i$  และหลักที่  $j$  ในตำแหน่งที่เป็นตัวกลางออก ภายในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ จึงจะทำให้เมทริกซ์สหสัมพันธ์  $\rho(X, Y)$  ลดขนาดลงจาก  $n \times n$  เหลือ  $n-1 \times n-1$  ดังสมการที่ 3.7

$$\rho(X, Y) = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & C_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{ji} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n-1 \times n-1} \quad (3.7)$$

หลังจากนั้นจึงนำเมทริกซ์สหสัมพันธ์ และเมทริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วนมาหักล้างกัน เพื่อที่จะหาระดับอิทธิพลของตัวกลางใดๆ ดังสมการที่ 3.8 โดยทำการเปลี่ยนตัวกลาง  $Z$  จากทั้ง 10 ดัชนี ไปเรื่อยๆ ซึ่งได้แก่ ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้, ดัชนีนิคเกอิ (Nikkei 225 Index) ของญี่ปุ่น, ดัชนีไต้หวันเวตเต็ด (Taiwan Weighted) ของไต้หวัน, ดัชนีหั่งเส็ง (HangSeng Index) ของฮ่องกง, ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, ดัชนีKLSE Composite ของมาเลเซีย, ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย, ดัชนีอออลอดินารี่ส์ (All Ordinaries Accumulation Index (AOAI)) ของออสเตรเลีย, ดัชนีสเตรทไทมส์ (Straits Times Index) ของสิงคโปร์ และดัชนีSET ของไทย เมื่อได้ผลดังกล่าวแล้วจึงนำระดับอิทธิพลที่ตัวกลาง  $z$  ส่งอิทธิพลไปยังแต่ละแถวใน เมทริกซ์  $d(X, Y: Z)$  มาหาผลรวมระดับอิทธิพลในแต่ละแถว แล้วจึงนำมาหาผลลัพท์ค่าเฉลี่ยระดับอิทธิพลของตัวกลาง  $z$  ใดๆ โดยในที่นี้มี ตัวกลางอยู่ 10 ดัชนี ซึ่งในหนึ่งดัชนีตัวกลางจะได้ผลลัพท์ของ ระดับอิทธิพล โดยเฉลี่ย ที่ส่งผ่านไปยังตลาดอื่นๆภายในภูมิภาค ออกมา ดังตารางที่ 3.1

$$\begin{aligned}
 d(X, Y: Z) &\equiv \begin{bmatrix} 1 & \cdots & C_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{ji} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n-1 \times n-1} - \begin{bmatrix} 1 & \cdots & P_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{ji} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n-1 \times n-1} \\
 &\equiv \begin{pmatrix} 0 & \cdots & d_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{ji} & \cdots & 0 \end{pmatrix}_{n-1 \times n-1} \quad (3.8)
 \end{aligned}$$

ในที่นี้ได้แสดงตัวอย่างระดับอิทธิพลที่ส่งจากตัวกลาง SET Index ไปยังตลาดอื่นๆภายในภูมิภาค ซึ่งจากจำนวนดัชนี ที่ได้นำมาศึกษาที่มีจำนวน 10 ดัชนี จึงทำให้ต้องมีตารางในลักษณะดังกล่าวอยู่ 10 ตารางด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างระดับอิทธิพลที่ส่งจากตัวกลาง SET Index ไปยังตลาดอื่นๆภายใน

#### ภูมิภาค

From \ To	Control Variables
	d:SET Index
NKY Index	0.003649
KOSPI Index	0.008798
PCOMP Index	0.008144
AS30 Index	0.001377
HSI Index	0.000787
JCI Index	0.007494
FBMKLCI Index	-0.00042
FSSTI Index	0.005747
TWSE Index	7.45E-05

ที่มา: ประมวลผลผ่าน SPSS และ Microsoft Excel



เมื่อได้ผลลัพธ์ในรูปแบบดังกล่าวแล้ว จึงนำผลที่ได้มาจัดรูปเมทริกซ์ เพื่อแสดงทิศทางของการรับ-ส่งอิทธิพล ในที่นี้จะจัดรูปแบบทิศทางการส่งผ่านอิทธิพล ให้ออกมาจาก แถวที่ 1,2,3.....,n ไปยังหลักที่ 1,2,3.....,n ดังสมการที่ 3.9 ออกมา

$$d(X, Y: Z)_{network} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & d_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{ji} & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.9)$$

โดยที่  $d(X, Y: Z)_{Network}$  อยู่ในรูปเมทริกซ์แสดงระดับอิทธิพลของ Node หนึ่ง ในการส่งผ่านอิทธิพลไปยัง Node อื่นๆ

ซึ่งปริมาณดังกล่าวนี้ใช้เป็นตัวบ่งชี้อิทธิพลของตัวกลางผ่านสหสัมพันธ์ (Correlation Influence) หรืออิทธิพลของตัวกลาง Z บนคู่ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ X และ Y โดยปริมาณดังกล่าวนี้จะให้ค่ามาก ก็ต่อเมื่อ สัดส่วนของปริมาณสหสัมพันธ์  $\rho(X, Y)$  นั้นสามารถที่จะอธิบายได้ด้วย Z ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกที่จะให้ความสำคัญในการวิเคราะห์บนค่า  $d(X, Y: Z)$  ที่มากๆ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับอิทธิพลที่มีเหนือองค์ประกอบอื่นๆ ภายในโครงข่าย

### 3.2.2 การวิเคราะห์แบบโครงสร้างของโครงข่าย (Network Topologies Analysis)

นำค่าทางสถิติ ที่ได้จากแบบโครงสร้างหรือทฤษฎีกราฟ มาใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ภายโครงข่าย เพื่อศึกษาสถานะความเสี่ยงของความเชื่อมโยงระหว่างตลาด (Interdependent) ที่เกิดขึ้น ผ่าน 3 มุมมอง ได้แก่ ความแข็งแรงของโครงสร้างโครงข่าย (Robustness in Networks), สถานะลุกลามภายในโครงข่าย (Contagion in Networks) และความยืดหยุ่นในการปรับตัวของโครงข่าย (Resilience in Networks) โดยมีขั้นตอนต่างๆในการวิเคราะห์

### 3.2.2.1 แบบแผนและวิธีการสร้างความเชื่อมโยงภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ ระหว่างประเทศ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Interdependent and Interconnectivity of East Asian Stock Market)

นำข้อมูล ผลตอบแทนของดัชนีตลาดหุ้น จากตลาดหลักทรัพย์ 10 ประเทศ ภายในกลุ่มเอเชียตะวันออก (East Asian Stock Market) ได้แก่ ฮองกง, อินโดนีเซีย, ญี่ปุ่น, เกาหลีใต้, มาเลเซีย, ฟิลิปปินส์, สิงคโปร์, ไต้หวัน, ไทย และออสเตรเลีย มาใช้ในการสร้างโครงข่ายแบบสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Network) เพื่อทำการศึกษาพลวัตของดัชนีตลาดหลักทรัพย์ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเพิ่มเติม โดยการศึกษาอยู่ภายใต้ข้อจำกัดดังต่อไปนี้

(1) ตลาดหุ้นภายใต้กลุ่มประเทศในกรอบการศึกษา นั้นมีช่วงเวลาในการเปิดและปิดตลาดไม่พร้อมกัน (Opening and Closing Hours)

(2) ชุกรกรรมการซื้อขาย (Transactions) ที่เกิดในตลาดที่แตกต่างกันนั้น ต่างถูกดำเนินการในการซื้อขายในสกุลเงินที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความผันผวนขึ้นได้

จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่จะระบุเกณฑ์ที่ใช้ในแต่ละตลาดหลักทรัพย์ให้มีระดับความเหมือน (Degree of Similarity) หรือ ความคล้ายคลึงกันมากที่สุด ระหว่างพลวัตที่เกิดขึ้นของดัชนีตลาดหุ้นต่างๆ ในตลาดหลักทรัพย์ ที่ซื้อขายในช่วงเวลาที่ต่างกัน (Nonsynchronous) และซื้อขายกันในสกุลเงินที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูล จะทำการตรวจสอบเขตของข้อมูลต่างๆ ด้วยการใช้ราคา และดัชนีปิดตลาดจาก Bloomberg Database ซึ่งให้บริการข้อมูลดัชนีเปิด-ปิดรายวันของตลาดหลักทรัพย์ในแต่ละประเทศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกคำนวณให้อยู่ในรูปแบบค่าเงินในประเทศนั้นๆ (Local Currencies) หรือ US Dollars

โดย ดัชนีหุ้น ที่ใช้ในงานวิจัยนี้นั้นจะเลือกนำเฉพาะสมาชิกภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก มาพิจารณา ทั้งนี้จึงได้นำข้อมูลที่ได้จากใน เซตฐานข้อมูล ของ Bloomberg ในรูปแบบข้อมูลดัชนีรายวัน มาใช้โดยคำนวณให้อยู่ในรูปแบบค่าเงินในประเทศนั้นๆ (Local Currencies) หรือ US Dollars เพียงแต่ขอให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันเท่านั้น ภายใต้ ช่วงเวลา (Time period) จาก 1 มกราคม พ.ศ. 2533 จนถึง 1 มกราคม พ.ศ. 2556

ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะสร้างโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ให้ออกมาอยู่ในรูปแบบ MST ซึ่งไม่มีทิศทางกำกับ และรูปแบบ PCPG ซึ่งเป็นโครงข่ายในรูปแบบเพลน ที่แสดง

ทิศทางของการส่งผ่านอิทธิพลภายในโครงข่ายกำกับ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างตลาดต่อไป พร้อมกับการนำค่าเฉลี่ยทางสถิติรายวันมาพิจารณา พล็อตกราฟวิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบรายไตรมาส ภายใต้การตรวจสอบโครงข่ายในกรอบช่วงเวลา (Time Period) 23 ปี โดยทำการ Rolling Sample Window ไปทีละ 63 วันทำการ หรือ 1 ไตรมาส โดยประมาณ จะได้เมทริกซ์  $d(X:Z)_{Network}$  ขนาด  $n \times n$  จากระดับอิทธิพลที่อิงมาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Coefficient) ภายในโครงข่าย PCPG และเมทริกซ์ขนาด  $n \times n$  จาก ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ภายในโครงข่าย MST

### 3.2.2.1.1 สร้าง Partial Correlation Networks ในแต่ละตลาดหลักทรัพย์ด้วยวิธี

#### Partial Correlation Planar maximally filtered Graph (PCPG)

มีเหตุผลหลัก 2 ข้อ ที่เลือกใช้โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ในการอธิบายอิทธิพลของตัวกลางต่างๆ ในแต่ละความเชื่อมโยงภายในระบบ

1. โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) สามารถนำมาใช้แสดงโครงสร้างที่แท้จริงภายในระบบออกมาให้เห็นได้ ด้วยกระบวนการแยก และกลั่นกรองข้อมูล (Filtering Procedures) ซึ่งเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงและมีนัยสำคัญออกมา โดยการหาอิทธิพลของหุ้นตัวกลางที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่โดดเด่น บนโครงสร้างของสหสัมพันธ์ ภายในระบบ เป็นวิธีที่คล้ายคลึงกันกับ วิธีที่ใช้ในการศึกษาของ Mantegna (1999) ที่ให้ความสนใจไปที่โครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Networks)

2. เหตุผลสำหรับการสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) ก็คือ ง่ายต่อการอธิบายปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ ภายใต้การวิเคราะห์โครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน จะพบว่าจำนวนปฏิสัมพันธ์เริ่มต้น นั้นมีจำนวนทั้งหมด  $N \times (N-1) \times (N-2) / 2$  อันที่จริงแล้วระบบโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Networks) นั้นในบางครั้งอาจทำให้จำนวนเส้นเชื่อม (Link) ของการเกิดปฏิสัมพันธ์ภายในโครงข่ายเกิดน้อยกว่าค่าที่ได้จากเมทริกซ์แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (Matrix Interaction) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่มาพิจารณา จะพบว่าลดลงจากจำนวนปฏิสัมพันธ์เริ่มต้น โดยกลั่นกรองเหลือจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) เพียง  $3(N-2)$  ที่ได้จากในโครงข่ายแบบ PCPG

รูปแบบในการสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วนนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบหลักๆ ได้แก่ Partial Correlation Threshold Network (PCTN) และ Partial Correlation Planar maximally filtered Graph (PCPG) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ให้เหตุผลที่ได้เลือก วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG มาใช้ แทนที่จะเป็นวิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCTN ก็เพราะ คุณสมบัติของแบบโครงสร้าง และเมทริกซ์ ของ PCTN นั้นขึ้นอยู่กับค่าของค่าคงตัว (Parameter)  $k$  อย่างมาก รวมไปถึงต้องคำนวณค่าผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักในเส้นเชื่อม (Edges) ต่างๆ ซึ่งทำให้การเลือกค่า  $k$  ที่เหมาะสมนั้นจึงเป็นเรื่องยาก เช่น ถ้าเลือก  $k$  ต่ำไปก็จะได้จำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) ที่ผ่านเกณฑ์นำมาใช้ในการสร้างโครงข่ายจำนวนมากจนเกินไป ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อการหาตัวกลางที่มีความโดดเด่นในระบบ เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ที่ได้ภายในโครงข่ายมีความซับซ้อนมากจนเกินไป จึงทำให้งานวิจัยของเราเลือกที่จะใช้วิธีสร้างโครงข่ายแบบ PCPG แทน

PCPG เป็นวิธีที่พัฒนา และประยุกต์มาจาก Planar Maximally Filtered Graph (PMFG) ที่มีข้อด้อยในเรื่องการเกิดปฏิสัมพันธ์แบบไม่สมมาตร (Asymmetric Interactions) ภายในกลุ่มองค์ประกอบต่างๆ ของระบบ ซึ่งโครงข่าย PMFG แบบดั้งเดิมนั้นเป็นวิธีสร้างโครงข่ายที่อิงสหสัมพันธ์ (Correlation Based Network) แต่ โครงข่ายรูปแบบ PCPG นั้นได้ดัดแปลงโดยเปลี่ยนจากการหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ไปเป็นหาเมทริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Matrix) แล้วจึงนำไปสร้างโครงข่ายสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation Network) ผ่าน Algorithm ต่างๆ ในลำดับต่อไป ซึ่ง Algorithm เหล่านั้น แสดงไว้อยู่บน [www.fna.fi](http://www.fna.fi) ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำวิธีสร้างโครงข่าย PMFG แบบดั้งเดิมมาประยุกต์ใช้ โดยนำค่าสหสัมพันธ์แยกส่วนมาใช้แทนค่าสหสัมพันธ์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างโครงข่ายจากปฏิสัมพันธ์ (Interactions) ที่เกิดขึ้น ภายในความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่างๆ (Element Pairs) ที่มีลักษณะปฏิสัมพันธ์ไม่สมมาตรแฝงอยู่ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงผลออกมาอยู่ในรูปแบบโครงข่ายแสดงทิศทางของความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบ (Directed Graph) ภายใต้รูปแบบใหม่ดังกล่าวที่ว่ามานั้น มีชื่อเรียกว่า PCPG พร้อมกันประมวลผลหาค่าสถิติที่สำคัญของแบบโครงสร้างของโครงข่ายออกมาด้วย อาทิเช่น CheiRank, PageRank เป็นต้น

โดยกระบวนการสร้างโครงข่ายนั้น เริ่มจากการหาอิทธิพลแฝงของตัวกลาง  $z$  ภายในความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่างๆ (Correlation Influence) หรือ  $d(X,Y : Z)$  โดยกำหนดให้

$d(X : Z)$  เป็น อิทธิพลแฝงของตัวกลาง  $z$  โดยเฉลี่ย ภายใต้อิทธิพลเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบ  $X$  และ องค์ประกอบต่างๆที่เหลือภายในระบบ ซึ่งมีค่าเป็นไปตามสมการที่ 3.10

$$d(X : Z) = \langle d(X, Y : Z) \rangle_{Y \neq X, Z} \quad (3.10)$$

หมายเหตุ: สิ่งที่น่าสนใจก็คือโดยทั่วไปแล้ว  $d(X : Z) \neq d(Z : X)$

โดยการสร้างโครงข่าย PCPG ขึ้นนั้น จะเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ยอิทธิพลสหสัมพันธ์ของตัวกลางองค์ประกอบ  $z$  หรือ  $d(X : Z)$  ตามลำดับที่ลดลง เป็นไปตามระเบียบแบบแผนในการสร้างโครงข่าย ซึ่งเริ่มจากการพิจารณาโครงข่ายที่ว่างเปล่า ที่มาพร้อม  $N$  องค์ประกอบ (Vertices) โดยเริ่มจากการใส่ลำดับรายการ  $d(I : J)$  คือใส่เส้นเชื่อมความสัมพันธ์แบบบอกทิศทาง (Directed Link) จาก  $J \rightarrow I$  ภายใต้อำนาจของโครงข่ายที่อยู่ในรูปแบบเพลน (Planar) ซึ่งก็คือสามารถสร้างเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบ (Node) ต่างๆได้โดยที่ไม่เกิด Link Crossing ขึ้นภายในโครงข่าย

ถ้าค่า  $d(X : Z) > d(Z : X)$  ผลที่ตามมาคือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link)  $Z \rightarrow X$  จะถูกนำมาพิจารณาครอบคลุมในโครงข่าย PCPG เพียงเส้นเดียว โดยจะไม่แสดงเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) จาก  $X \rightarrow Z$  อีก เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดเส้นเชื่อมจำนวนหลากหลายเส้น (Multiple Links) จนเกินไป ซึ่งกระบวนการกักเก็บข้อมูล (Information) นั้นจะถูกแสดงออกมาอยู่ในรูปทิศทาง (Direction) ของการส่งผ่านอิทธิพลผ่านทางตัวแปรอิสระ พร้อมกับบอกขนาดของระดับอิทธิพล (Influence) ในการส่งผ่านประกอบ

ภายในโครงข่าย PCPG จะมีจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ที่แน่นอน คือ  $3(N-2)$  สำหรับระบบที่มี  $N$  องค์ประกอบ แต่อย่างไรก็ตาม PCPG กลับกลายเป็นกระบวนการกลั่นกรองข้อมูลที่ค่อนข้างรุนแรงจากจำนวนปฏิสัมพันธ์เริ่มต้นในเมทริกซ์สหสัมพันธ์แยกส่วน (Original Partial Correlation Coefficients) ขนาด  $N \times (N-1) \times (N-2) / 2$  และเหลือเพียง  $3(N-2)$  ภายหลังจากการสร้างโครงข่ายเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวบรรยายถึงโครงสร้างหลักของระบบ และสะท้อนให้เห็นถึงคุณสมบัติของสหสัมพันธ์ (Correlation Properties) ที่เป็นตัวควบคุมโครงสร้างของระบบ แม้ว่าจะมีการลดลงของข้อมูล (Information) อย่างรุนแรงก็ตามที่ อันที่จริง

แล้ว PCPG เป็นวิธีในการสร้างโครงข่ายผ่านกระบวนการกลั่นกรองข้อมูล (Filtering) ที่รุนแรง ภายใต้เงื่อนไขการเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interactions) ระหว่างองค์ประกอบที่แตกต่างออกไปจากวิธีดั้งเดิม โดยที่กระบวนการดังกล่าวนี้จะเก็บข้อมูล (Information) ไว้ในตัวแทน  $3(N-2)$  จากค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations)

### 3.2.2.1.2 สร้างโครงข่ายต้นไม้ (Tree) ขึ้นภายใต้หลักทฤษฎีภูมิภาค

#### เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยวิธี Minimum Spanning Tree (MST)

ในงานศึกษานี้เลือกที่จะใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้กรอบเวลา (Rolling Window Analysis) Period ละ 1 ปี หรือ 250 วันทำการ ในการวิเคราะห์ โดยที่เริ่มจากการหาเมตริกซ์สหสัมพันธ์ภายในภูมิภาคดังกล่าว ซึ่งเป็นไปตาม สมการที่ 3.11

$$\rho(X, Y) = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & C_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{ji} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.11)$$

หลังจากนั้นจึงนำมาประมวลผลผ่านชุดคำสั่ง (Algorithm) ที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายแบบโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบ Minimum Spanning Tree (MST) ซึ่งถูกเขียนขึ้นเพิ่มเติมโดยโปรแกรม MATHEMATICA ซึ่งถูกเผยแพร่อยู่ในส่วนของข้อมูลเพิ่มเติม (Supporting Information) บน [www.fna.fi](http://www.fna.fi) พร้อมทั้งนี้ยังประมวลผลหาค่า Centrality Metrics อาทิเช่น Average Shortest Path และ Betweenness Centrality ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความเป็นศูนย์กลางภายในแบบโครงสร้างของโครงข่ายออกมาด้วย เพื่อที่จะได้นำมาตรวจสอบข้อเท็จจริงของระดับอิทธิพลของหุ้นต่างๆ และพลอตกราฟแสดงการวัดความเสี่ยงในช่วงกรอบเวลาระยะสั้น 63 วันทำการ หรือ 1 ไตรมาส โดยประมาณ ผ่านทางกระบวนการวิเคราะห์พลวัตของค่าสถิติภายในโครงข่าย (Dynamical Network Analysis) ภายใต้การวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ จะนำการวิเคราะห์โครงข่ายในกรอบเวลาระยะสั้น (Short Time Window) ในกรอบ 3 เดือน ผ่านข้อมูลรายวัน (Trading Days) มาทำการวิเคราะห์แนวโน้มของความเสี่ยงจากผลลัพธ์ที่ได้จากพลวัตดังกล่าว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ค่อนข้างที่จะทำให้ผลลัพธ์สม่ำเสมอ (Persistent) ตลอดช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ถึงแม้ว่าจากงานวิจัยในอดีตมักจะนิยามหาข้อเท็จจริงผ่านการวัดค่าเฉลี่ยของสหสัมพันธ์ (Average Raw Correlation) ภายในกลุ่มหุ้นต่างๆ โดยให้ความสนใจไปที่กรอบเวลา (Time Window) ระยะยาว ซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลา 200 ถึง 500 วัน เพื่อที่จะลดปัญหาความแปรปรวนทางสถิติ (Statistical Variation) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของเรานี้เลือกที่จะใช้ กรอบเวลา (Time Window) ในระยะสั้น 63 วันทำการ (1 ไตรมาส) เป็นกรอบเวลา (Time Window) โดยจากผลการศึกษาของ Kenett et al. (2002) พบว่าการใช้กรอบเวลาระยะสั้น (Short Time Windows) 63 วันทำการ (1 ไตรมาส) นั้นสามารถควบคุมผลกระทบจากปัญหาอันเนื่องมาจากความแปรปรวนได้เป็นอย่างดี พร้อมกับเป็นประโยชน์ต่อการอธิบายพลวัตของเหตุการณ์ในภูมิภาคดังกล่าว (Localized Event) ได้ดีกว่าการนำค่าสถิติรายปีมาวิเคราะห์ เนื่องจากการใช้กรอบเวลา (Time Window) ระยะยาว นั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ผลและตีความออกมาได้ดีและชัดเจนเท่ากับกรอบเวลา (Time Windows) ระยะสั้น นอกจากนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีวัดความเสี่ยงในรูปแบบต่าง ๆ นั้นค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และมีขนาดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สูง ดังนั้นการใช้กรอบระยะเวลา 63 (1 ไตรมาส) จึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง ที่จะทำให้เข้าถึงมุมมองความเสี่ยงในช่วงระยะเวลาใดๆ ได้ดีกว่าการใช้กรอบเวลาระยะยาว

### 3.2.2.2 วัดความเสี่ยง Systemic Risk ของตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงผ่าน 3 มุมมอง ซึ่งได้แก่ ความแข็งแกร่งของโครงสร้างโครงข่าย (Robustness), สถานะลุกลามภายในโครงข่าย (Contagion) และความยืดหยุ่นในการปรับตัวของโครงข่าย (Resilience)

#### 3.2.2.2.1 วิเคราะห์ความแข็งแกร่งของโครงสร้างโครงข่าย (Robustness)

เริ่มแรกจะอธิบายก่อนว่า Robustness นั้น คือ ความสามารถของโครงข่ายที่จะดำเนินฟังก์ชันการทำงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าเมื่อใดก็ตาม จะมี Nodes หรือ Edges ใดๆ ถูกกำจัดออกจากระบบไปก็ตาม

ประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในเรื่อง Robustness ก็คือการนำความรู้ความเข้าใจทางด้านสาขา Network Science มาประยุกต์ใช้ โดยทำการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของระดับความเชื่อมโยงในแต่ละ Node (Degree Distribution) ซึ่งในงานวรรณกรรมปริทัศน์ต่างๆ

พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของ Degree ที่มีรูปแบบเป็น Right-skewed Heavy Tail หรือ Fat Tail นั้นจะทำให้โครงข่ายดังกล่าวมีลักษณะเป็นไปตามโครงสร้างแบบ Scale-free หรือ Power-law Distribution นั่นเอง โดยที่ภายในโครงข่ายเหล่านั้น Node ส่วนใหญ่จะมีระดับ Degree ที่ต่ำ ในขณะที่ Node ส่วนน้อยนั้นจะมีระดับ Degree ที่สูง ในขณะที่ช่วงการกระจายตัวของ Degree ที่มีช่วงการกระจายตัวที่หลากหลายกว่า มักจะพบอยู่ภายในโครงข่ายที่มีรูปแบบการกระจายตัวแบบปกติเท่านั้น ได้แก่ Social System และ Natural System เป็นต้น อย่างไรก็ตามโครงข่ายที่พบว่ามี การกระจายตัวในรูปแบบ Scale-free Networks นั้นมักพบอยู่ในโครงข่ายทางการเงิน (Financial Networks) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำโครงข่ายของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก มา ทำการศึกษา รูปแบบการกระจายตัวของระดับความเชื่อมโยงในแต่ละ Node (Degree Distribution) เพื่อพิจารณาโครงสร้างและคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรง ซึ่งภายใต้กรอบการศึกษาในงานวิจัยนี้ จะตรวจสอบว่า การกระจายตัวในรูปแบบ ความถี่ของจำนวน Degree และขนาด Degree เป็นไปตาม ลักษณะการกระจายตัวแบบ Scale-free Structure หรือ Power-law Distribution ดังแสดงในภาพที่ 4.1 หรือสอดคล้องตามสมการที่ 3.12 ซึ่งแสดงรูปแบบการกระจายตัวแบบ Power-law Distribution หรือไม่

$$p(x) = Cx^{-\alpha} \quad \text{สำหรับ } x \geq x_{\min} \quad (3.12)$$

กำหนดให้  $C$  เป็นค่าคงที่ใดๆ และ  $\alpha$  เป็นระดับ Degree ของ Power Law ซึ่งในรูปแบบ Real Graph นั้นจะมีค่า  $\alpha$  อยู่ในช่วง  $2 < \alpha < 3$  ในขณะที่  $x$  แทนด้วยระดับ Degree ของการเชื่อมต่อ (จำนวน Link ที่เชื่อมต่อกับ Node ใดๆ) และ  $p(x)$  แทนความน่าจะเป็นของระดับกระจายตัวของ Degree ภายในโครงข่าย

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการแปลงสมการให้อยู่ในรูป log-log Plot แล้วจะได้สมการดังต่อไปนี้

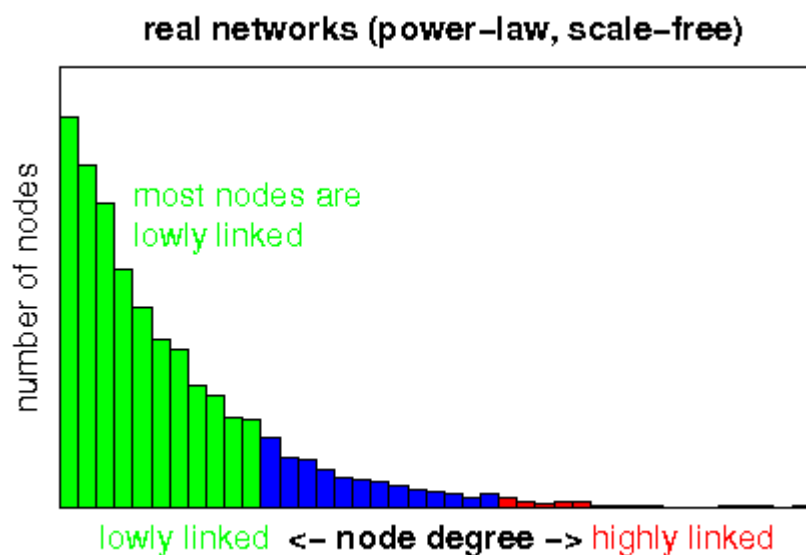
$$\ln p(x) = \ln C - \alpha \ln x \quad (3.13)$$



โดยสมการที่ได้นั้นมีลักษณะคล้ายกับสมการเชิงเส้น ในรูป  $y = ax + b$  ภายหลังจากปรับสมการที่ 3.12

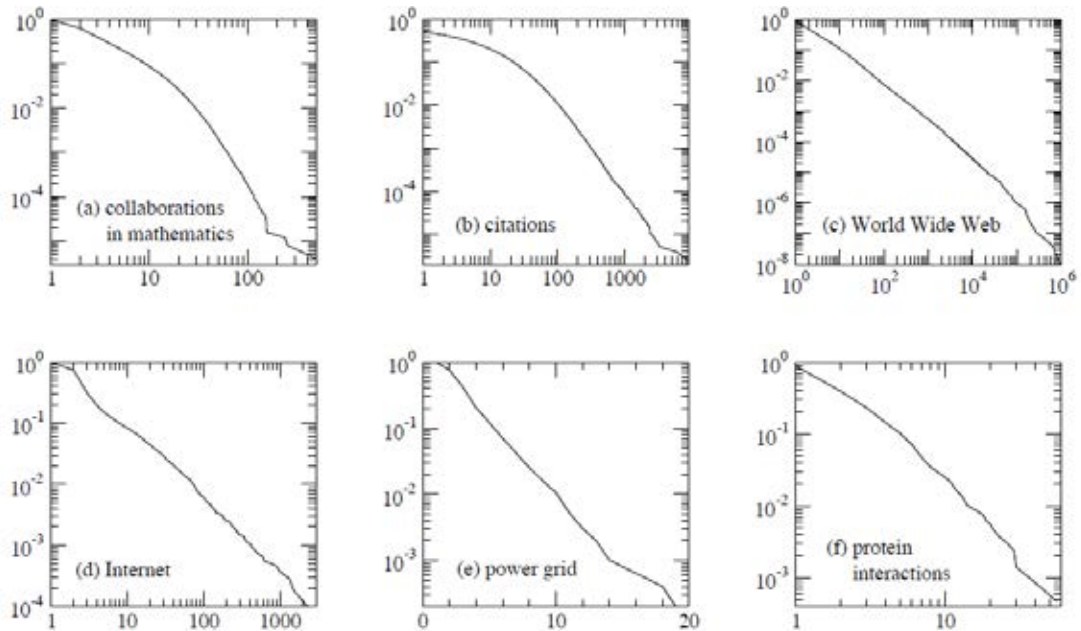
นอกจากนี้ยังสามารถทำการทดสอบผ่านรูปแบบการกระจายตัวของ Degree ณ ระดับ Alpha ที่แตกต่างกัน (ในหน่วย Log Scale) ดังแสดงในสมการที่ 3.13 ซึ่งถ้าโครงข่ายที่ทำการศึกษาให้ผลการพลอตอยู่ในลักษณะเป็นเส้นตรง ดังแสดงในภาพที่ 3.2 นั่นก็จะทำให้โครงข่ายดังกล่าวมีลักษณะเป็นโครงข่ายแบบ Small World Network

ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวในรูปแบบ Power-law Distribution (แกน Y แทนด้วยจำนวน Degree และแกน X แทนด้วย Degree)



ที่มา: [http://www.networkscience.org/powerlaw\\_scalefree\\_node\\_degree\\_distribution.html](http://www.networkscience.org/powerlaw_scalefree_node_degree_distribution.html)

ภาพที่ 3.2 แสดงการกระจายตัวของ Degree สะสม ในโครงข่ายที่แตกต่างกัน ระหว่าง degree  $k$  กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution)



ที่มา: <http://economics.mit.edu/files/4624>

โดยภายในโครงข่ายแบบ Scale-free Networks นั้น จะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็งแกร่งต่อ Random Disruptions หรือ Random Shock ออกมา เพราะว่า Node ส่วนใหญ่นั้น จะมีระดับ Degree ที่ต่ำ ในขณะที่ Node ส่วนน้อยนั้นจะมีระดับ Degree ที่สูง และเมื่อใดก็ตามที่เราทำการแยก Node ใดๆ ออกไปจากโครงข่ายในรูปแบบสุ่ม ก็จะมีแนวโน้มอย่างมากที่จะสุ่มมาเจอ Node ที่มี Degree ต่ำๆ แทนที่จะเป็น Node ที่มีระดับ Degree สูงๆ แต่อย่างไรก็ตาม โครงข่าย Scale-free Networks อาจจะถูกสั่นไหวที่เผชิญกับความอ่อนแอ ต่อการเกิด Shock แบบเฉพาะเจาะจง หรืออาจทำให้ฟังก์ชันในระบบเกิดการหยุดชะงัก จนส่งผลกระทบต่อ Node ที่มีระดับ Degree อยู่ในระดับสูง ซึ่ง Node ที่มี Degree สูงๆ นั้นเปรียบเสมือนเป็นศูนย์กลางของโครงข่ายนั่นเอง

รูปแบบการกระจายตัวแบบ Power Law Distribution ที่ได้จากการศึกษา ดังแสดงให้เห็นภายใน ภาพที่ 4.1 เป็นตัวสะท้อนให้เห็นว่า โครงสร้างภายในโครงข่ายมีความแข็งแกร่ง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีความเปราะบางแฝงอยู่ (Robust yet Fragile) ภายในโครงข่าย จึงทำให้พิจารณาได้ว่าระดับ

ความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคดังกล่าว อาจเป็นไปได้ทั้งตัวดูด Shock (Shock Absorbers) อันเนื่องมาจากมีความแข็งแรงของโครงสร้าง และอาจเป็นตัวขยาย Shock (Shock Amplifiers) ที่เกิดขึ้นจากความเปราะบางที่แฝงอยู่ภายใน Node ที่มี Degree สูงๆ หรือมีจุดพลิกผัน (Tipping Point) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแยกทั้ง 2 Regime ดังกล่าวออกจากกัน เรียกคุณสมบัติของโครงข่ายดังกล่าวว่า Small-world Network

ในขณะที่โครงข่ายที่พบว่ามีกระจายตัวในรูปแบบ Scale-free Networks นั้นมักพบอยู่ในโครงข่ายทางการเงิน (Financial Networks) อันที่จริงแล้ว กระบวนการควบคุมความแข็งแรง (Robustness) ของโครงสร้างภายในโครงข่ายนั้น ได้รับอิทธิพลอย่างมากมาจากกระบวนการควบคุมระดับ Betweenness Centrality และ Closeness Centrality ในขณะที่ระดับความสำคัญ และความเป็นศูนย์กลางของระบบสามารถพิจารณาได้จากระดับ Betweenness Centrality, Closeness Centrality และ Eigenvector Centrality ซึ่งมีนิยามดังต่อไปนี้

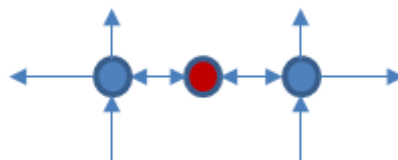
### **Betweenness Centrality**

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาจะเห็นว่าศาสตร์ทางด้าน Network เริ่มที่จะได้รับความสนใจจากนักเศรษฐศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งในงานวิจัยของเราก็ได้สังเกตเห็นความสำคัญและนำศาสตร์ดังกล่าวมาประยุกต์กับโครงข่ายของตลาดทุน โดยเฉพาะการวัดระดับความเป็นศูนย์กลางของระบบ (Centrality) ซึ่งหนึ่งในวิธีดังกล่าวก็คือการวัดระดับ Betweenness Centrality ที่มักนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาภายในมุมมองโครงข่ายที่ซับซ้อน (Complex Networks) ไม่ว่าจะเป็นโครงข่ายทางชีวภาพ, Social Networks, การขนส่ง และโครงข่ายทางการเงิน เป็นต้น

Betweenness Centrality เป็นมาตรที่ใช้ในการวัดระดับความเป็นศูนย์กลางขององค์ประกอบ (Centrality) ภายในโครงข่าย ซึ่งนิยามของ Betweenness Centrality คือ จำนวนครั้งของ Directed Shortest Paths ซึ่งเป็นเส้นทางในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในทุกๆ คู่ ของ Node ที่เคลื่อนที่ผ่าน Node ดังกล่าวไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือภายในโครงข่าย หรือถูกพิจารณาให้อยู่ในฐานะที่เป็น สะพานในการเชื่อมโยงระหว่างสอง Node ใดๆ ในรูปแบบ Shortest Path ดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยที่ Node ใด ยิ่งมีค่า Betweenness Centrality มาก จะทำให้ Node ดังกล่าวนั้นมีความสำคัญต่อระบบมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำการวัดระดับ Betweenness

Centrality มาพิจารณาระดับความความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคใดๆ ร่วมกับการพิจารณา ค่า Closeness Centrality และ Degree ในการเชื่อมโยง

### ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่าง Betweenness



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในแง่ของการใช้ประโยชน์นั้น Betweenness Centrality และ Closeness Centrality สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกว่าการวัดเพียงแค่ค่า Connectivity โดยมีประโยชน์ทั้งในแง่การวัดระดับข้อมูลที่ส่งผ่านใน Node ต่างๆ และความสำคัญของตัว Node ดังกล่าวเอง ซึ่งในส่วนของ Betweenness Centrality และ Closeness Centrality นั้นสามารถที่จะนำมาวัดผลกระทบโดยรวม (Global Effect) ที่เกิดขึ้นกับโครงข่ายได้ แทนที่จะสามารถวัดผลกระทบได้แค่เพียงระดับอนุภูมิภาคภายในโครงข่าย (Local Effect) เหมือนดังเช่นค่า Connectivity

โครงข่ายที่มี Betweenness Centrality อยู่ในระดับสูงนั้น โดยส่วนมากแล้วจะพบอยู่เพียงไม่กี่ Node ภายในโครงข่าย ซึ่งยิ่งค่าดังกล่าวมีค่าสูง ยิ่งบ่งบอกว่า Node นั้นมีบทบาทอย่างมากภายในโครงข่าย โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งสาร หรือข้อมูลกับ Node ต่างๆ หรือบ่งบอกถึงความสามารถในการยกระดับขึ้น เป็นศูนย์กลางภายในภูมิภาคนั่นเอง ในทางตรงกันข้าม ถ้าพบว่าค่า Betweenness Centrality อยู่ในระดับต่ำ มีอยู่เพียงไม่กี่ Node ก็เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่า ในทุกๆ Node นั้นมีระดับความสำคัญภายในโครงข่ายเท่าๆกัน หรือ มีเส้นทาง Shortest Paths ที่หลากหลายออกไป ภายในส่วนต่างๆของโครงข่าย ดังนั้นค่า Betweenness Centrality ภายในโครงข่าย จึงเป็นตัวแทน (Proxy) ที่สำคัญในการบ่งชี้ว่า ภายในโครงข่ายดังกล่าวมีความแข็งแรงเพียงใด ต่อ Shock แบบสุ่ม (Random Vertex or Edge Removals) ในขณะที่ภายในโครงข่ายแบบ Small World Network นั้นการกำจัด Node หรือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Edge) ที่มีระดับ Betweenness Centrality สูงออกไปนั้น หมายความว่า การส่งสารในแต่ละคู่ของ Node ภายในโครงข่าย ถูกตัดขาดออกจาก

กัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อโครงข่าย เนื่องจากในแต่ละ Node ต้องปรับเปลี่ยนไปใช้ช่องทางในการส่งสาร (Information) ทางอื่น ที่มีระยะทางการส่งสารที่ยาวขึ้นกว่าเดิม ในขณะที่ภายในโครงข่ายที่มีฐานนิยมของระดับ Betweenness Centralities ของ Node ต่างๆ อยู่ในระดับต่ำนั้น กลับมีความอ่อนไหวอย่างมาก ต่อการเกิด Shock แบบสุ่ม (Random Vertex or Edge Removals)

Betweenness Centrality ของ Node หรือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Edge) ใด ภายในโครงข่ายที่ไม่สามารถที่จะเป็นตัวกลางส่งข้อมูล (Information) ต่างๆ หรือไม่สามารถยกระดับขึ้นเป็นศูนย์กลางภายในโครงข่ายได้ จะทำให้ Node หรือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Edge) ดังกล่าวนั้นเกิดการส่งผ่านความผันผวนระหว่างกันขึ้น อย่างไรก็ตามภายในโครงข่ายใดๆ ที่มีระดับ Betweenness Centrality ใกล้เคียงกันในแต่ละ Node เป็นส่วนมาก และจำนวน Node ที่มีระดับ Betweenness Centrality สูง เป็นเพียงส่วนน้อยนั้น พบว่า ระดับความผันผวนของเส้นทาง ระหว่าง Node หรือเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Edge) ต่างๆ ภายในโครงข่ายดังกล่าว ยังอยู่ในระดับสูงชัน หรือมีความเปราะบางมากกว่า Low Degree Node นั้นเอง จึงเป็นตัวเผยให้เห็นถึงความอ่อนแอต่อการโจมตีแบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attacks) เนื่องจาก เมื่อใดก็ตามที่ Node ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางภายในโครงข่าย นั้นถูกกำจัดออกไป จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของฟังก์ชันภายในระบบ สรุปก็คือยิ่งจำนวน Betweenness Centrality ที่มีค่าสูงมีจำนวนน้อย ยิ่งมีความแข็งแรง (Robust) ต่อ Shock แบบสุ่มมาก แต่จะมีความเปราะบางต่อการโจมตีแบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attacks) โดยตามธรรมชาติของค่า Betweenness Centrality นั้นมักมีความสัมพันธ์กับค่า Average Shortest Path Length

### **Closeness Centrality**

Closeness Centrality ใช้ในการบ่งบอกความสำคัญ ในฐานะที่เป็นศูนย์กลางภายในโครงข่ายดังกล่าวนี้ ซึ่ง Node ใด ยังมีระยะทางสั้นที่สุด ในการเชื่อมโยงไปยังทุกๆ Node ที่เหลือภายในโครงข่าย ยิ่งบ่งบอกได้ถึงความสำคัญของ Node นั้น ผ่านระดับความใกล้ชิดกันภายในโครงข่าย (Closeness) โดยที่สามารถพิจารณาได้จากค่า Average Shortest Path ดังแสดงในสมการที่ 3.14 ซึ่งเป็น ค่าเฉลี่ยเส้นทางที่สั้นที่สุดของ Node ใดๆ ในการเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งโครงข่าย หรือ

กล่าวคือเป็น ค่าเฉลี่ยของความยาวของเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก Node ใดๆ ไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ ภายในโครงข่าย ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่าง Closeness



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

โดยที่ สมการ Average Shortest Path มีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$ASP = \frac{1}{n(n-1)} \sum_i \sum_j d_{ij} \quad (3.14)$$

โดย  $d_{ij}$  เป็น Shortest path ภายในโครงข่ายสำหรับ Node  $i$  ใดๆ ไปยัง Node ที่เหลือ  $j$  และ  $n$  แทนจำนวนของ Node ภายในโครงข่าย

โดยที่ Node ใด มีค่า Average Shortest Path ต่ำ จะยิ่งทำให้ Node นั้นมีความสำคัญ หรือเข้าใกล้ระดับความเป็นศูนย์กลางของระบบมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ค่า Closeness ยังสามารถนำมาใช้เป็นมาตรในการวัดอัตราเร็วที่ Node ใดๆ จะสามารถแพร่กระจายข้อมูล จาก Node หนึ่ง ไปสู่ Node อื่นๆ ที่เหลือภายในโครงข่าย

อันที่จริงแล้ว Average Shortest Path เป็นมาตรวัดระยะทางในการเคลื่อนที่ไปยัง Distributed Network ภายใต้อำนาจที่โครงข่ายมีความเชื่อมโยงกันในแต่ละ Node นั้น ค่า Average Shortest Path จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ก็ต่อเมื่อโครงข่ายใดๆ กำลังเผชิญกับการหยุดชะงักขึ้น (Disruptions) ภายในโครงข่าย อันเนื่องมาจาก Links หรือ Nodes ใดๆ ถูกกลบออก หรือหายไปจากโครงข่าย โดยที่ในสภาวะปกติ Node ใดๆ หรือความเชื่อมโยงต่างๆ เหล่านี้ จะถูกสร้างตัวขึ้นในรูปแบบ Shortest Path ภายในโครงข่ายได้ ก่อนที่จะเกิดการหยุดชะงัก (Disruptions) ขึ้นจนทำให้ Shortest Path มีระยะที่ยาวขึ้นกว่าเดิม อันเนื่องมาจากการที่ Nodes หรือ Links ต่างๆ เหล่านี้ถูก

กำจัดออกไปจากโครงข่าย อย่างไรก็ตามถ้าฟังก์ชันการทำงานของโครงข่ายดังกล่าวหยุดชะงักอย่างรุนแรงหรือเกิดการแตกแยก (Fragmented) แล้ว จะทำให้ Shortest Paths ระหว่าง Node ใดๆ ที่ถูกแยกออกไปจากโครงข่าย (Fragmented Nodes) และ Node ที่เหลืออื่นๆ มีค่าเข้าสู่ Infinity จนทำให้ค่า Average Shortest Path มีค่าเข้าสู่ Infinity ด้วยเช่นเดียวกัน จึงทำให้การจำลองโครงข่ายทางการเงินภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สามารถนำค่า Average Shortest Path มาพิจารณาว่าโครงข่ายดังกล่าวเกิดการแตกหัก (Fragment) หรือฟังก์ชันการทำงานของตลาดหุ้น นั้นหยุดชะงักแล้วหรือไม่

นอกจากนี้ยังสามารถนำค่า Centrality Metric ในรูปแบบการวัด Closeness Centrality มาวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เช่นเดียวกัน โดยนำมาพิจารณาในแง่ของความแข็งแกร่งของโครงข่ายทางการเงิน ผ่านทางค่าเฉลี่ยของ Average Shortest Path ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ค่าเฉลี่ย Average Shortest Path ทะยานขึ้นอย่างรุนแรง นั้นจะเป็นช่วงที่ High Degree Nodes กำลังเผชิญกับ Targeted Shock ที่เกิดขึ้น จนทำให้ Node ดังกล่าวเกิดความอ่อนแอ และเป็นบ่อเกิดของการขยายผลกระทบจาก Shock (Amplifier Shock) ขึ้นในที่สุด นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ Node ต่างๆ ต้องเคลื่อนที่ในระยะทางที่ยาวขึ้น เพื่อที่จะเคลื่อนที่ผ่านไปยัง Node ในอื่นๆ ภายในโครงข่าย พร้อมกันนี้ยังได้ทำการพิจารณาความอ่อนแอที่เกิดขึ้นภายใน Small World Network ต่อการถูกโจมตีโดย Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack)

### คุณสมบัติของ Small-world Networks

Small-world Networks เป็นโครงข่ายที่ประกอบไปด้วยกลุ่มย่อยภายในโครงข่าย (Cliques) และส่วนที่เหลือที่อยู่รอบกลุ่มย่อยภายในโครงข่าย โดยส่วนใหญ่แล้ว ภายในโครงข่ายเหล่านี้กลุ่มย่อยภายในโครงข่าย (Cliques) มักจะให้ค่า Clustering Coefficient อยู่ในระดับที่สูงมาก ซึ่งบ่งบอกถึงระดับการจับกลุ่มกันตั้งแต่ 3 องค์ประกอบขึ้นไป นอกจากนี้ในแต่ละคู่ความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่าง Node จะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งเส้นทางในการเชื่อมโยง ที่ให้ระยะทางในการเชื่อมโยงที่สั้น (Short Path) ที่สุด ดังนั้นในโครงข่ายในรูปแบบดังกล่าว จึงมีคุณสมบัติที่ทำให้ค่า Mean-Shortest Path Length อยู่ในระดับที่ต่ำ และองค์ประกอบภายในโครงข่ายที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับสูง (High Degree Nodes) หรือ Hubs เหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงเส้นทางในการเคลื่อนที่ในรูปแบบ Short Path Lengths ซึ่งเปรียบ High Degree Nodes เสมือนศูนย์กลางใน

การลงทุนภายในภูมิภาค ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำคุณสมบัติของ Mean-Shortest Path Length ภายใน Small-world Networks มาพิจารณาระดับความแข็งแกร่ง และอ่อนแอต่อ Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack) ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก โดยพิจารณาว่าระดับ Mean-shortest Path Length เกิดการเปลี่ยนแปลงจากระดับ Mean-shortest Path Length ต่ำ ไปสู่ระดับ Mean-shortest Path Length สูง ในช่วงเวลาใด ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าโครงสร้างภายในระบบได้เปลี่ยนจากแข็งแกร่งแต่เปราะบาง (Robust yet Fragile) ไปสู่สภาวะเปราะบาง และถูกโจมตีด้วย Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack) ภายในตลาดหุ้นใดๆ ที่มีระดับความเป็นศูนย์กลางภายใน โครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก หรือระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับสูง

### การวิเคราะห์ความแข็งแกร่ง (Robustness) ภายในโครงข่าย Small World Network

เมื่อพิจารณา Shock แบบสุ่ม ภายในโครงข่าย Small World Network ซึ่งมีรูปแบบการกระจายตัวของ Degree แบบ Power law นั้นพบว่าโอกาสที่จะกำจัด Random Node ออกไปในรูปแบบสุ่ม จนเป็นสาเหตุทำให้ Mean-shortest Path Length นั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นั้นเป็นไปได้ เนื่องจากว่า ภายใต้รูปแบบการกระจายแบบ Power law นั้นจะพบว่าจำนวนของ High-degree นั้นน้อยกว่า Low-degree ซึ่งในที่นี่กำหนดให้ High-degree เป็นเสมือนศูนย์กลาง (Hub) โดยที่ Low-degree นั้นวางตัวอยู่รอบนอกโครงข่าย (Peripheral Nodes) ซึ่งเมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นต่อการเกิด Shock แบบสุ่มแล้ว จะพบว่าความน่าจะเป็นที่ Node ดังกล่าว ซึ่งมี High-degree จะถูกกำจัดออกป็นก่อนข้างที่จะน้อยกว่า Node ที่มี Low-degree

เพื่อที่จะให้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น จะยกตัวอย่างของสนามบิน เป็นตัวอย่าง เมื่อพิจารณาถึงระดับของสนามบิน จะแบ่งสนามบินได้ออกเป็นสองประเภท ซึ่งได้แก่สนามบินที่อยู่ในเมืองใหญ่ (Hub) และสนามบินที่อยู่ในเมืองเล็ก (Peripheral Nodes) เมื่อใดก็ตามที่สนามบินแห่งใดแห่งหนึ่ง ถูกปิด จะพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นจะไม่เท่ากัน โดยเมื่อกำหนดให้ผู้โดยสารมีความต้องการเดินทางไปยังรัฐต่างๆ ที่มีสนามบินตั้งอยู่ ถ้าสนามบินเล็กถูกปิดจำนวนเที่ยวบินโดยเฉลี่ย (Average Number of Flights) ที่ผู้โดยสารจะต้องเดินทางไปเที่ยวยังภูมิภาคต่างๆนั้น จะไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ในขณะที่เมื่อทำการสุ่มให้สนามบินใหญ่ถูกปิดไปโดยบังเอิญ (Random deletion) นั้นจะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามถ้าสนามบินใหญ่ถูกโจมตีโดย Shock แบบเฉพาะเจาะจง จะทำให้



ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากกว่าในสนามบินเล็ก เนื่องจากจะทำให้ระดับ Average Path Length นั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะสังเกตได้ว่าเมื่อสนามบินใหญ่ถูกปิดลงด้วยเหตุโดยบังเอิญ เช่น เกิดพายุหิมะ หรือภัยพิบัติอื่นๆ เป็นต้น จะส่งผลกระทบทำให้ผู้โดยสารจำนวนมากต้องเพิ่มจำนวนเที่ยวบินในการเดินทาง เพื่อไปยังที่หมาย (Additional Flights) หลายเที่ยวยิ่งขึ้น

ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นโครงข่ายแบบ Random Network จะพบว่าทุกๆ Node นั้นมีจำนวนในการเกิดเชื่อมโยง (Connection) เท่าๆกันโดยประมาณ ซึ่งเมื่อทำการกำจัด Random Node ออกไปแล้วดูเหมือนว่าค่า Mean-shortest Path Length นั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่ค่อนข้างที่จะมีนัยสำคัญต่อทุกๆ Node ที่ถูกกำจัด จึงทำให้โครงข่ายแบบ Random Network นั้นมีความอ่อนแอต่อการรบกวน โดย Shock แบบสุ่ม ในขณะที่ในโครงข่าย Small World Network นั้นค่อนข้างที่จะมีความแข็งแกร่ง (Robustness) ภายในโครงสร้างของโครงข่าย แต่อย่างไรก็ตาม Small World Network กลับมีความอ่อนแอต่อการถูกโจมตีโดย Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack) ที่เข้ามาสู่ Node ที่มีความสำคัญ (Hub) ในทางตรงกันข้ามภายใน Random Network ที่ถูกโจมตีโดย Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack) นั้นกลับไม่สร้างความเสียหายอย่างรุนแรงให้กลับระบบได้แต่อย่างใด จึงอาจสรุปได้ว่าโครงข่ายแบบ Small World Network นั้นมีความแข็งแกร่งแต่เปราะบางซ่อนอยู่ภายในโครงข่าย (Robust yet Fragile) (Watts and Strogatz, 1998; Barabás, 2002)

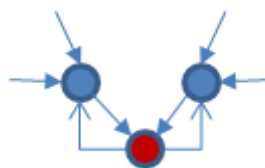
ในแง่ของการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ค่าเฉลี่ยของ Mean Shortest Path ก็เช่นเดียวกันจะทำการสังเกตว่า ช่วงเวลาใดที่ค่าเฉลี่ย Mean Shortest Path ทะยานขึ้นสู่ระดับสูงอย่างรุนแรง ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ว่าเป็นช่วงที่ตลาดหุ้นที่มีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง (High Degree Nodes) ต้องเผชิญกับ Shock ที่เกิดขึ้นภายในตลาดหุ้นดังกล่าวเอง เช่นการประกาศใช้มาตรการหยุดซื้อขายชั่วคราว (Circuit Breaker) อันเนื่องมาจากเกิดความหวาดวิตก (Panic) ของนักลงทุนในตลาด ซึ่งทำให้ดัชนีหุ้นภายในตลาดหุ้นดังกล่าวร่วงลงหนักเกินเกณฑ์ที่กำหนด หรืออาจเป็นช่วงที่ฟังก์ชันการทำงานภายในตลาดดังกล่าวหยุดชะงักจนทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับความเชื่อมโยงภายในโครงข่ายการเงิน และส่งผลทำให้ตลาดหุ้น (Node) อื่นๆ ภายในโครงข่ายต้องเคลื่อนที่ในระยะทางที่ยาวขึ้น เพื่อที่จะทำการเคลื่อนที่ผ่านไปยังทุกๆ (Node) ภายในโครงข่าย ภายใต้รูปแบบการ Walk แบบ Shortest Path ในทฤษฎีกราฟ หรือกล่าวคือ

เมื่อใดก็ตามที่ระดับ Mean Shortest Path ปรับตัวสูงขึ้นนั้น อาจเป็นไปได้ว่าตลาดหุ้นที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูงนั้น ถูกโจมตีด้วย Shock แบบเฉพาะเจาะจง (Targeted Attack) จึงทำให้ค่าดังกล่าวปรับตัวขึ้นอย่างรุนแรงจากระดับปกติ หรือตลาดหุ้นที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูงนั้น (High Degree Nodes) ได้เปลี่ยนสถานะไปเป็นตัวขยาย Shock (Shock Amplifiers) ที่เกิดขึ้นจากความเปราะบางซึ่งแฝงอยู่ภายในระบบอย่างเต็มตัวแล้ว

### Eigenvector Centrality

Eigenvector Centrality ของ Node ใดๆ คือ ปริมาณเวลาที่ถูกคาดว่าจะสูญเสียชีวิตไปในช่วงเวลาที่เคลื่อนที่ผ่าน Node ดังกล่าวนั้น ใน Infinite Random Walk ตลอดทั่วทั้งโครงข่าย อย่างไรก็ตาม Eigenvector Centrality จะถูกคำนวณขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อโครงข่ายนั้นๆมีระดับการเชื่อมโยงกันแบบ Strongly Connected Component ซึ่งค่าดังกล่าวนิยมนำมาใช้ในการวัดระดับอิทธิพลของ Node ภายในโครงข่าย โดยที่ Node ใด ที่ให้ค่า Eigenvector Centrality มากแสดงว่า Node นั้นมีความสำคัญต่อระบบอย่างมาก ดังแสดงในภาพที่ 3.5 อย่างไรก็ตาม Eigenvector Centrality มีข้อดีน้อยกว่าค่า CheiRank อยู่ตรงที่ค่า CheiRank นั้นสามารถนำมาคำนวณหาค่าได้ โดยที่ไม่ต้องมีเงื่อนไขเลยว่าแต่ละ Node ในโครงข่ายต้องมีลักษณะแบบ Strongly Connected Components ดังเช่น Eigenvector Centrality อีกทั้งค่า CheiRank ยังสามารถนำมาพิจารณาว่า Node ใด ภายในภูมิภาคที่มีความสำคัญต่อโครงข่าย ได้เช่นเดียวกันกับ Eigenvector Centrality ดังจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

### ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่าง Eigenvector Centrality



ที่มา: [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

### 3.2.2.2.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion)

การนำค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด มาวิเคราะห์โครงสร้างภายในโครงข่ายทางการเงิน ทำให้เราสามารถ ที่จะเข้าถึงต้นกำเนิดขององค์ประกอบที่ติดเชื่อได้ง่ายขึ้น ผ่านทางองค์ประกอบหลักที่ขับเคลื่อนระบบ ภายใต้ สภาวะ Contagion ที่เกิดขึ้นในโครงข่าย ซึ่งกลไกดังกล่าวมาสามารถ นำมาพิจารณาใช้เป็นกระบวนการวัดสภาวะลูกกลมของวิกฤต (Contagion) ร่วมกับศาสตร์ทางด้าน Network Topologies โดยภายในงานวิจัยนี้เลือกที่จะนำ Correlation มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา ร่วมกับการสร้างโครงข่ายในตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาค เพื่อใช้วิเคราะห์การขาดความสมดุลที่เกิดขึ้นภายในโครงข่าย และปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม (Contagion) โดยที่สามารถ วิเคราะห์สภาวะลูกกลม (Contagion) ผ่านมาตรวัด ดังต่อไปนี้

1. Index Cohesive Force 2. Chei Rank และ Page Rank

#### 1. Index Cohesive Force

มีหลายครั้งที่ พลวัตของสภาวะตลาด (Dynamical State) นั้น ไม่สามารถพิจารณาได้จาก แนวโน้มดัชนี (Index Trend) ที่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงเพียงอย่างเดียว ดังจะสังเกตได้ ในงานวิจัยของ Kenett et al. (2002) ซึ่งได้ทำการศึกษาผ่านพลวัตของตลาด โดยพบว่ามีหลายช่วงเวลาที่เกิด สภาวะตึงตัว (Stiff State) ขึ้นภายในตลาดแล้ว แต่แนวโน้มของดัชนี (Index trend) กลับผันผวนไป มาในหลากหลายทิศทาง จนไม่สามารถบ่งบอกสภาวะตลาดที่สอดคล้องกับความเป็นจริงได้ เพราะฉะนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกที่จะใช้ ICF เป็นตัววัดระดับความเสี่ยง (System-level Parameter) แทน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ ความเสี่ยง ต่อพลวัตของสภาวะตลาด (Dynamical State) ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงเสถียรภาพ (Stability) ของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการติดตาม และตรวจสอบสภาวะ ตลาดได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิกฤตการณ์ทางการเงิน ในช่วงปี ค.ศ. 1990–2012 ผ่านทางการวัด และประเมินผลลัพธ์ จากพลวัตของตลาดหุ้น ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากสมาชิก 10 ประเทศ ผ่านวิธีการวัด และสังเกตสภาวะความเสี่ยงต่อการล่มสลายของระบบ (Systemic Collapses) ด้วย

ดัชนี ICF ภายใต้ตัวกลางที่กำหนด ในที่นี้เลือกที่จะใช้ดัชนี DJIA (Dow Jones Industrial Average) เป็นตัวกลาง โดยที่ ICF นั้นเป็นส่วนหนึ่งของ ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ของหุ้น ต่อ ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์แยกส่วน นอกจากนี้ยังสามารถนำการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ ผ่านทางค่า Eigenvalue Entropy ที่ได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Stock Correlation Matrices) มาเป็นเครื่องมือประกอบการพิจารณาความเสี่ยงได้อีกด้วย

บทบาทฟังก์ชันของตัวกลางดัชนีหุ้น DJIA เป็นเสมือนตัวกลางขับเคลื่อนระบบภายในภูมิภาค หรือมีแรงดึงยึดติดระหว่างดัชนีหุ้นต่างๆ (Cohesive Force between Stocks) เหล่านี้ กล่าวคือ การที่สหสัมพันธ์ระหว่างตลาดต่างๆ มีค่ามากอาจเป็นผลอันเนื่องมาจาก ดัชนีหุ้นแต่ละตัวนั้นมีสหสัมพันธ์ที่แข็งแรง (Strong Correlation) กับ ตัวกลางที่เป็นตัวขับเคลื่อนตลาดนั้น ซึ่งเปรียบตัวกลางนั้นดังกาวที่เป็นเสมือนตัวกลางที่ทำให้หน้าที่ยึดติดกับองค์ประกอบอื่นๆ ภายในระบบ หรืออิทธิพลของตัวกลาง DJIA ที่โดดเด่นนั้นส่งผลต่อสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มดัชนีหุ้น ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (Adhesive Effect) มากกว่าอิทธิพลจากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวโดยตรง โดยส่วนใหญ่จะพบว่าเมื่อใช้ตัวแปรดัชนี DJIA เป็นตัวกลางแล้ว จะทำให้โครงข่ายนั้นมี Cohesive Effect มากกว่า ตัวกลางดัชนีอื่นๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากอนุกรมเวลาของดัชนี Index Cohesive Force ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก โดยที่แทนตัวกลาง  $m$  ด้วยดัชนี DJIA ในขณะที่เดียวกันก็จะทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายความเสี่ยง Systemic Risk ระหว่างตัวกลางดัชนี DJIA และดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกทั้งภูมิภาค ดังสมการที่ 3.17 ว่าตัวกลางใดมีอิทธิพลโดดเด่นกว่ากันในแต่ละช่วงเวลา โดยที่เริ่มจากการหาค่าสหสัมพันธ์ และค่าสหสัมพันธ์แยกส่วน ดังสมการที่ 3.15-3.16

$$\rho_{ij}(\tau) = \frac{\langle r_i r_j \rangle - \langle r_i \rangle \langle r_j \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^2 \rangle - \langle r_i \rangle^2)(\langle r_j^2 \rangle - \langle r_j \rangle^2)}} \quad (3.15)$$

$$\rho(i, j; m) = \frac{\rho(i, j) - \rho(i, m)\rho(j, m)}{\sqrt{[1 - \rho^2(i, m)][1 - \rho^2(j, m)]}} \quad (3.16)$$

เพื่อที่จะนำค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ย และค่าสหสัมพันธ์แยกส่วนเฉลี่ย มาวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ผ่านดัชนี ICF (Index Cohesive Force) ดังสมการที่ 3.17

$$ICF(\tau) = \frac{\langle \rho(i,j) \rangle_{\tau}}{\langle \rho(i,j|m) \rangle_{\tau}} \quad (3.17)$$

โดยที่  $\tau$  แทน กรอบเวลา (Time Window),  $\langle \rangle$  แทนค่าเฉลี่ย

ยิ่งสัดส่วนของสหสัมพันธ์ของหุ้น (Stock Correlations) ปรับตัวสูงขึ้นกว่าสหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlation) มาก ยิ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในดัชนี Index Cohesive Force มาก จึงทำให้เกิด Cohesive Force ตามมามากขึ้น แสดงว่าตัวกลาง (m) อื่นๆ หรือดัชนีตลาด (Index) นั้นมีอิทธิพลต่อการขับเคลื่อนตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว

โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิกฤตการณ์ทางการเงินโลกควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ผ่านดัชนี ICF (Index Cohesive Force) และศึกษาผลกระทบต่อสภาวะตลาดต่างๆที่เกิดขึ้น ผ่านพลวัตของตลาด โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงในช่วงรอยต่อของการเกิดวิกฤตการณ์ต่างๆว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะตลาดไปในทิศทางใด รวมไปถึงพิจารณาการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของระบบ ว่าเปลี่ยนไปเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น (Complex System) หรือไม่ โดยมักพบว่าเมื่อใดก็ตามที่ ค่าเฉลี่ยปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ หรือระหว่างตลาด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จะทำให้สภาวะตลาด ณ ขณะนั้นเปลี่ยนแปลงเฟสไปสู่สภาวะไร้ความยืดหยุ่น หรือมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกได้ง่ายขึ้น

## 2. CheiRank และPageRank

CheiRank ของ Node ใดๆ สามารถถูกคำนวณขึ้นได้ ผ่านกระบวนการ First Transposing ภายในโครงข่าย หรือก็คือ การกลับทิศทาง ของ Directed Links ทั้งหมด นั่นเอง โดยที่ CheiRank จะพิจารณาเฉพาะ Link ที่ชี้ออกไปยัง Node อื่นๆเท่านั้น ซึ่งแทน CheiRank ด้วย  $G_{ij}^*$  ดังสมการที่

3.18

$$G^*_{i,j} = \alpha T^*_{i,j} + (1 - \alpha)/N \quad (3.18)$$

โดยกำหนดให้ PageRank นั้นเป็น Right Transition Matrix ในขณะที่ CheiRank Eigenvector นั้นพิจารณาเฉพาะในส่วนกลับทิศจากค่า Inverted Matrix ใน PageRank Matrix ซึ่งแทนด้วย  $T^*_{i,j}$

โดยที่  $\alpha$  เป็นค่าคงที่ของ Damping Factor ซึ่ง  $0 < \alpha < 1$  เนื่องจากถ้า  $\alpha = 0$  ค่า PageRank จะให้ค่า Centrality ในแต่ละ Node เท่ากับ  $1/N$  ในขณะที่  $\alpha = 1$  จะให้ค่า PageRank เท่ากับ Eigenvector Centrality โดยปกติแล้ว นิยมใช้  $\alpha = 0.85$  เป็น Damping Factor ซึ่ง ยิ่งค่า CheiRank มาก ยิ่งทำให้ Node นั้น มีความสำคัญต่อโครงข่ายมาก โดยปกติแล้ว CheiRank มักถูกนำมาพิจารณาในโครงข่ายแบบมีทิศทาง (Directed Network) ในแต่ละ Node ภายใน Transposed Network ซึ่ง ค่า CheiRank ถูกนำมาพิจารณาว่า เป็นระดับการส่งอิทธิพลจาก Node หนึ่ง ไปสู่ Node อื่นๆ ภายในโครงข่าย (Out-Direction) ดังนั้นค่า CheiRank จึงเป็นตัวบ่งชี้ระดับความสำคัญของ Node ใดๆ ภายในโครงข่าย โดยที่ในแง่ของความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลามนั้น จะพิจารณาเฉพาะ Node ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดลักษณะแบบ Super Spreader ขึ้นเท่านั้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้น ภายใน Node ที่ให้ค่า CheiRank อยู่ในระดับสูง ณ ระยะเวลาใดๆ อย่างไรก็ตาม Super Spreader Node ดังกล่าวที่มีทั้งความสำคัญและความเปราะบางซ่อนอยู่ภายในโครงข่าย นั้นจะเป็นตัวพาหะที่ก่อให้เกิดปัจจัยเสี่ยง ต่อการเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤตตามมาในภายหลังได้ โดยใน ส่วนของการคำนวณความเปราะบางของแต่ละ Node ผ่านทางค่า PageRank นั้นจะแสดงรายละเอียดของ PageRank ภายในหัวข้อถัดไป

### 3.2.2.2.3 วิเคราะห์ความยืดหยุ่นของตลาดหุ้น (Resilience)

#### 1. วิเคราะห์ความเปราะบางของแต่ละดัชนีหุ้นภายในภูมิภาคผ่านค่า PageRank

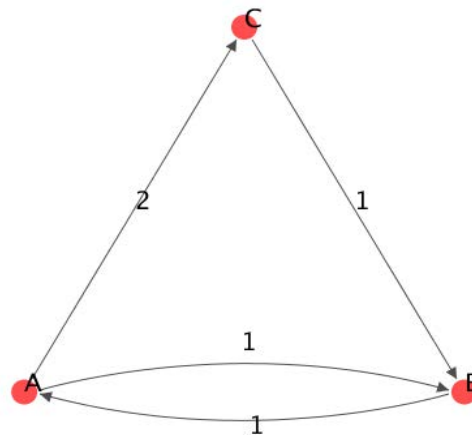
PageRank ของ Node ใดๆ คือ ปริมาณเวลาที่ถูกคาดว่าจะ สูญเสียไป ในระหว่างช่วงเวลา ที่เคลื่อนที่ผ่าน Node นั้น ไปใน Infinite Random Walk โดยตลอดทั่วทั้งโครงข่าย โดยที่ Parameter Alpha เป็นตัวกำหนดความน่าจะเป็น (Probability) ของการเคลื่อนที่ ระหว่างคู่ ของ Node ต่างๆ อย่างไรก็ตาม ค่า PageRank นั้นมีข้อดีกว่าการคำนวณ Eigenvector Centrality อยู่ตรงที่ สามารถที่

จะคำนวณผลได้ ถึงแม้ว่าโครงข่ายดังกล่าวจะไม่ได้มีรูปแบบการเชื่อมโยงแบบ Strong Connected Node ก็ตาม เพราะฉะนั้นกระบวนการสร้างค่า PageRank ดังกล่าว จึงเป็นเสมือนวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น กับการคำนวณค่า Eigenvector Centrality ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ Node ใดๆ ต้องเป็น Strong Connected Node เท่านั้น ถึงจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณได้ โดยที่ PageRank เป็นกระบวนการที่นำ Transition Matrix (S) มาดัดแปลง ดังแสดงในสมการที่ 3.19

$$G_{i,j} = \alpha T_{i,j} + (1 - \alpha)/N \quad (3.19)$$

กำหนดให้  $T_{i,j}$  = Transition Matrix ในการเคลื่อนที่แบบ Random Jump ในแต่ละ Node ซึ่งเคลื่อนที่ไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ โดย  $\alpha$  แทนด้วยความน่าจะเป็นที่จะเกิด Random Suffer ซึ่งจะไปตาม Transition Matrix ในขณะที่  $1 - \alpha$  เป็นความน่าจะเป็นที่ Node ใดๆ จะเคลื่อนที่ในทิศทางออกไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ โดยให้  $G_{i,j}$  แทน Artificial Transition Matrix ที่มีความน่าจะเป็นในการเคลื่อนที่ออกไปยัง Node อื่นๆ หรือพิจารณาเพียงเฉพาะทิศทางของ Link ที่ชี้เข้ามายัง Node ใดๆ เท่านั้น เรียกค่าดังกล่าวว่า PageRank (Brin and Page, 1998)

ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างโครงข่าย ที่ประกอบไปด้วย 3 Node



ที่มา: Microsoft Excel

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่าง Adjacency Matrix

	A	B	C
A	0	1	2
B	1	0	0
C	0	1	0

ที่มา: Microsoft Excel

ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่าง Transition Matrix : Right Stochastic

	A	B	C
A	0	1/3	2/3
B	1	0	0
C	0	1	0

ที่มา: Microsoft Excel

โดยที่  $\alpha$  เป็นค่าคงที่ ซึ่ง  $0 < \alpha < 1$  เนื่องจากถ้า  $\alpha=0$  ค่า PageRank จะให้ค่า Centrality ในแต่ละ Node เท่ากับ  $1/N$  ในขณะที่  $\alpha=1$  จะให้ค่า PageRank เท่ากับ Eigenvector Centrality โดยปกติแล้ว นิยมใช้  $\alpha=0.85$

กระบวนการทำงานของ PageRank นั้นทำงานภายใต้ Eigenvector-based Algorithm โดยที่ Score สำหรับ Node ใดๆที่กำหนดขึ้นนั้น อาจ พิจารณาจากสัดส่วนของ ปริมาณเวลาที่ถูกคาดว่า จะ สูญเสียไป ในระหว่างช่วงเวลา ที่เคลื่อนที่ผ่าน Node ดังกล่าว ต่อ เวลาทั้งหมดภายใน Random Walk ซึ่งพิจารณาจาก Vertices ทั้งหมด ที่มี Outgoing Edges จาก Node อื่นๆ มายัง Node นั้น ภายในโครงข่าย<sup>10</sup> โดยที่ค่า PageRank ยิ่งมีค่ามาก ยิ่งทำให้ Node นั้นมีความสำคัญต่อโครงข่ายมาก

<sup>10</sup> หมายเหตุ: เมื่อใดก็ตามที่  $\alpha$  เท่ากับ 0 จะพบว่า ค่า PageRank นั้นมีค่าเท่ากับค่า standard eigenvector centrality



ขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามในโครงข่ายแบบแสดงทิศทางนั้นยิ่งค่า PageRank มากยิ่งมีความเปราะบางใน Node ดังกล่าวสูง จึงสามารถนำค่า PageRank ดังกล่าวมาใช้พิจารณาความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานะตลาดต่างๆที่เกิดขึ้นในแต่ละตลาดหุ้นภายในภูมิภาคได้

## 2. วิเคราะห์สถานะยืดหยุ่นของทั้งระบบผ่านทางค่า Eigenvalue Entropy

เป็นวิธีการศึกษาหาแก่นแท้ของข้อมูล (Information Content) ด้วยวิธีทางทฤษฎี Random Matrix Theory (RMT) ผ่านทางค่า Eigenvalue ที่ได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาที่นำข้อมูลทางเศรษฐกิจ และการเงิน มาใช้ในการคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ของดัชนีหุ้น (Stock Index Correlations) ซึ่งถูกประกอบขึ้นโดยมีข้อมูลแฝง (Latent Information) ระหว่างความสัมพันธ์ของดัชนีหุ้นซ่อนอยู่ภายใน (Hidden Stock Index Relations) นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการวัดและประเมินสภาพความตึงตัวของตลาดหุ้น (Market Stiffness) ผ่านทางการคำนวณค่า Eigenvalue (Spectral) Entropy จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Raw Correlation Matrices)

โดยที่ Spectral Entropy มีค่า ดังสมการที่ 3.20

$$SE \equiv -\frac{1}{\log(N)} \sum_{i=1}^N \Omega_i \log[\Omega_i] \quad (3.20)$$

กำหนดให้  $N$  เป็นจำนวนของหุ้น และ  $\lambda$  แทนค่า Eigenvalues ภายในเมทริกซ์ โดยใช้  $1/\log(N)$  เป็นตัวช่วยในกระบวนการ Normalization เพื่อยืนยันว่าค่า  $SE = 1$  นั้นเป็นขีดจำกัดบน (Limit) สูงสุดของค่า Eigenvalue Entropy ที่เป็นไปได้ ภายใต้การกระจายตัวของค่า Eigenvalue

โดยกำหนดให้  $\Omega_i$  ในสมการที่ 3.21 แทนค่า Eigenvalues ที่ผ่านการปรับการกระจายตัวในรูปปกติ และลดความซับซ้อนของข้อมูลลง (Normalized Eigenvalues) จาก  $\lambda_i$  ที่ได้ภายใน Diagonalized Matrix

$$\Omega_i = \frac{\lambda_i^2}{\sum_{i=1}^N \lambda_i^2} \quad (3.21)$$

โดยที่สถานะตึงตัวของตลาด (Market Stiffness) = 1-SE

การคำนวณค่า Eigenvalue Entropy (SE) นั้นสามารถนำมาหาข้อมูลแฝง (Latent Information) หรือ LI ต่อได้ ซึ่ง Latent Information เท่ากับ 1-SE โดยกำหนดให้ขอบเขตของ Entropy สำหรับภายใน เมทริกซ์สุ่ม (Random Matrix) ใด ๆ นั้น มีค่าได้สูงสุดเท่ากับ 1 เมื่อใดก็ตามที่ Spectral Entropy มีค่ามาก แสดงว่าสามารถดึงแก่นแท้ของข้อมูลออกมาจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้มาก ในทางตรงกันข้ามถ้า Spectral Entropy มีค่าน้อย แสดงว่าสามารถดึงแก่นแท้ของข้อมูลออกมาจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้น้อย หรือมีข้อมูลแฝงอยู่ในระบบมาก โดยที่เราไม่สามารถดึงออกมาได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาพลวัตของ Eigenvalue Entropy โดยแสดงวิวัฒนาการของค่า Spectral Entropy ตลอด 2 ช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยนำมาเปรียบเทียบกับค่า ICF เพื่อใช้เป็นเครื่องยืนยันพลวัตของสถานะตลาดที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา

### 3.2.2.3 พิจารณาความเสี่ยง Systemic Risk ผ่านทางการเปลี่ยนแปลงของอัตรา

#### ผลตอบแทน และระดับความผันผวนของผลตอบแทน

ในส่วนนี้จะทำการเปรียบเทียบว่าตัวแปรต้น ซึ่งแทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยง และตัวแปรตาม ที่แทนด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน หรือระดับความผันผวนนั้น มีความสัมพันธ์กันทางสถิติหรือไม่ ทั้งนี้ยังพิจารณาอีกว่ามาตรวัดความเสี่ยงใดสามารถอธิบายความผันแปรทั้งหมดของตัวแปรตาม ซึ่งแทนด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน และระดับความผันผวนได้ดีกว่ากัน โดยที่ในงานวิจัยนี้จะอิงวิธีการศึกษาตามงานวิจัยของ Pollet and Wilson (2010)

#### 3.2.2.3.1 เปรียบเทียบความสามารถของมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ในการ

#### วัดความเสี่ยงผ่านอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน

#### ภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออก

ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์ความถดถอย เพื่อที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ซึ่งในที่นี้แทนด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน กับตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการค่าของตัวแปรตามเมื่อได้ทราบค่าของตัวแปรอิสระแล้ว โดยทำการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

ด้วยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ( $R$ ) 1 ตัวแปร ซึ่งแทนด้วยอัตราผลตอบแทน แทน กับ ตัวแปรอิสระ ( $X$ ) 1 ตัวแปร ซึ่งในที่นี้แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยง โดยที่พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง  $R$  กับ  $X$  ในรูปเชิงเส้น ด้วยสมการเชิงเส้นถดถอย ดังแสดงในสมการที่ 3.22

$$R_t = \beta_0 + \beta_1 X_{i,t} + \varepsilon_i \quad (3.22)$$

กำหนดให้  $\beta_0$  แทนค่าคงที่ หรือ จุดตัดแกนตั้ง,  $\beta_1$  แทนค่าความชัน,  $X_i$  แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ อาทิเช่น ความผันผวนของผลตอบแทน, ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ภายในภูมิภาค, ค่า Mean Shortest Path, ค่าICF และค่าความตึงตัวของสถานะตลาดหุ้นของทั้งภูมิภาค (Market Stiffness) ในขณะที่  $\varepsilon$  แทนส่วนคาดเคลื่อน โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาใช้ในการสร้างสมการถดถอย ซึ่งเป็นสมการถดถอยที่ได้จากการประมาณ ซึ่งอยู่ในรูป

$$\hat{R}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i,t} \quad (3.23)$$

โดยกำหนดให้

$$\hat{R}_t = \text{ค่าประมาณการของ } R_t$$

$$\hat{\beta}_0 = \text{ค่าประมาณการของ } \beta_0$$

$$\hat{\beta}_1 = \text{ค่าประมาณการของ } \beta_1$$

$$\varepsilon_i = \text{ค่าความผิดพลาด (Error) โดยที่ } \varepsilon_i = R_t - \hat{R}_t$$

โดยในงานวิจัยดังกล่าวนี้จะใช้การประมาณสมการถดถอย ที่เกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด OLS (Ordinary Least Square) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน

นอกจากนี้ยังได้นำการทำนายอัตราผลตอบแทน ที่ได้จากการลงทุนภายในตลาดหลักทรัพย์ เอเชียตะวันออก ด้วยแบบจำลองถดถอย (Predictive Regressions) มาใช้ประกอบการพิจารณาความเสี่ยงอีกด้วย ดังแสดงในสมการที่ 3.24 (Pollet and Wilson, 2010)

$$E_t[R_{t+k}] = \beta_0 + \beta_1 X_{i,t} \quad (3.24)$$

โดยที่ ตัวแปรตาม แทนด้วย การคาดการณ์อัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง (East Asian Return) ณ เวลา  $t+k$  ในขณะที่ ตัวแปรอิสระ แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ซึ่งได้แก่ ระดับความผันผวนของผลตอบแทน ( $\sigma^2$ ), ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Average Correlation), ค่าเฉลี่ย Shortest Path ภายในโครงข่าย (Mean Shortest Path), ค่าICF และอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับสถานะตั้งตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค (Market Stiffness)

### 3.2.2.3.2 เปรียบเทียบความสามารถของมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ในการวัดความเสี่ยงผ่านความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง

ในขณะเดียวกันในส่วนนี้ก็จะทำการวิเคราะห์ความถดถอย เพื่อที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ซึ่งในที่นี้แทนด้วยระดับความผันผวนของผลตอบแทน กับตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร ซึ่งแทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยง โดยทำการประมาณค่าของตัวแปรตาม เมื่อทราบค่าของตัวแปรอิสระแล้ว โดยทำการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

เริ่มจากการวิเคราะห์ และตรวจสอบองค์ประกอบที่ใช้ในการอธิบายความผันผวนที่เกิดขึ้นภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง (East Asian Stock Market Variance Decomposition) ผ่านทางสมการที่ 3.25 และ 3.26 (Pollet and Wilson, 2010)

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \beta_1 X_{i,t} + \varepsilon_i \quad (3.25)$$

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \beta_1 X_{i,t} * X_{j,t} + \varepsilon_i \quad (3.26)$$

กำหนดให้  $\beta_0$  แทนค่าคงที่ หรือ จุดตัดแกนตั้ง,  $\beta_1$  แทนค่าความชัน,  $X_{i,t}$  แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ณ เวลา  $t$  อาทิเช่น ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ภายในภูมิภาค, ค่าเฉลี่ยความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค, ค่า Mean Shortest Path, ค่าICF และ ค่าความตั้งตัวของสถานะตลาดหุ้นของทั้งภูมิภาค (Market Stiffness) ในขณะที่  $X_{i,t} * X_{j,t}$  เป็นตัวแทนของ Cross-term ระหว่างมาตรวัดความเสี่ยงใดๆ ณ เวลา  $t$

นอกจากนี้ยังวิเคราะห์และทำนายตัวแปรตาม ( $\sigma^2_{t+k}$ ) ซึ่งแทนด้วยความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ณ เวลา  $t+k$  ด้วย ตัวแปรอิสระ ( $X$ ) 1 ตัวแปร ณ เวลา  $t$  ซึ่งในที่นี้แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยง โดยพิจารณาผลลัพธ์จากสมการทำนายเชิงเส้นถดถอยดังต่อไปนี้

$$\sigma^2_{t+k} = \beta_0 + \beta_1 X_{i,t} + \varepsilon_i \quad (3.27)$$

กำหนดให้  $\beta_0$  แทนค่าคงที่ หรือ จุดตัดแกนตั้ง,  $\beta_1$  แทนค่าความชัน,  $X_{i,t}$  แทนด้วยมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ณ เวลา  $t$  อาทิเช่น ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ภายในภูมิภาค, ค่าเฉลี่ยความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค, ค่า Mean Shortest Path, ค่าICF และ ค่าความตึงตัวของสภาวะตลาดหุ้นของทั้งภูมิภาค (Market Stiffness) รวมไปถึง Cross-term ระหว่างมาตรวัดความเสี่ยงใดๆ กับค่าเฉลี่ยความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค ณ เวลา  $t$  ในขณะที่  $\varepsilon$  แทนส่วนคาดเคลื่อน โดยใช้การประมาณสมการถดถอย ที่เกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด OLS (Ordinary Least Square) ดังสมการที่ 3.28

$$E_t[\sigma^2_{t+k}] = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 X_{i,t} \quad (3.28)$$

โดยกำหนดให้

$E_t[\sigma^2_{t+k}]$  = ค่าประมาณการของ  $\sigma^2_{t+k}$  ณ เวลา  $t$  ภายใต้กรอบช่วงเวลาในการทำนาย  $k$

$$\widehat{\beta}_0 = \text{ค่าประมาณการของ } \beta_0$$

$$\widehat{\beta}_1 = \text{ค่าประมาณการของ } \beta_1$$

$$\varepsilon_i = \text{ค่าความผิดพลาด (Error) โดยที่ } \varepsilon_i = \sigma^2_{t+k} - E_t[\sigma^2_{t+k}]$$

พร้อมกันนี้ยังได้นำค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอยที่สำคัญของการสร้างสมการเส้นถดถอย มาพิจารณาผลลัพธ์จากการพยากรณ์ตัวแปรที่ต้องการศึกษา เพื่อความมั่นใจว่าสมการเส้นถดถอยที่สร้างขึ้นมานั้น จะสามารถนำไปประมาณหรือพยากรณ์ตัวแปรที่เราต้องการศึกษาได้

จริง จึงต้องมีการทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination :  $R^2$ ) ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายว่าความผันแปรทั้งหมดของตัวแปรตามมีสาเหตุมาจากตัวแปรอิสระมากน้อยเพียงใด

### 3.2.2.4 วัดระดับความเป็นศูนย์กลางการลงทุน (Centrality) ของตลาดหลักทรัพย์ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก

บทบาทที่สำคัญของ High-degree Nodes ภายใน Scale-free Network ใช้ในการระบุบ่งชี้ว่าองค์ประกอบใด ภายในโครงข่าย ที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง นอกจากนี้ ยังสามารถพิจารณาระดับความเป็นศูนย์กลางได้จากค่า Betweenness Centrality ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกว่าการวัดเพียงแค่ค่า Connectivity โดยมีประโยชน์ทั้งในแง่การวัดระดับข้อมูลที่ส่งผ่านใน Node ต่างๆ และความสำคัญของตัว Node ดังกล่าวเอง ซึ่งในส่วนของ Betweenness Centrality นั้นยังสามารถนำมาวัดผลกระทบโดยรวม (Global Effect) ที่เกิดขึ้นกับโครงข่ายได้อีกด้วย แทนที่จะสามารถวัดผลกระทบได้แค่เพียงระดับ (Local Effect) เหมือนดังเช่นค่า Connectivity ดังนั้น ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ศาสตร์ทางด้าน Network จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการวัดระดับความเป็นศูนย์กลางของระบบ (Centrality) หนึ่งในวิธีดังกล่าว ก็คือการวัดระดับ Betweenness Centrality ซึ่งมักนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาภายในโครงข่ายที่ซับซ้อน (Complex Networks) ไม่ว่าจะเป็นโครงข่ายทางชีวภาพ, Social Networks, การขนส่ง และโครงข่ายทางการเงิน เป็นต้น โครงข่ายที่มี Betweenness Centrality อยู่ในระดับสูงนั้น โดยส่วนมากแล้วจะพบอยู่เพียงไม่กี่ Node ภายในโครงข่าย ซึ่งยิ่งค่าดังกล่าวสูง ยิ่งบ่งบอกว่า Node นั้นมีบทบาทอย่างมากภายในโครงข่าย โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งสารกับ Node ต่างๆ หรือยกระดับขึ้นเป็นศูนย์กลางภายในภูมิภาคนั่นเอง

พร้อมกันนี้ยังสามารถที่จะวิเคราะห์ความเป็นศูนย์กลางภายในโครงข่ายนั้น จากระดับความใกล้ชิดกันภายในโครงข่าย (Closeness) โดยที่สามารถพิจารณาได้จากค่า Average Shortest Path ซึ่งเป็น ค่าเฉลี่ยของเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละ Node หรือกล่าวคือเป็น ค่าเฉลี่ยของระยะห่างของเส้นทางที่สั้นที่สุด จาก Node ดังกล่าวเคลื่อนที่ไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือ โดยที่ Node ใด มีค่า Average Shortest Path ต่ำ จะยิ่งทำให้ Node ดังกล่าวนั้นมีความสำคัญ หรือเข้าใกล้ระดับความเป็นศูนย์กลางของระบบมากขึ้น นอกจากนี้ค่า Closeness ยังสามารถนำมาใช้เป็นมาตรในการวัด

อัตราเร็วที่ Node ใดๆ จะสามารถแพร่กระจายข้อมูล จาก Node หนึ่ง ไปยัง Node อื่นๆ ที่เหลือภายใน โครงข่ายได้อีกด้วย

### 3.2.2.5 วัดระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบในการส่งผ่านผลกระทบแฝงที่เกิดขึ้น ระหว่างตลาดหุ้นภายในภูมิภาค

โดยเริ่มจากการวัดระดับการส่งอิทธิพล (Outdegree) ของตลาดหุ้นของประเทศต่างๆ  $s$  ซึ่ง ถูกกำหนดขึ้นตามจำนวนทั้งหมดของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Links) ภายใน โครงข่าย PCPG ซึ่ง แสดงจำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ ที่ออกจากตลาดหุ้นหนึ่ง ที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มเอเชีย ตะวันออก และชี้ไปยังตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในกลุ่ม โดยแทนปริมาณดังกล่าวนี้ด้วย  $o(s)$  และทำนอง เดียวกันก็กำหนดให้  $i(s)$  เป็นตัวแทนของระดับการรับอิทธิพล (Indegree) ของตลาดหุ้น  $s$  ซึ่งก็คือ จำนวนเส้นเชื่อม (Links) ที่ชี้ออกมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค เข้าไปยังตลาดหุ้น  $s$  หรือ ก็คือ การบ่งปริมาณการรับอิทธิพลมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาคเข้ามายัง ตลาดหุ้น  $s$  ใดๆ ผ่านทาง จำนวนเส้นเชื่อมความสัมพันธ์ (Link) ที่ชี้เข้าสู่ ตลาดหุ้น  $s$

ซึ่งค่า  $fo(s)$  สูงๆ เป็นตัวบ่งชี้ว่าตลาดหุ้น  $s$  นั้น มีอิทธิพลอย่างมากต่อตลาดหุ้นภายใน ภูมิภาค ในขณะที่  $i(s)$  มากๆ เป็นตัวบ่งชี้ว่าตลาดหุ้น  $s$  นั้นเป็นตลาดหุ้น ที่ได้รับอิทธิพลซึ่งถูก ส่งผ่านมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาคอย่างมาก

ดังสมการที่ 3.29 ซึ่งจะนำเสนอผลการวัดของค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของตลาดหุ้นใดๆ ที่อิงตามตัวชี้วัด (Indicators) ดังกล่าวนี้

$$R_U(s) = \frac{o(s)-i(s)}{o(s)+i(s)} \quad (3.29)$$

โดยกำหนดให้  $o(s)$  = ระดับหรือจำนวนการส่งอิทธิพล ของตลาดหุ้น  $s$  ใดๆ ไปยังตลาด หุ้นอื่นๆ และ  $i(s)$  = ระดับหรือจำนวนการรับอิทธิพล ของตลาดหุ้น  $s$  ที่ถูกส่งมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค

โดยที่ การวัดค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบของตลาดหุ้นใดๆ ที่อิงตามจำนวน Link ที่ใช้ชี้วัด ภายใน โครงข่าย PCPG อย่างไรก็ก็ตามภายใต้ขอบเขตของอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ดังกล่าวนั้นจะให้ค่า  $R_U(s)$  อยู่ในขอบเขต  $[-1,+1]$

ค่าอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ของตลาดหุ้น  $s$  ที่เป็นบวกนั้น บ่งบอกได้ว่า ตลาดหุ้นดังกล่าวนี้มีอิทธิพลเหนือกว่าตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาค (อิทธิพลที่ส่งออกไปยังตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาคดังกล่าว นั้นมีมากกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในตลาดหุ้นดังกล่าวเอง) ในทางกลับกัน ค่าลบที่ได้นั้นแสดงว่าตลาดหุ้นดังกล่าว นั้นมีอิทธิพลด้อยกว่าตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาค (อิทธิพลที่ส่งออกไปยังตลาดหุ้นอื่นๆ นั้นมีน้อยกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในตลาดหุ้นดังกล่าวเอง)

หลังจากนั้นจึงนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่าร้อยละของสัดส่วนของอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบสะสม (Cumulative Relative Influence) ของแต่ละตลาดหุ้นตลอดช่วงเวลา 23 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1990 – 2012)



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

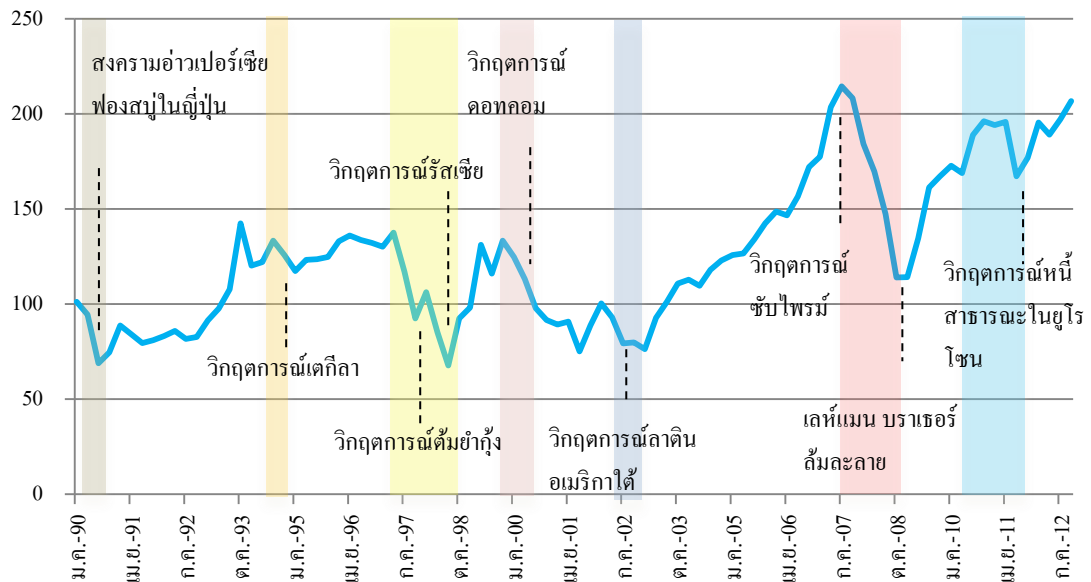
ในบทดังกล่าวนี้จะนำวิกฤตการณ์ทางการเงินที่เกิดขึ้นตลอด 23 ปีที่ผ่านมา มาทำการศึกษา และวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน และความผันผวนของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก พร้อมกันนี้ ยังได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออก ออกมาผ่าน 2 รูปแบบ ได้แก่ Aggregate Risk และ Systemic Risk

#### 4.1 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทน และความผันผวนของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค

ในส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยรายไตรมาส (63 วัน) จาก อัตราผลตอบแทน และความผันผวนของดัชนีหุ้นจากตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก เมื่อพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ตลอด 23 ปีที่ผ่านมา ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จะพบว่าในช่วงแรกนั้นภูมิภาคดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะให้อัตราผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1991 -1993 โดยที่ช่วงเวลาดังกล่าวนั้น นักลงทุนต่างชาติ และภาคเอกชน ให้ความสนใจที่จะลงทุนภายในภูมิภาคดังกล่าวมากขึ้น ประกอบกับได้รับการสนับสนุนจากกองทุนการเงินระหว่างประเทศ (IMF) และธนาคารโลก (World Bank) ที่จะนำเงินมาลงทุนภายในตลาดเกิดใหม่ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น เงินจากภาคเอกชนเริ่มไหลออกจากประเทศในแถบลาตินอเมริกา มาสู่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศกำลังพัฒนาอย่าง ไทย อินโดนีเซีย และ มาเลเซีย

อย่างไรก็ตามความเฟื่องฟูของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียก็เริ่มที่จะถดถอยในช่วงเวลาต่อมา ตั้งแต่ กลางปี ค.ศ. 1995-1998 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักลงทุนต่างชาติเริ่มสูญเสียความเชื่อมั่น และวิตกกังวลที่จะปล่อยกู้ให้กับภูมิภาคเอเชียตะวันออก จึงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวเงินกู้ที่ปล่อยออกมาเริ่มชะลอตัวลง ซึ่งผลกระทบดังกล่าวได้ย้อนกลับมาทำลายตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว และนำไปสู่วิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งในที่สุด ในขณะที่ช่วงเวลาหลังจาก กรกฎาคม ปี ค.ศ. 1997 ตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกต่างเผชิญกับสภาวะติดเชื้จนทำให้อัตราผลตอบแทนติดลบ และลุกลามไปตามๆกัน

ภาพที่ 4.1 แสดงดัชนีราคาของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (รายไตรมาส)



หมายเหตุ: เส้นประเป็นตัวแทนของเหตุการณ์ที่สำคัญ ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 และ

หน่วย: จุด ทั้งนี้ ดัชนี ณ จุดเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1990 อยู่ที่ระดับ 100 จุด

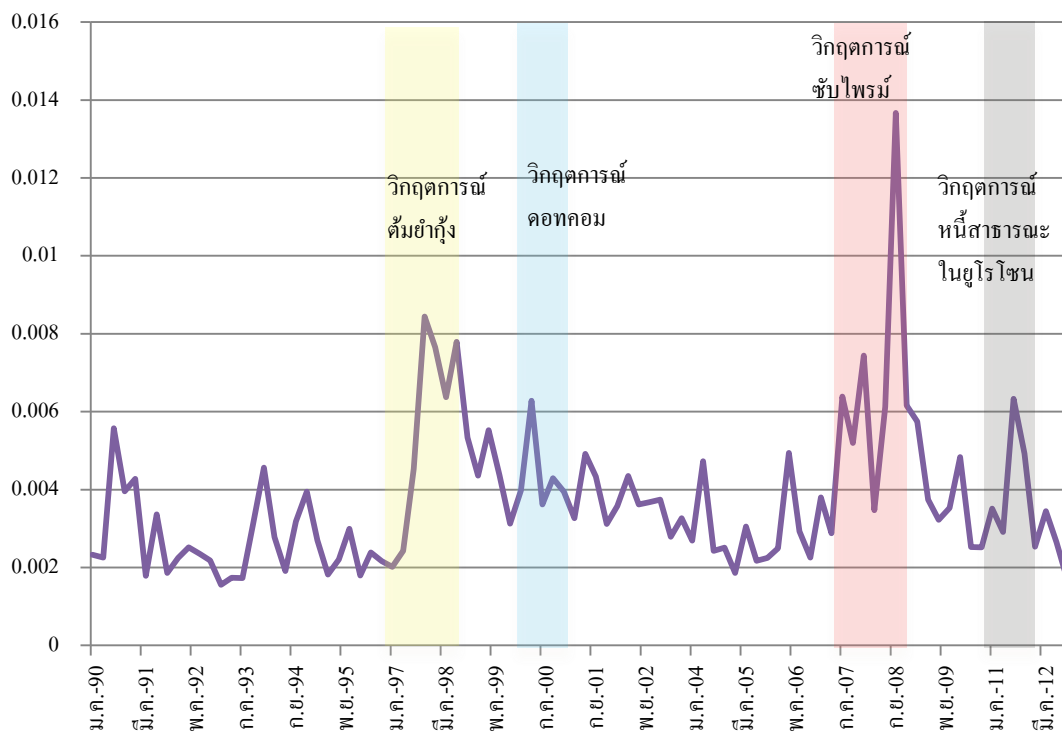
ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

แต่หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1999 ตลาดหุ้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกได้ฟื้นตัวจากวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง โดยให้อัตราผลตอบแทนกลับมายังจุดสูงสุดของดัชนีอีกครั้ง แต่อย่างไรก็ตามตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกก็ฟื้นตัวได้อยู่เพียงปีเดียว ก็เจอวิกฤตการณ์ Dot Com เล่นงาน อีกครั้งในปี ค.ศ. 2000 จึงทำให้ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวเริ่มเข้าสู่ภาวะซบเซา และค่อนข้างที่จะมีแนวโน้มของอัตราผลตอบแทนขึ้นๆลงๆสลับกันไปในกรอบแคบๆ หรือเคลื่อนตัวไปด้านข้าง และมีทิศทางที่ไม่แน่นอน จึงทำให้ปี ค.ศ. 2004-2007 ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะให้อัตราผลตอบแทนเคลื่อนที่เป็นลักษณะแนวราบ อย่างไรก็ตามตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวก็ทรุดตัวลงอีกครั้งภายหลังที่วิกฤตการณ์ซับไพร์ม ได้เริ่มขึ้นในสหรัฐฯ ในช่วงค.ศ. 2007 และการปิดตัวลงของ Lehman Brothers ในช่วงกันยายน ปี ค.ศ. 2008 ซึ่งตลาดหุ้นในสหรัฐฯ ได้ส่งผ่านผลกระทบไปยังภูมิภาคต่างๆทั่วโลก ซึ่งตลาดหุ้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกก็เป็นหนึ่งในนั้น โดยที่ให้อัตราผลตอบแทนติดลบสูงสุดในช่วงตุลาคม ค.ศ. 2008 อย่างไรก็ตามก็ดีขึ้นหลังจาก

วิกฤตการณ์ดังกล่าว ธนาคารกลางของสหรัฐฯ ได้ออกนโยบายในการกระตุ้นเศรษฐกิจ ให้เศรษฐกิจฟื้นตัวขึ้นอีกครั้ง โดยการอัดฉีดสภาพคล่องเข้าไปในระบบ เรียกมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจดังกล่าวว่า QE (Quantitative Easing) ซึ่งมาตรการ QE1 เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2009 โดยประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ที่ได้รับผลกระทบต่อนโยบายดังกล่าวอย่างมาก ได้แก่ประเทศไทย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ จึงทำให้เงินทุนดังกล่าวไหลกลับเข้าสู่ภูมิภาคเอเชียอีกครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่ต้นปีจนถึงปลายปี ค.ศ. 2009 จะเห็นได้ว่าตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวกลับมาให้อัตราผลตอบแทนสูงสุดอีกครั้งในเดือนเมษายน ทั้งนี้ในปี ค.ศ. 2011 นั้นได้เกิดวิกฤตหนี้สาธารณะ ขึ้นในประเทศกรีซ และลุกลามไปสู่ประเทศในกลุ่มยูโรโซน จนทำให้ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชีย ได้รับผลกระทบตามไปด้วย โดยอัตราผลตอบแทนมีแนวโน้มที่จะลดลงในระยะสั้น อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 2012 นั้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกได้เริ่มมีเงินทุนไหลเข้าอีกครั้งจนทำให้เกิดแนวโน้มระยะสั้นให้เห็นว่าอัตราผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงขึ้น แต่ทั้งนี้ยังคงต้องจับตามองวิกฤตการณ์ และความผันผวนที่อาจจะเข้ามาอยู่ตลอดเวลา

ในส่วนของกราฟวิเคราะห์ความผันผวนนั้น พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยค่อนข้างที่จะให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน ดังแสดงในภาพที่ 4.2 โดยที่ในช่วงปีค.ศ. 1997 นั้น ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกต่างเผชิญกับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน อยู่ในระดับที่สูง และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงปี ค.ศ. 1998 ซึ่งเป็นผลมาจากวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง ที่สร้างความแตกตื่น และความเสียหายให้กับพอร์ตโฟลิโอการลงทุนของนักลงทุนทั่วทั้งภูมิภาค อย่างไรก็ตามช่วงปี ค.ศ. 2001-2005 นั้นภูมิภาคดังกล่าว ค่อนข้างที่จะมีระดับความผันผวนลดลงเป็นอย่างมาก จนกระทั่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงปี ค.ศ. 2007 เป็นต้นไป และระดับความผันผวนอยู่ในระดับสูงสุดในช่วงตุลาคม ค.ศ. 2008 ภายหลังจากล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์ ซึ่งสอดคล้องกับอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคที่ติดลบมากที่สุดในช่วงตุลาคม ค.ศ. 2008 แต่อย่างไรก็ตามความผันผวนดังกล่าวได้มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 2008 จวบจนถึงช่วงกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2011 ที่ระดับความผันผวนเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง อันเนื่องมาจากวิกฤตหนี้สาธารณะภายในกลุ่มยูโรโซน ทั้งนี้แนวโน้มของระดับความผันผวนเริ่มที่จะมีแนวโน้มลดระดับลงไปสู่จุดต่ำสุด ในช่วงปลายปี ค.ศ. 2012

ภาพที่ 4.2 แสดงความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสของตลาดหุ้นในกลุ่มภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง



ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

#### 4.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง

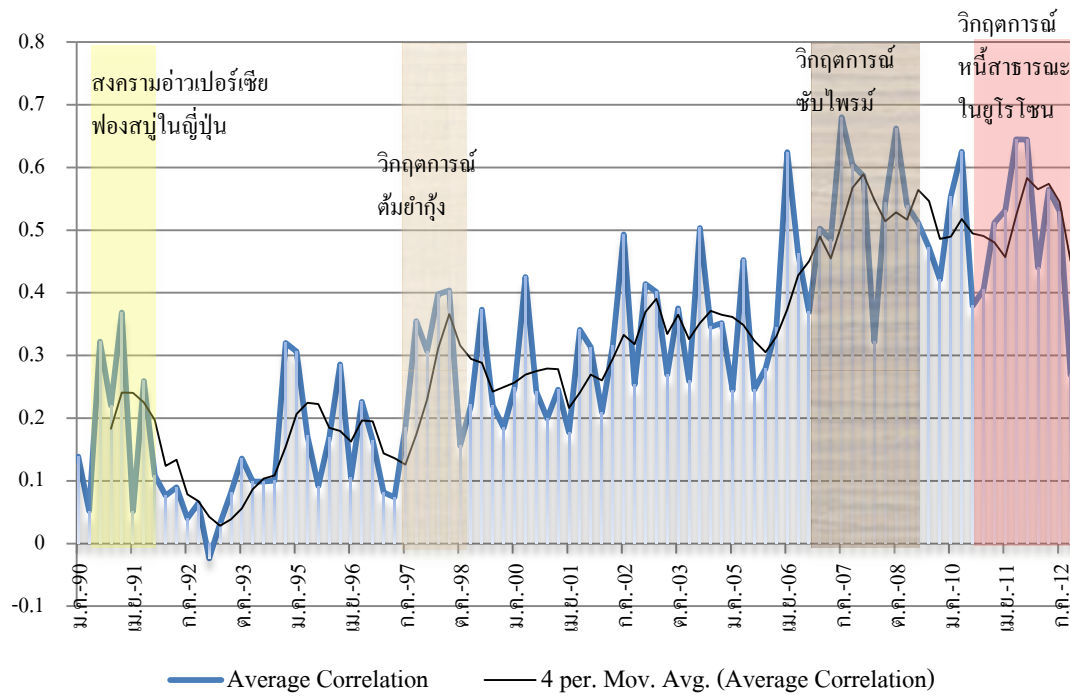
ในแง่ของการวิเคราะห์ความเสี่ยงของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวนั้น สามารถแบ่งการพิจารณาได้ออกเป็นสองหมวดหมู่ใหญ่ๆ ได้แก่ ความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk ซึ่งเป็นผลรวมความเสี่ยงต่อทั้งโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง อันเนื่องมาจากระดับความเชื่อมโยงในการตอบสนองต่อข่าวดี และข่าวร้ายระหว่างตลาดการเงินต่างๆภายในภูมิภาคดังกล่าว นั้นอยู่ในระดับที่สูงมากจนเกินไป ในขณะที่ความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk นั้นเป็นความเสี่ยงที่เกิดจากตลาดหุ้นที่มีระดับความเชื่อมโยงกับตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาคอยู่ในระดับสูง หรือมีระดับความเป็นศูนย์กลางอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งแผ่ไปด้วยความประบางอยู่ภายในตลาดหุ้นดังกล่าว และส่งผลกระทบต่อกลับไปยังตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาคที่เชื่อมโยงกับตลาดหุ้นดังกล่าวเอง จนนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลามของวิกฤตในระดับภูมิภาคในที่สุด

#### 4.2.1 วิเคราะห์ความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk ของตลาดหลักทรัพย์เอเชีย

##### ตะวันออก

การวัดระดับสหสัมพันธ์ระหว่างตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคนั้น สามารถนำมาใช้เป็นมาตรวัดบ่งชี้ระดับความเชื่อมโยงระหว่างตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคได้ โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดว่าตลาดหุ้นต่างๆ นั้นมีความเชื่อมโยงผูกติดกันมากแค่ไหน ในงานวรรณกรรมปริทัศน์ได้ชี้ให้เห็นว่ามาตรวัดค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างตลาด (Average Correlation) ดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าในระบบที่มีความซับซ้อนนั้น เมื่อระบบดังกล่าวได้รับผลกระทบจาก Shock ที่เกิดขึ้นกับระบบแล้ว จะส่งผลกระทบย้อนกลับออกมาผ่านทางระดับความเชื่อมโยงได้เช่นกัน ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ระดับความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคดังกล่าวอยู่ในระดับที่สูง หรือมีค่าสหสัมพันธ์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงก็จะทำให้ภูมิภาคดังกล่าวเผชิญกับความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk อยู่ในระดับที่สูง เมื่อพิจารณาจากระดับ Average Correlation ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ดังภาพที่ 4.3 แล้วจะพบว่า ในช่วงต้นทศวรรษ 1990 นั้นแนวโน้มของ Average Correlation ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น จนถึงช่วง ตุลาคม ค.ศ. 1991 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ภูมิภาคเอเชียตะวันออกกำลังเผชิญกับความเสี่ยงในรูปแบบ Aggregate Risk อย่างสูง แต่ก็เป็นเพียงระยะเวลาสั้นๆเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับสถานะเศรษฐกิจในช่วงเวลาดังกล่าวของภูมิภาคเอเชีย ที่อยู่ในสถานะถดถอยในช่วงต้นทศวรรษ 1990 นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มที่สำคัญของระดับความเสี่ยงภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในช่วงปี ค.ศ. 1993 เป็นต้นไป จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มของค่า Average Correlation อยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีระดับสูงที่สุดในช่วงกรกฎาคม ค.ศ. 2007 และตุลาคม ค.ศ. 2008 ตามลำดับ โดยเป็นการสะท้อนให้เห็นว่าภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก นั้นมีความเสี่ยงสะสม Aggregate Risk อยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น จึงเป็นสิ่งที่ผู้กำกับดูแลระบบควรให้ความสำคัญและใส่ใจ ต่อการลดระดับความเสี่ยง Aggregate Risk ไม่ให้อยู่ในระดับที่สูงจนเกินไป อย่างไรก็ตามมีสิ่งที่น่าสนใจอยู่หนึ่งจุดคือ ในช่วงปลายปี ค.ศ. 2012 เป็นต้นมานั้น กลับไม่พบความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูงเลย โดยในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นค่า Average Correlation ของตลาดต่างๆ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก มีค่าลดลงอย่างมาก ซึ่งเป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงระดับความเสี่ยง Aggregate Risk ที่ลดลง

ภาพที่ 4.3 แสดงค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ระหว่างตลาดหุ้นภายใน กลุ่มภูมิภาคเอเชียตะวันออก



ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

#### 4.2.2 วิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

ในส่วนของผลการศึกษาจากการทดสอบความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ที่เกิดขึ้นภายในระบบการเงิน นั้นจะทำการศึกษาออกมาในรูปแบบมุมมองโครงข่าย เพื่อที่จะทำให้เข้าถึงโครงสร้างและความเสี่ยงภายในระบบได้มากยิ่งขึ้น วิกฤตการณ์ทางการเงินที่เกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ นั้นสะท้อนให้เห็นถึงการลดลงของระดับเสถียรภาพภายในระบบการเงินอย่างรวดเร็ว และผลกระทบที่ขยายวงกว้างออกไป พร้อมกับพบจุดบกพร่องของสัญญาณเตือนภัยวิกฤตล่วงหน้า โดยวิกฤตการณ์ครั้งนั้นเป็นสาเหตุทำให้เราเกิดความพยายาม ที่จะเข้าใจโครงสร้างภายในระบบการเงินให้มากยิ่งขึ้น รวมไปถึงทำการศึกษาว่าปัจจัยใดเป็นบ่อเกิดของความอ่อนแอ และนำไปสู่การเกิดสถานะไร้เสถียรภาพขึ้นภายในระบบ ดังนั้นโครงสร้างภายในโครงข่าย จึงค่อนข้างที่จะมีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาวิกฤตการณ์ทางการเงินที่เกิดขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะนำโครงข่ายในตลาด

หุ้น ภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ใน 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ความแข็งแกร่งของโครงสร้างภายในโครงข่าย (Robustness in Networks)
2. การเกิดสภาวะลูกกลมภายในโครงข่าย (Contagion in Networks)
3. ความยืดหยุ่น หรือ ความสามารถในการปรับตัวของโครงข่าย (Resilience in Networks)

โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.2.2.1 วิเคราะห์ความแข็งแกร่งของโครงสร้างภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Robustness in East Asian Stock Markets Networks)

ผลจากการศึกษาผ่านรูปแบบการกระจายตัวของระดับความเชื่อมโยง (Degree Distribution) ภายในโครงข่ายตลาดหุ้น พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากพลวัตที่ได้ทำการศึกษา โดยส่วนใหญ่แล้ว Node ส่วนใหญ่จะมีระดับ Degree ที่ต่ำ และ Node ส่วนน้อยจะมีระดับ Degree ที่สูง หรือเรียกโครงข่ายดังกล่าวว่า มีการกระจายตัว Power-law Distribution ดังแสดงในภาพที่ 4.4-4.5 จึงทำให้การกระจายตัวในลักษณะดังกล่าวแตกต่างจากรูปแบบการกระจายตัวของ Degree ที่อยู่ในรูปแบบปกติ ซึ่งจะมีช่วงการกระจายตัวที่หลากหลายกว่าแบบ โครงข่ายแบบ Small World Network ที่พบว่ามี การกระจายตัวแบบ Power-law Distribution หรือ Scale-free ซึ่งโครงข่ายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นมีลักษณะแบบ Small World Network หรืออาจกล่าวได้ว่า ตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคดังกล่าว ต่างมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับตลาดหุ้นที่มีระดับความเป็นศูนย์กลางสูงภายในภูมิภาค ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปแบบพลวัตการกระจายตัวของ Degree นั้นจะเห็นว่าในแต่ละช่วงเวลานั้น โครงข่ายมีการปรับเปลี่ยนระดับการกระจายตัวอยู่ตลอดเวลา โดยมีรูปแบบการกระจายเป็น Right-skewed Heavy Tail, Fat Tail หรือโครงสร้างแบบ Scale-free หรือ Power-law Distribution บ้างสลับกันไป ซึ่งลักษณะการกระจายตัวทุกรูปแบบที่พบนั้นต่างเป็นคุณสมบัติที่พบอยู่ภายในโครงข่ายแบบ Small World Network

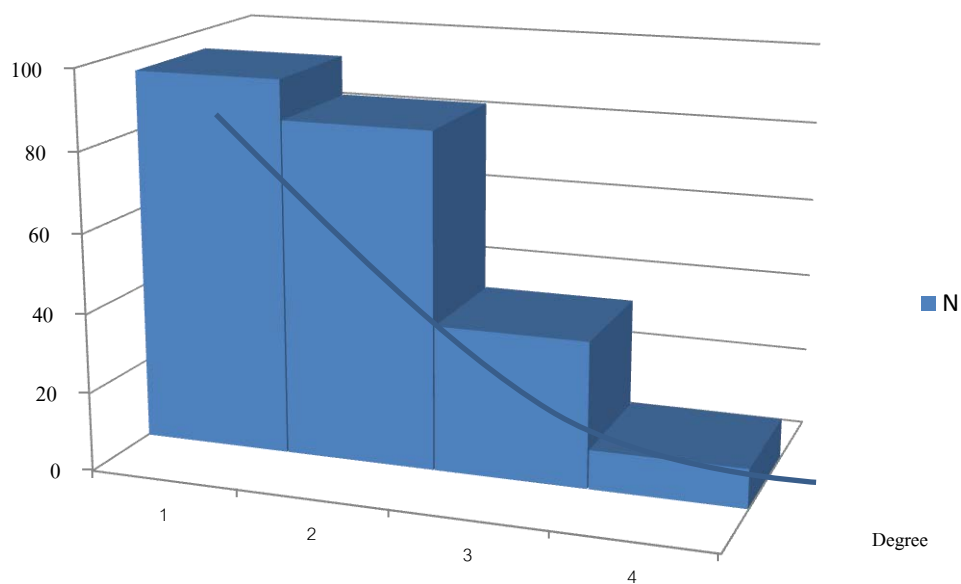
โดยภายในโครงข่ายแบบ Scale-free Networks หรือ Small World Network จะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างที่ค่อนข้างแข็งแกร่งต่อ Random Disruptions หรือ Random Shock เพราะว่าตลาด

หุ่นภายในภูมิภาค ซึ่งแทนด้วย Node ภายในโครงข่าย ส่วนใหญ่นั้น จะมีระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ มีเพียงตลาดหุ้นส่วนน้อย ที่จะมีระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในเกณฑ์ที่สูง และเมื่อใดก็ตามที่เกิดมี Random Shock เข้ามา จนทำให้ตลาดหุ้นใดๆ ถูกตัดขาดออกไปจากโครงข่ายในรูปแบบสุ่ม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความน่าจะเป็นแล้ว ก็จะพบว่า มีแนวโน้มอย่างมากที่จะสุ่มมาเจอตลาดหุ้น (Node) ที่ระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับต่ำๆ แทนที่จะเป็นตลาด (Node) ที่มีระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับสูง แต่อย่างไรก็ตาม โครงข่าย Scale-free Networks อาจจะถูกสถานะที่เผชิญกับความอ่อนแอ ต่อการเกิด Shock แบบเฉพาะเจาะจง หรือทำให้ฟังก์ชันในระบบเกิดการหยุดชะงัก จนส่งผลกระทบต่อตลาดหุ้น (Node) ที่มีระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับที่สูง ซึ่ง Node ที่มี Degree สูงๆ นั้น เปรียบเสมือนเป็นศูนย์กลางการลงทุนของโครงข่ายภายในภูมิภาคดังกล่าวนั่นเอง

รูปแบบการกระจายตัวแบบ Power Law Distribution ที่ได้จากการศึกษา ดังแสดงให้เห็นภายใน ภาพที่ 4.4-4.5 เป็นตัวสะท้อนให้เห็นว่า โครงสร้างภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออกมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีความเปราะบางแฝงอยู่ (Robust yet Fragile) ภายในโครงข่าย จึงทำให้พิจารณาได้ว่าระดับความเชื่อมโยงภายในโครงข่ายภูมิภาคดังกล่าว อาจเป็นได้ทั้งตัวดูด Shock (Shock Absorbers) อันเนื่องมาจากมีความแข็งแรงของโครงสร้าง และอาจเป็นตัวขยาย Shock (Shock Amplifiers) ที่เกิดขึ้นจากความเปราะบางที่แฝงอยู่ภายใน ตลาดหุ้น (Node) ที่มีระดับความเชื่อมโยง (Degree) อยู่ในระดับที่สูง หรือกล่าวคือ โครงสร้างในลักษณะดังกล่าวสามารถมีจุดพลิกผัน (Tipping Point) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแยกทั้ง 2 Regime ดังกล่าวออกจากกันได้ เรียกคุณสมบัติของโครงข่ายดังกล่าวว่า Small-world Network

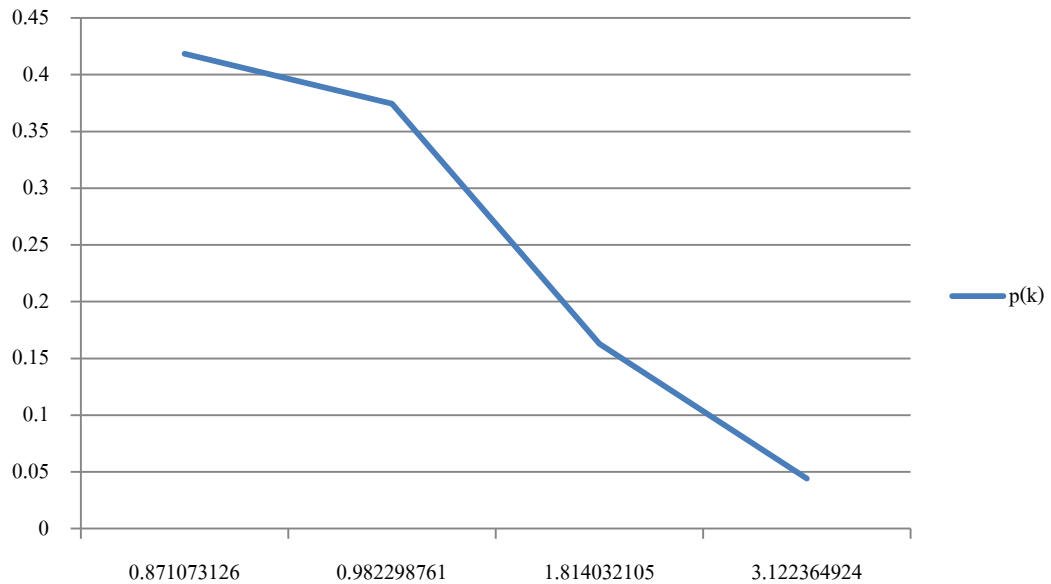


ภาพที่ 4.4 แสดงการกระจายตัวของ Degree สะสม ในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ระหว่าง Degree k กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution) ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

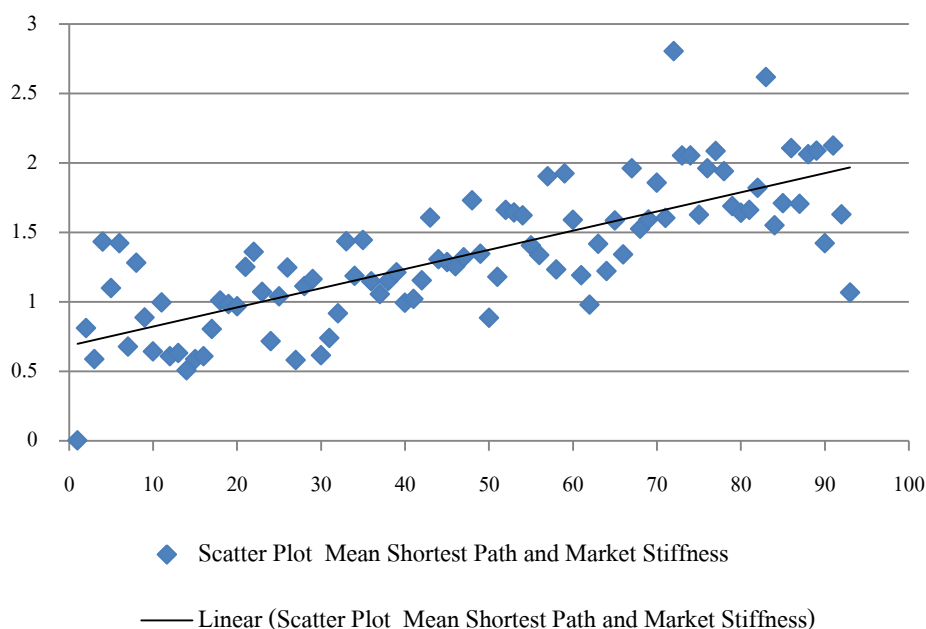
ภาพที่ 4.5 แสดงการกระจายตัว (Log Scale) ของ Degree สะสม ในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออก ระหว่าง Degree k กับ ความถี่สะสมของความน่าจะเป็น (The Cumulative Probability Distribution) ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในส่วนนี้จะนำค่าทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างภายในโครงข่ายตลาดหุ้นที่ได้จากการศึกษา มาพิจารณาระดับความแข็งแกร่งของโครงสร้างภายในโครงข่าย (Robustness) ผ่านทางค่า Mean Shortest Path โดยเริ่มจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเปราะบางของระบบ (Market Stiffness) กับ ค่า Mean Shortest Path ซึ่งจะพบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 4.6

ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mean Shortest Path และความตึงตัว (Market Stiffness) ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

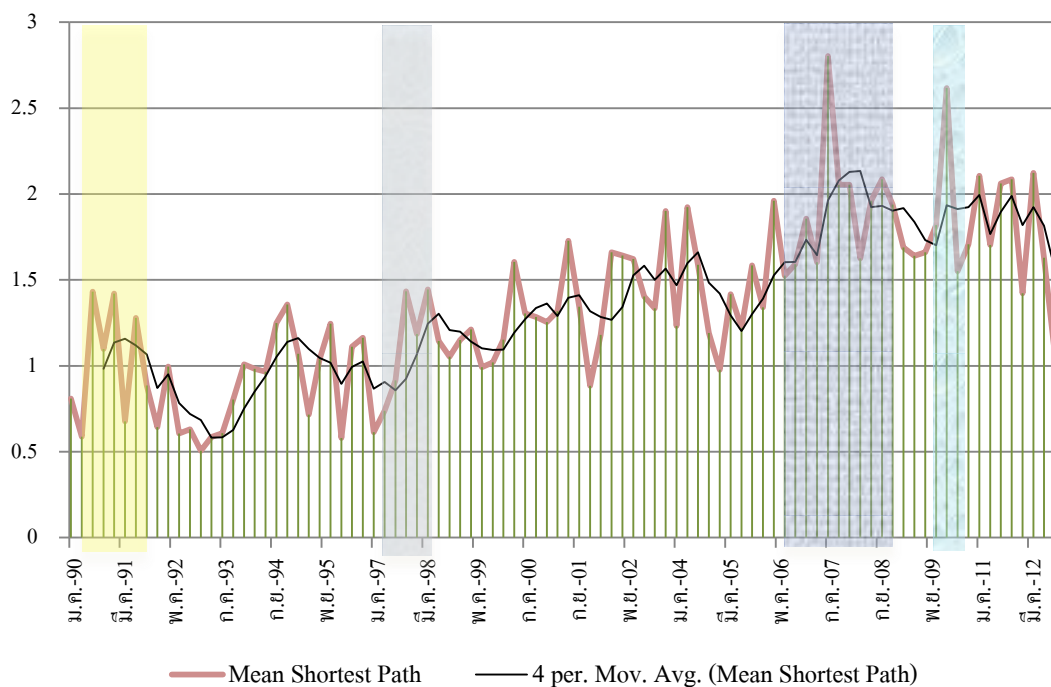


ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

โดยสามารถตีความได้ว่าความเปราะบางของโครงข่ายนั้นมีความสัมพันธ์กับค่า Mean Shortest Path ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเกิด Targeted Shock ขึ้นภายใน Small World Network ดังนั้นจากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงได้นำค่า Mean Shortest Path มาพิจารณาพลวัตของความเปราะบางหรือ ความอ่อนแอที่เกิดขึ้น ภายในโครงข่าย ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาจากจุดต่ำสุดของค่า Mean Shortest Path ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความแข็งแรงของโครงข่าย ในกรอบช่วงเวลา ปี ค.ศ. 2005 ไปยังจุดสูงสุดของปี ค.ศ. 2007 จะพบแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องคิดเป็น 180 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ จึงทำให้เผยให้เห็นถึงแนวโน้มของความเปราะบางและความอ่อนแอของโครงสร้างตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเกิดขึ้น เนื่องด้วยตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา พร้อมกับความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคอยู่ในระดับที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จึงก่อให้เกิดความเปราะบางที่ซ่อนอยู่ภายในตลาดต่างๆ โดยเฉพาะตลาดหุ้นที่มีระดับความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง เพราะว่าในตลาด

หุ้ดังกล่าวเมื่อเกิดความเปราะบางขึ้นแล้ว ก็จะส่งผลทำให้เกิดสถานะความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ต่อการติดเชื้อและลุกลาม (Contagion Effect) ขึ้นได้

ภาพที่ 4.7 แสดงพลวัตรายไตรมาส ของระดับ Mean Shortest Path ของโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ เอเชียตะวันออก



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

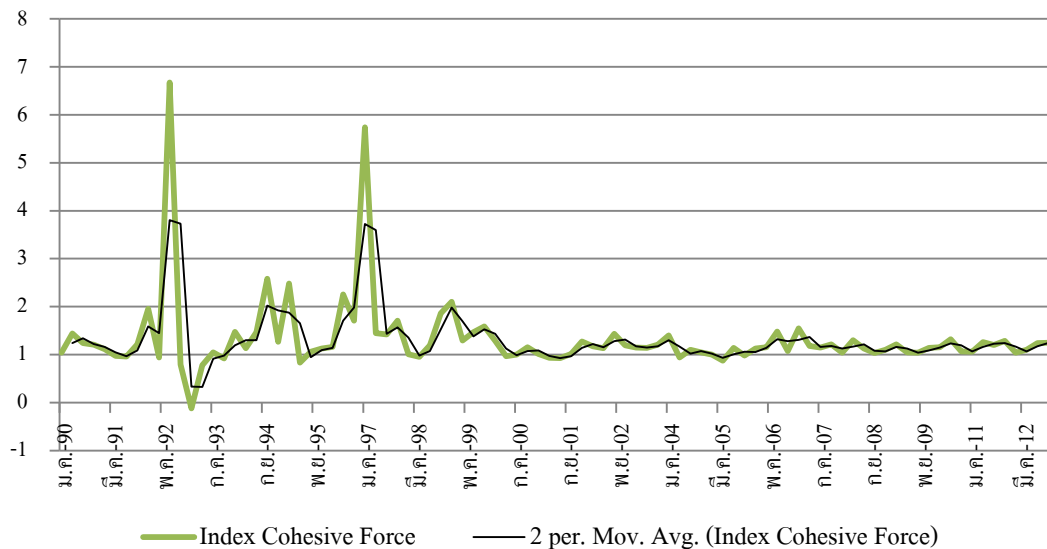
ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 4.7 ซึ่งพบว่าตลอดช่วงพลวัตที่ได้ทำการศึกษานั้น ภูมิภาคเอเชียตะวันออกมีระดับ Mean Shortest Path ที่ค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นในลักษณะวัฏจักร (Cyclical Wave) โดยแต่ละลูกคลื่นของ Mean Shortest Path จะมีจุด Peak ในแต่ละช่วงเวลา ยกตัวอย่างเช่นช่วงปี ค.ศ. 1997 ซึ่งพบว่ามีค่า Peak สูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่เกิดวิกฤตการณ์ทางการเงินภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก จึงมีความเปราะบางภายในระบบการเงินเป็นอย่างมาก ในขณะที่ในช่วง ค.ศ. 2008 ภายหลังจากล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์ ไปแล้วนั้น พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นระดับ Mean Shortest Path มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง ภายหลังจากย่อตัวจากระดับสูงสุดในช่วงปี ค.ศ. 1997 จึงทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น การพิจารณาแนวโน้มของความ

เปราะบางภายในระบบ และการเสริมสร้างความยืดหยุ่นให้กับตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว จึงเป็นสิ่งเร่งด่วนที่ผู้กำกับดูแลสถานะตลาดหุ้นควรจะทำ นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2011 นั้นยังพบอีกว่ามาตรวัดความเสี่ยง Mean Shortest Path ส่งสัญญาณแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความเสี่ยงดังกล่าวที่เริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 ซึ่งวิกฤตหนี้สาธารณะเริ่มเกิดขึ้นในประเทศกรีซและลุกลามไปสู่ประเทศในกลุ่มยูโรโซน รวมไปถึงตลาดภูมิภาคเอเชียตะวันออก ก็ได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน โดยพบว่าอัตราผลตอบแทนมีแนวโน้มที่จะลดลงในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์ดังกล่าวถึงปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสถานะติดเชื้และลุกลามของวิกฤตการณ์ ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสี่ยง Systemic Risk ขึ้น

#### 4.2.2.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดสถานะลุกลามภายในโครงข่าย (Contagion in in East Asian Stock Markets Networks)

ในส่วนของการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดสถานะลุกลามนั้น ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะนำดัชนีวัดความเสี่ยง (Systemic Parameter) มาวัดผ่านทางค่า Index Cohesive Force หรือ ICF โดยกำหนดให้ DJIA เป็นตัวแทน (Proxy) ที่มีอิทธิพลอย่างสูง ต่อตลาดหุ้นทั่วโลก ในฐานะที่เป็นตัวกลาง (Mediation) ที่สำคัญในการเชื่อมโยง และตอบสนองต่อสถานะตลาดหุ้นทั่วโลก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk ต่อการเกิดสถานะลุกลามภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ 4.8 พบว่าตลอด 23 ปีที่ได้ทำการศึกษานั้น ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้นส่งสัญญาณในการเกิดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสถานะลุกลามของวิกฤตภายในภูมิภาคอยู่ 2 ช่วงเวลา โดยในช่วงที่พบสัญญาณในการเตือนครั้งแรกนั้น พบในช่วงกรกฎาคม ค.ศ. 1992 ซึ่งให้ค่าดัชนี ICF สูงถึง 6.67 ซึ่งสูงที่สุดตลอดช่วงเวลา 23 ปีที่ได้ทำการศึกษา ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ตลาดหุ้นในประเทศเกิดใหม่ในเอเชีย อาทิเช่น ไทย อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เริ่มเกิดปัญหาฟองสบู่ในตลาดอสังหาริมทรัพย์ และตลาดหุ้น อย่างไรก็ตามช่วงเวลาหลังจากนั้นก็พบสัญญาณที่สอง ในปี มกราคม ค.ศ. 1997 ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่เริ่มเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งขึ้นในประเทศไทย โดยที่ส่งผลกระทบผ่านความเชื่อมโยงไปยังประเทศอื่นๆ และลุกลามไปยังตลาดหุ้นอื่นๆทั่วทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกในเวลาต่อมา

ภาพที่ 4.8 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

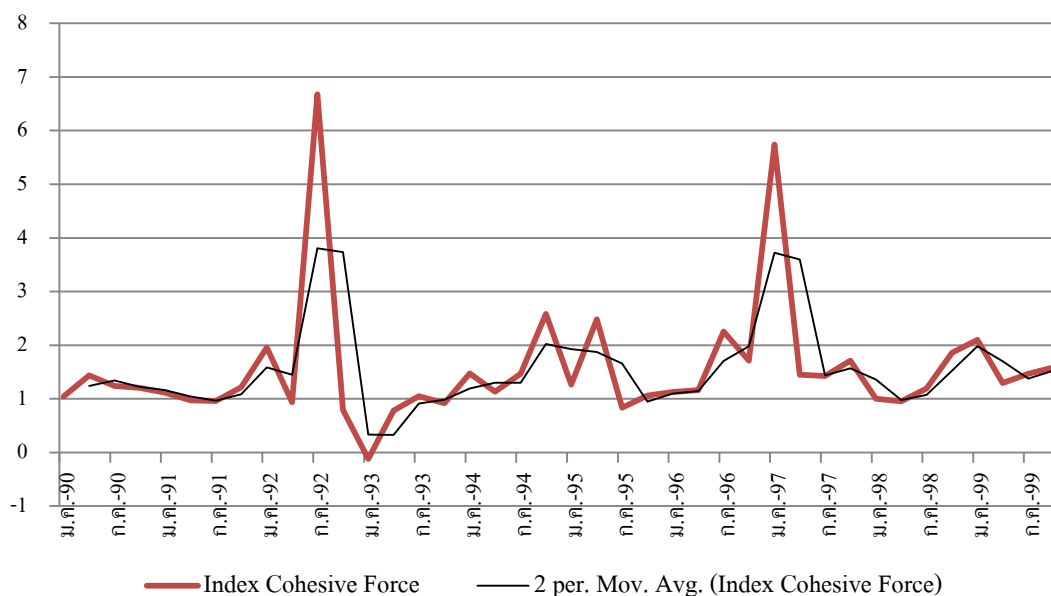


ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

อย่างไรก็ตามภายในกราฟแสดงผลพลวัตจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต ดังแสดงในภาพที่ 4.8 นั้น จะสังเกตเห็นถึงความแตกต่างระหว่าง 2 กรอบช่วงเวลาใหญ่ๆ ซึ่งได้แก่ ช่วงปี ค.ศ. 1990-1999 และ ช่วงปี ค.ศ. 2000-2012 โดยจะเห็นได้ถึงความแตกต่างระหว่าง 2 เฟสดังกล่าว ภายใต้กรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 นั้นจะเห็นได้ว่าตลาดทุนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้น ค่อนข้างที่จะเผชิญกับความแปรปรวนของสภาวะตลาด (Turbulence Phase) ในขณะที่ช่วงปี ค.ศ. 2000-2012 นั้นตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ค่อนข้างที่จะอยู่ในสภาวะสงบ (Tranquil Phase) ซึ่งค่อนข้างที่จะสอดคล้องกับสมมติฐาน และผลการศึกษาของ Elekdag et al. (2012) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบ Financial Betas ของกลุ่มเศรษฐกิจภายในภูมิภาคเอเชีย โดยในงานวิจัยดังกล่าว พบว่า ในช่วงปี ค.ศ. 1997-2001 ภูมิภาคเอเชียตะวันออก มีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง พร้อมกับความแปรปรวนของสภาวะเศรษฐกิจ แต่เมื่อพิจารณา 2002-2007 นั้นกลับพบว่าเป็นช่วงเวลาที่สภาวะเศรษฐกิจภายในกลุ่มเอเชียตะวันออก ซึ่งครอบคลุมถึงกลุ่ม ASEAN ค่อนข้างที่จะอยู่ในสภาวะสงบ (Tranquil Phase) โดยที่หลังจากนั้นในช่วงปี ค.ศ. 2008-2011 ค่าเฉลี่ยของระดับ Financial Betas ภายในภูมิภาคดังกล่าวเริ่มกลับมาอยู่ในระดับที่สูงขึ้นอีกครั้ง

ดังนั้นในงานวิจัยของเราจึงแบ่งเฟสการศึกษาเป็น 2 ช่วง โดยเมื่อพิจารณาจากช่วงแรกในกรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 นั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าดัชนี Index Cohesive Force อยู่ในระดับที่สูงมาก ซึ่งเป็นเครื่องยืนยันความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม อันเนื่องมาจากต้นตอของความเล็งดังกล่าวนั้น มาจากตลาดหุ้นที่เป็นสมาชิกภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในภาพที่ 4.9

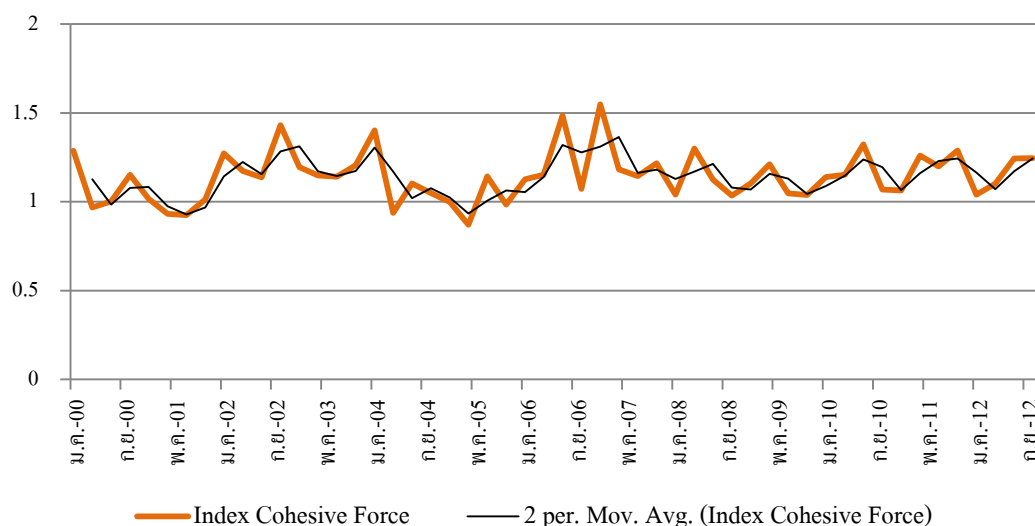
**ภาพที่ 4.9 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ภายใต้ กรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 (Turbulence Phase)**



ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากกรอบช่วงเวลาที่สอง ภายใต้ช่วงเวลา ค.ศ. 2000-2012 จะพบว่าค่าที่ได้โดยเฉลี่ยนั้น จะมีแนวโน้มน้อยกว่าในช่วงเฟสแรก จึงทำให้เฟสที่สองนี้ความเสี่ยงในการเกิดสภาวะติดเชื้อ อันเนื่องมาจากตัวกลางสมาชิกภายในภูมิภาคดังกล่าว ก่อนข้างที่จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยเมื่อเทียบกับช่วงเฟสแรก จึงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ก่อนข้างที่จะอยู่ในสภาวะสงบ (Tranquil Phase) ดังแสดงในภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10 แสดงพลวัตของดัชนี Index Cohesive Force ของตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออกเฉียงใต้ ภายใต้อายุ ระยะเวลา ค.ศ.2000-2012 (Tranquil Phase)



ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

เมื่อพิจารณาสัญญาณการเตือนความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลามในกรอบช่วงเวลาที่สองนั้น พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับดัชนี Index Cohesive Force อย่างมากในช่วงพฤษภาคม ปีค.ศ. 2005 จากระดับ 0.87 ไปสู่จุดสูงสุดที่ระดับ 1.55 ในช่วงมกราคม ค.ศ. 2007 ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง ร้อยละ 78.1 โดยเปรียบเทียบ ถึงแม้ว่าระดับ Index Cohesive Force ในช่วงมกราคม ค.ศ. 2007 จะไม่ได้มากเทียบเท่ากับ ในช่วง กรกฎาคม ค.ศ. 1992 และมกราคม ค.ศ. 1997 ก็ตามที ซึ่งน่าจะมาจากเหตุผลที่ว่าในช่วง กรกฎาคม ค.ศ. 1992 และมกราคม ค.ศ. 1997 ความเสี่ยง Systemic Risk ดังกล่าวมีต้นตอมาจากประเทศภายในกลุ่มเอเซียตะวันออกเฉียงใต้ ในขณะที่ในช่วงมกราคม ค.ศ. 2007 นั้น ความเสี่ยงดังกล่าวสะท้อนมาจากการเกิด Global Financial Shocks อันเนื่องมาจากประเทศมหาอำนาจทางการเงินอย่างสหรัฐฯ ซึ่งผลกระทบจากปัจจัยภายนอกดังกล่าวนี้ ได้ส่งผลกระทบผ่านทางความผันผวน และอัตราผลตอบแทนไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก จึงทำให้ค่าที่ได้จากดัชนี Index Cohesive Force ดังกล่าวไม่สามารถที่จะส่งสัญญาณในแง่ของความเสี่ยง Systemic Risk ได้มากเทียบเท่ากับในช่วงกรอบเวลาแรกที่ได้ทำการศึกษานัก แต่อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาดังกล่าวก็ทำให้เราสามารถที่จะมองเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างดัชนีหุ้นภายใน



ภูมิภาคเอเชียตะวันออก และดัชนีหุ้น DJIA ภายในตลาดหุ้นของสหรัฐฯ โดยเปรียบเทียบได้ระดับหนึ่งเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาถึงเหตุการณ์หลังจากการส่งสัญญาณดังกล่าวในช่วงปี ค.ศ.2007 นั้น จะพบว่า ได้เกิดวิกฤตการณ์การเงินครั้งที่ย่ำแย่ที่สุด ซึ่งเกิดจากประเทศมหาอำนาจทางการเงินอย่าง สหรัฐฯ ขึ้น ซึ่งผลพวงจากวิกฤตการณ์แฮมเบอร์เกอร์ดังกล่าว ได้ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างไปทั่วโลก สาเหตุหลักเกิดจากการตกอยู่ในสภาวะติดเชื้ของสถาบันการเงินต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภายหลังจากปิดตัวลงของ Lehman Brothers นั้นทำให้นักลงทุนในตลาดตราสารทุน ตราสารหนี้ และตราสารอนุพันธ์ เกิดความวิตกกังวลต่อการถือสินทรัพย์เสี่ยง จึงทำให้ตลาดหุ้นต่างๆเผชิญกับความเสี่ยงที่ราคาหุ้นอย่างรวดเร็ว (Fire Sale) ซึ่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกก็ได้รับผลกระทบอย่างมาก เช่นเดียวกัน ดังจะเห็นได้จากอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ตกลงอย่างหนัก พร้อมกับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นในช่วงตุลาคม ค.ศ. 2008 เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 ประกอบ

แต่ถ้ามองย้อนกลับมาที่ภาพที่ 4.2-4.3 และภาพที่ 4.7 จะพบว่ามาตรวัดระดับความผันผวนของผลตอบแทน และค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก รวมไปถึงค่า Mean Shortest Path ที่ได้จากทฤษฎีโครงข่ายนั้น ส่งสัญญาณในการเตือนระดับความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลมขึ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว พร้อมกับครอบคลุม Global Financial Shocks ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเสี่ยงนอกภูมิภาค ได้ดีกว่าการใช้สัญญาณ Index Cohesive Force (ICF) จึงทำให้การใช้สัญญาณ Index Cohesive Force (ICF) ในการเตือนนั้น มีข้อจำกัดในแง่ของการเตือนความเสี่ยงอันเนื่องมาจากการเกิด Global Shocks อย่างไรก็ดีสัญญาณ Index Cohesive Force ก็ยังถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้กำกับดูแลตลาดไม่ควรมองข้าม เนื่องจากการใช้ดัชนี ICF ในการวิเคราะห์นั้นครอบคลุมความเสี่ยง Systemic Risk ในส่วนของปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด Contagion Effect ภายในภูมิภาค ที่ผู้กำกับดูแลตลาดหลายๆคนมักมองข้ามสิ่งสำคัญในจุดนี้ไป ซึ่งมาตรวัดดังกล่าวนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ประกอบการพิจารณา และยืนยันผลที่ได้จากมาตรวัดอื่นได้เช่นเดียวกัน ในหัวข้อต่อไป เราจะมาพิจารณากันว่าตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้น จะมีความสามารถในการปรับตัวต่อ External Shock ที่เข้ามาอย่างน้อยเพียงใด

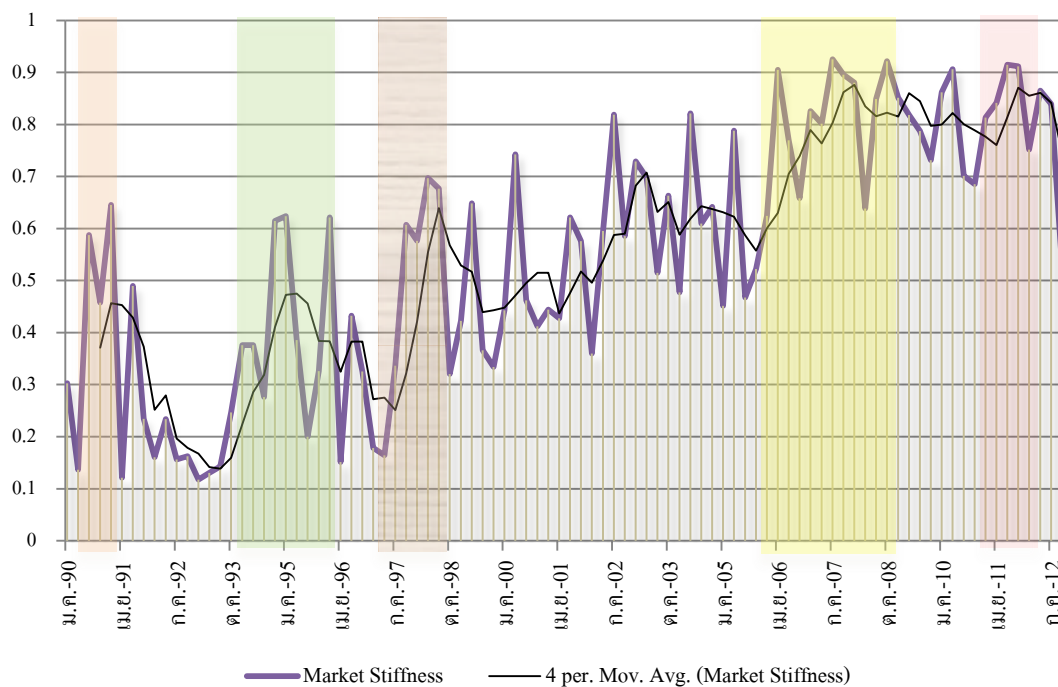
### 4.2.2.3 วิเคราะห์ความยืดหยุ่น หรือ ความสามารถในการปรับตัวภายในโครงข่าย ตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (Resilience in East Asian Stock Markets Networks)

ในการวัดความเสี่ยง Systemic Risk ในส่วนสุดท้าย จะเป็นส่วนสำคัญที่ขาดไม่ได้ เนื่องจากการวิเคราะห์ความตึงตัว หรือความเปราะบางของระบบนั้น เป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของระบบ ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถของโครงข่ายในการปรับตัว ต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานะตลาดที่เกิดขึ้น ณ ขณะเวลาใดๆ ที่กระบวนการทำงานของฟังก์ชันส่วนต่างๆภายในระบบนั้นไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสถานะที่เกิดขึ้นได้ หรืออีกนัยหนึ่ง ก็คือความสามารถในการเชื่อมโยงระบบใหม่ เพื่อใช้ในการซ่อมแซมฟื้นฟูความสามารถในการทำงานของฟังก์ชันภายในระบบ ให้กลับมาดีเหมือนเดิมอีกครั้ง ภายใต้รูปแบบดังกล่าวของการปรับตัวรู้จักกันในชื่อ “Self-healing” ซึ่งเป็นรูปแบบในการปรับตัวแบบพื้นฐานของระบบ ในที่นี้จะวิเคราะห์ความตึงตัวหรือความเปราะบางภายในตลาดหุ้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกผ่านทางมาตรวัดความเสี่ยง ที่ได้จากการนำค่า Eigenvalue มาประยุกต์ใช้ โดยแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของความตึงตัวของตลาดหุ้นทั่วทั้งภูมิภาค

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.11 จะพบว่าแนวโน้มของความตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกทั้งภูมิภาค นั้นแสดงออกให้เห็นถึงการเปลี่ยนเฟสจากแนวโน้มของความตึงตัวของตลาด (Market Stiffness) ต่ำในช่วงปี ค.ศ. 1993 ไปสู่แนวโน้มของความตึงตัวของตลาดภายในภูมิภาคที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน โดยที่มีเพียงแค่ช่วงปลายปี ค.ศ. 2012 ที่ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคมีแนวโน้มของความตึงตัวลดลง หรือมีความยืดหยุ่นสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 40 เมื่อวัดจากค่าความตึงตัวสูงสุดที่ได้ทำการศึกษาตลอดช่วง 23 ปีที่ได้ทำการศึกษา พบว่าความตึงตัวสูงที่สุดอยู่ที่ระดับ 92.5 เปอร์เซนต์โดยประมาณในช่วง กรกฎาคม ค.ศ. 2007 โดยช่วงเวลาดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นของวิกฤตการณ์ซับไพรม์ ในสหรัฐฯ ในขณะที่ความตึงตัวสูงเป็นอันดับที่สองภายในพลวัตดังกล่าวนั้นอยู่ในช่วง ตุลาคม ค.ศ. 2008 โดยอยู่ที่ระดับสูงถึง 92.1 เปอร์เซนต์ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวตลาดหุ้นทั่วโลกต่างตื่นตระหนก กับการปิดตัวของเลห์แมน บราเธอร์ ซึ่งเป็นสถาบันการเงินใหญ่อันดับต้นๆ ของสหรัฐฯ นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2011 ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้นต่างตกอยู่ในสถานะตึงตัวอย่างสูงอีกครั้ง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเกิด

วิกฤตการณ์หนี้สาธารณะในประเทศกลุ่มยูโรโซน อย่างไรก็ตามในช่วงปลายปี ค.ศ. 2012 ค่าความตึงตัวดังกล่าวกลับลดลงอย่างรวดเร็ว

ภาพที่ 4.11 แสดงพลวัตของความตึงตัวหรือความเปราะบาง ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้



ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

การที่แนวโน้มของความตึงตัวในปัจจุบันของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระดับที่สูงขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่น่าเป็นห่วง เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความเปราะบางที่ซ่อนอยู่ในตลาดการเงินดังกล่าว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่าพลวัตของสถานะตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว นั้น ไม่สามารถที่จะพิจารณาได้จากแนวโน้มของดัชนีราคาของตลาดหุ้น หรือความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาค ที่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังจะสังเกตได้เมื่อเกิดสถานะตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว ขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้วนั้น แต่กลับพบว่าแนวโน้มของดัชนีตลาด (Index Trend) ผันผวนในหลายทิศทางมาก เพราะฉะนั้นจึงทำให้สามารถประเมินความเสี่ยงได้ไม่ครบทุกรูปแบบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอให้ใช้มาตรวัดระดับความเสี่ยงระบบอื่นๆ (System-level Parameter) ควบคู่ไปกับการพิจารณาความตึงตัวของตลาด และ

ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม เนื่องจากทั้งสามเครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ และสามารถชี้วัดภาวะที่เชิงปริมาณ ต่อ พลวัตของสภาพตลาด รวมไปถึงเสถียรภาพ (Stability) ของตลาดหุ้น ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการติดตามและตรวจสอบสภาวะตลาดได้

#### 4.3 วิเคราะห์ค่าทางสถิติในแต่ละตลาดหุ้นภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

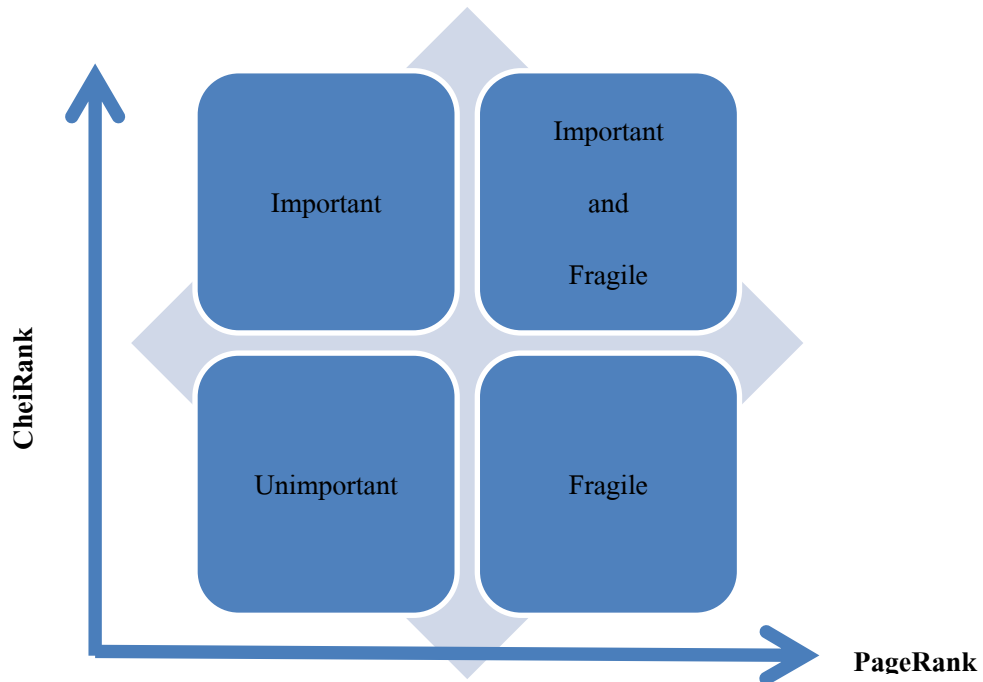
##### 4.3.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน และความสำคัญของตลาดหุ้นในภูมิภาค ในแต่ละ

##### ช่วงเวลา

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นนั้น สามารถนำกราฟ Scatter Diagram ระหว่างค่า CheiRank และ PageRank ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก<sup>11</sup> มาพิจารณาพร้อมด้วย ในฐานะที่เป็นตลาดที่มีคุณสมบัติแบบ Super-spreader หรือตลาดที่มีความแปรปรวน ดังแสดงไว้อยู่ ภาพที่ 4.12 โดยที่เกณฑ์ในการแบ่งแยกระดับความแปรปรวน และความสำคัญของตลาดหุ้นต่างๆ ภายในภูมิภาคนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยระดับ CheiRank และ PageRank ของทั้งโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งจะนำค่าดังกล่าวมาพลอตเป็นเส้นแบ่งแนวอนแทนเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของ CheiRank และเส้นแบ่งแนวตั้งแทนเกณฑ์ค่าเฉลี่ย PageRank ดังแสดงในภาพที่ 4.12 เพื่อใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CheiRank และ PageRank เป็นเกณฑ์ในการแบ่งแยกคุณสมบัติทางด้าน Centrality Metrics ภายในโครงข่าย

<sup>11</sup> หมายเหตุ: กำหนดให้ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกประกอบไปด้วย KOSPI = ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้, NKY = ดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น, TWSE = ดัชนี Taiwan Weighted ของไต้หวัน, HSI = ดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกง, PCOMP = ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, FBMKL = ดัชนี KLSE Composite ของมาเลเซีย, JCI = ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย, AS30 = ดัชนี All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย และ SET = ดัชนี SET Index ของไทย (ในช่วงตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000 – 2012 จึงจะมีข้อมูลจาก FSSTI = ดัชนี Straits Times Index ของ สิงคโปร์ มาประกอบการพิจารณาด้วย)

ภาพที่ 4.12 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CheiRank และ PageRank

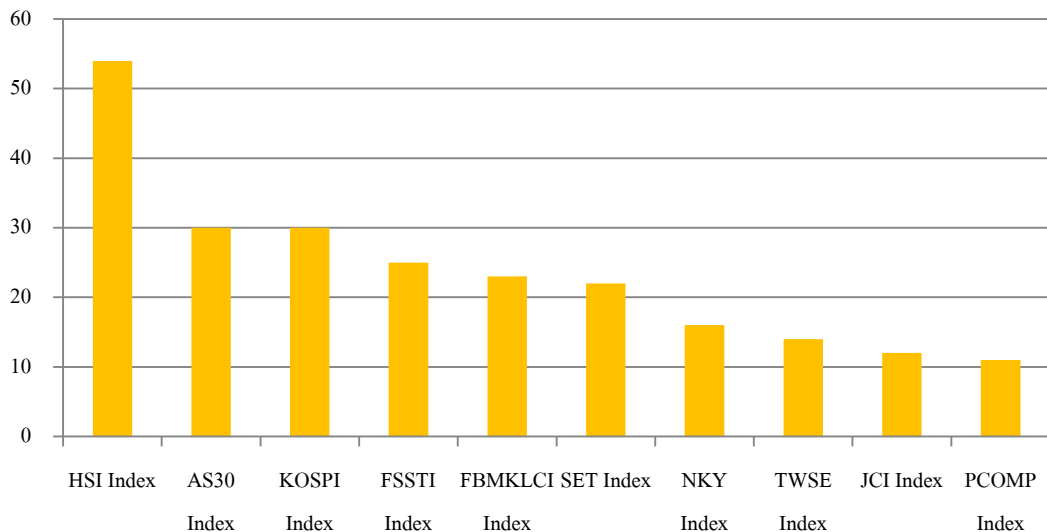


หมายเหตุ: ใช้ค่าเฉลี่ยของ CheiRank และ PageRank ในการแบ่งความสัมพันธ์

ที่มา: [www.fina.fi](http://www.fina.fi)

เมื่อพิจารณาคูสมบัติของตลาดหุ้นภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง จากภาพที่ 4.13 จะพบว่าตลาดหุ้น HSI หรือ ดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีความสำคัญ และมีระดับการส่งผ่านอิทธิพลไปยังตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง มากที่สุดภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง ตามมาด้วยตลาดหุ้น AS30 หรือ ดัชนี All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย, ตลาดหุ้น KOSPI หรือ ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้ ซึ่งมีความถี่เท่ากันเป็นอันดับที่สอง และตลาดหุ้น FSSTI หรือ ดัชนี Straits Times Index ของสิงคโปร์ ตามมาเป็นอันดับที่ 3 ภายในภูมิภาค การที่ตลาดหุ้นดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาคนั้น จะเรียกคุณสมบัติดังกล่าวว่า Super Spreader อย่างไรก็ตามการที่ตลาดหุ้นใดตลาดหุ้นหนึ่งมีอิทธิพลครอบงำตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค อยู่ในระดับสูงนั้น ในช่วงแรกตลาดดังกล่าวอาจจะยังไม่ก่อให้เกิดผลร้ายใดๆ กับตลาดอื่น แต่เมื่อใดก็ตามที่ตลาดหุ้นดังกล่าวมีความแปรปรวนสูง อยู่ในระดับสูง พร้อมกับ มีอิทธิพลครอบงำตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค เมื่อนั้นก็จะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ และลูกกลมของวิกฤตภายในภูมิภาคดังกล่าวได้ง่าย พร้อมกับแผ่ผลกระทบเป็นวงกว้างได้ด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ที่ตลาดดังกล่าวอยู่ในสภาวะติดเชื้อ

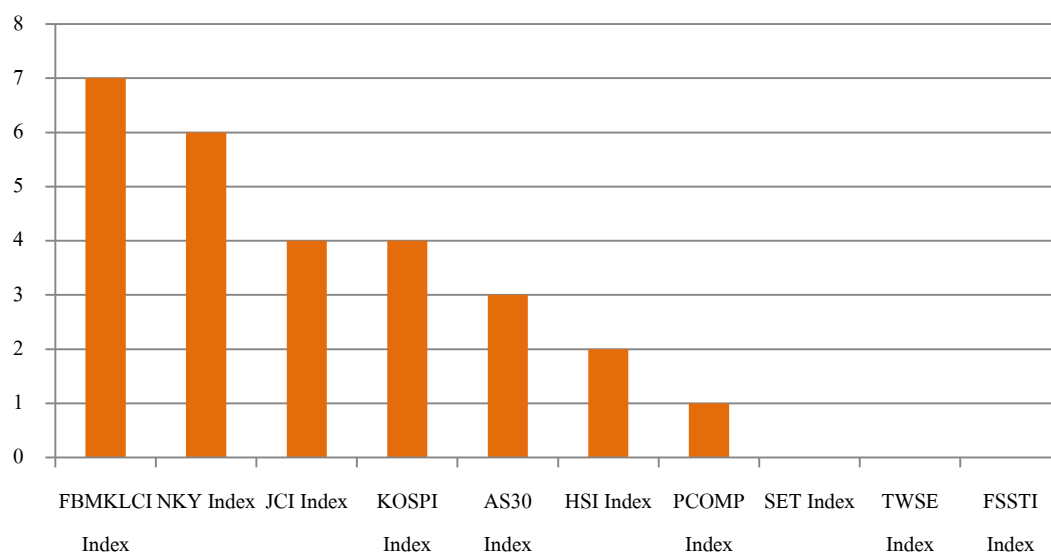
ภาพที่ 4.13 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่มีความสำคัญ แต่ไม่มีความเปราะบาง ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในขณะที่ตลาดหุ้นที่มีความถี่ในแง่ของความสำคัญและความเปราะบาง ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สูงสุด ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 ดังแสดงในภาพที่ 4.14 นั้นปรากฏอยู่ภายในตลาดหุ้น FBMKLCI หรือดัชนี KLSE Composite ของมาเลเซีย รองลงมาคือตลาดหุ้น NKY หรือดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น ตามมาด้วยอันดับสาม ซึ่งได้แก่ตลาดหุ้น JCI หรือ ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย และตลาดหุ้น KOSPI หรือ ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้ โดยการที่มีความเปราะบางแฝงอยู่ภายในตลาดหุ้นดังกล่าว พร้อมกับศักยภาพในการส่งผ่านอิทธิพลจากตลาดใดตลาดหนึ่งไปยังตลาดอื่นๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระดับที่สูงนั้น เป็นตัวบ่งชี้ถึงสถานะความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ขึ้นได้

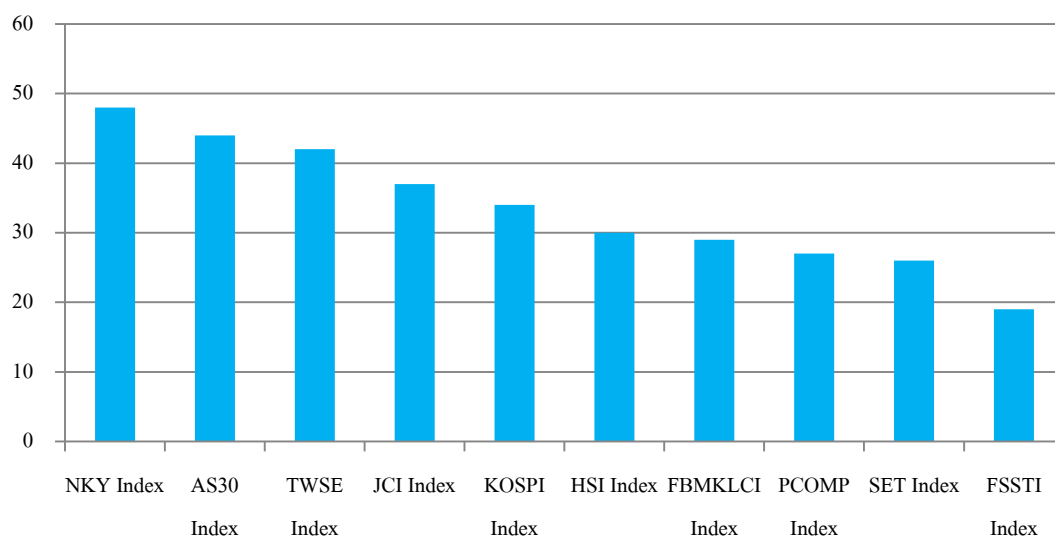
ภาพที่ 4.14 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่มีความสำคัญ และความเปราะบาง ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

เมื่อพิจารณาความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ และไม่มีความเปราะบาง ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 ดังแสดงในภาพที่ 4.15 พบว่าตลาดหุ้น NIKKY หรือ ดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น ตลาดหุ้น AS30 หรือ ดัชนี All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย และตลาดหุ้น TWSE หรือดัชนี Taiwan Weighted ของไต้หวันให้ค่าความถี่สูงสุดตามลำดับ

ภาพที่ 4.15 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ และไม่มีความแปรปรวน ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ช่วงปี ค.ศ. 1990-2012

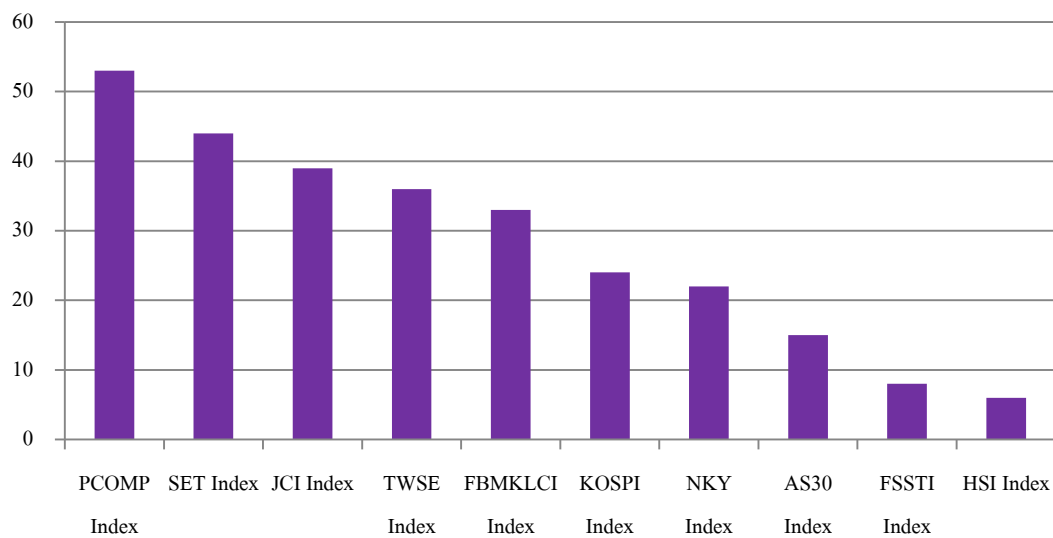


ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ แต่มีความแปรปรวน ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 ดังแสดงในภาพที่ 4.16 นั้นจะพบว่า ความถี่สูงที่สุดสามอันดับแรกอยู่ภายในตลาดหุ้นเกิดใหม่ 3 ประเทศภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีชื่อเรียกว่า “TIP” ซึ่งประกอบไปด้วย ไทย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ โดยตลาดหุ้น PCOMP หรือ ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์ เป็นตลาดหุ้นที่ไม่ได้มีความสำคัญกับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากนัก แต่เป็นตลาดหุ้นที่มีความแปรปรวนอยู่ในระดับที่สูง รองลงมาคือตลาดหุ้น SET หรือ ดัชนี SET Index ของไทย และตลาดหุ้น JCI หรือ ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสามารถที่จะเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้จากภาพที่ 4.17 เพื่อที่จะได้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น

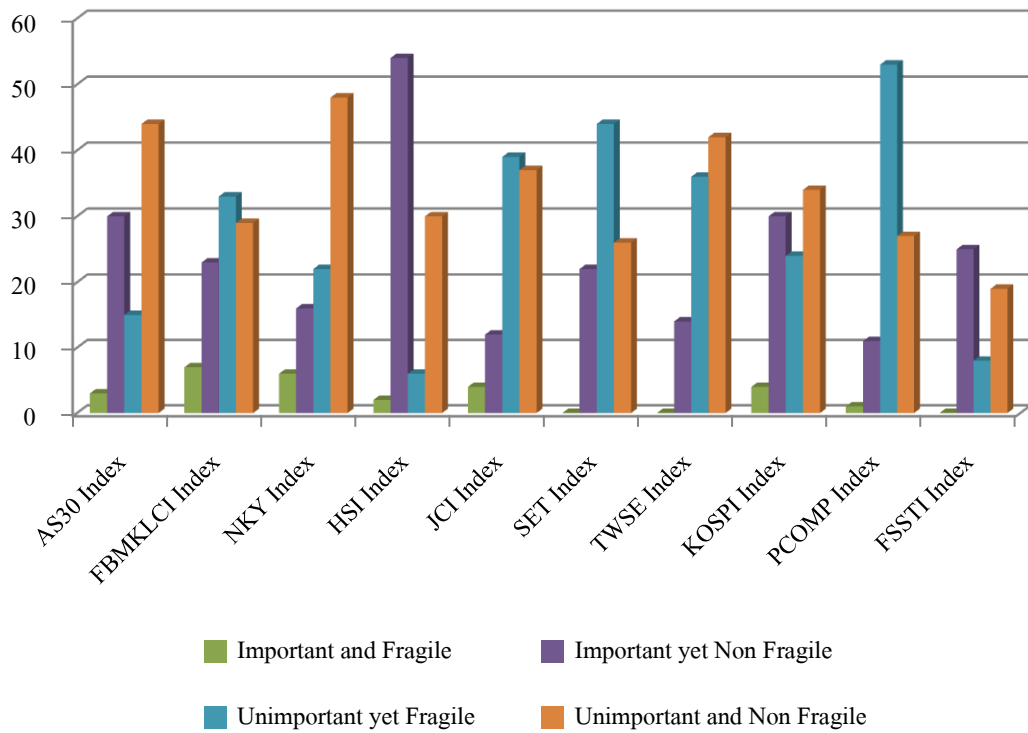


ภาพที่ 4.16 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นที่ไม่มีความสำคัญ แต่มีความแปรปรวน ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 4.17 แสดงความถี่ของสถานะตลาดหุ้นในทุกสถานะ ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้  
ช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

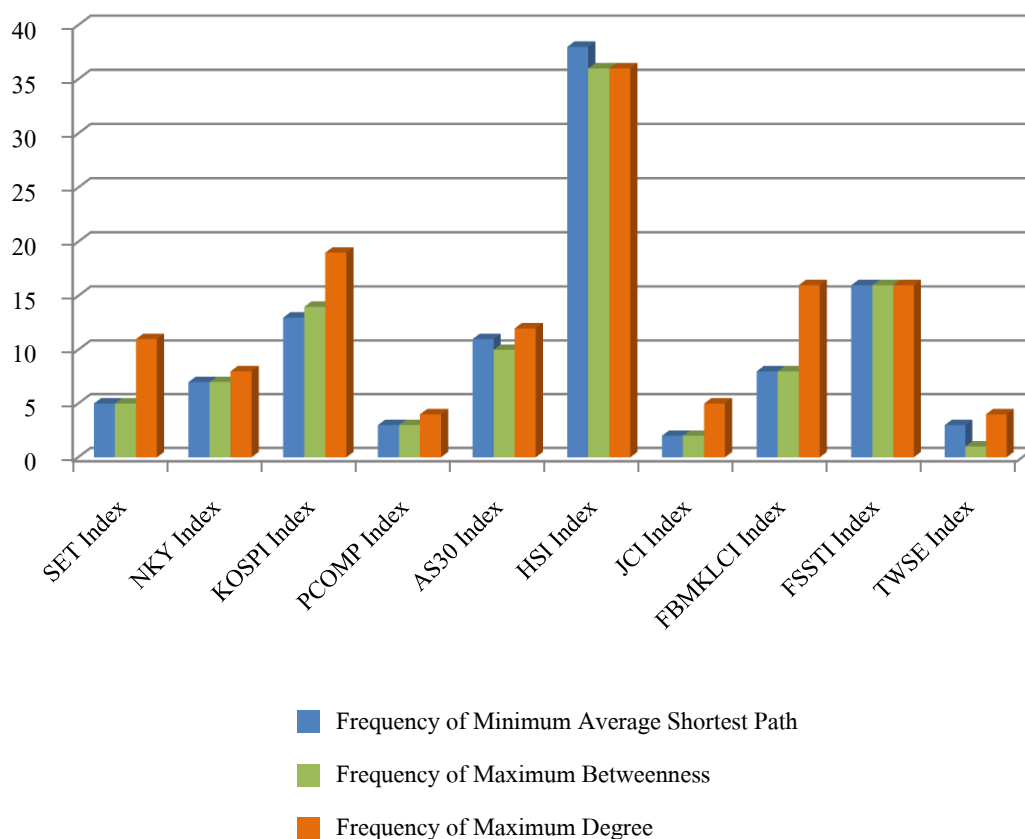
#### 4.3.2 วิเคราะห์ความเป็นศูนย์กลางของการเชื่อมโยง (Centrality Metrics) ภายใน

โครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านทางค่า Average Shortest Path ,

**Betweenness และ Degree**

ในที่นี้จะพิจารณาระดับความเป็นศูนย์กลางจากค่า Betweenness Centrality และ Average Shortest Path ประกอบกับ ระดับ Degree ดังแสดงในภาพที่ 4.18 เนื่องจากค่าทั้งสองข้างต้นนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายกว่าการวัดเพียงแค่ระดับ Degree โดยที่มีประโยชน์ทั้งในแง่การวัดระดับข้อมูลที่ส่งผ่านในตลาดหุ้นต่างๆ และความสำคัญของตัวตลาดหุ้นนั่นเอง ซึ่งในส่วนของการวัด Betweenness Centrality และ Closeness Centrality นั้นสามารถวัดผลกระทบโดยรวม (Global Effect) ที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แทนที่เป็นเพียงการวัดผลกระทบแค่เพียงระดับ (Local Effect) เหมือนดังเช่นค่า Degree จึงทำให้ มีประโยชน์การวัดระดับความเป็นศูนย์กลางของระบบ (Centrality) ซึ่ง หนึ่งในวิธีดังกล่าวก็คือการวัดระดับ Betweenness Centrality และ Closeness Centrality ซึ่งมักนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายทางการเงินที่มีความซับซ้อน (Complex Networks)

ภาพที่ 4.18 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลาง และความเชื่อมโยงของตลาดหุ้นต่างๆ  
ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



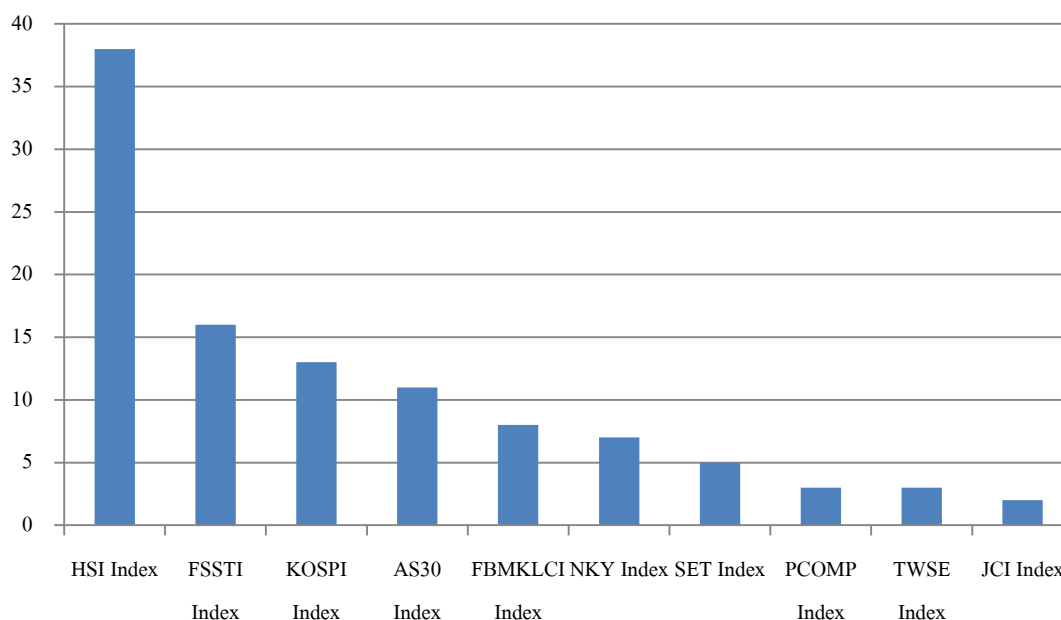
ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.18 ซึ่งแสดงค่าความถี่ทางสถิติของโครงข่ายภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะพบว่า ตลอด 23 ปีที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาระดับความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว จากระดับ Average Shortest Path ระดับ Betweenness Centrality และ Degree ประกอบกัน จะเห็นว่าภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้น ตลาดหุ้นที่เป็นศูนย์กลางการลงทุนภายในภูมิภาคได้เปลี่ยนแปลงไปอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้โครงข่ายของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้น มีลักษณะโครงข่ายแบบ Adaptive Network เมื่อพิจารณาจากความถี่ของการเป็นศูนย์กลางภายในภูมิภาคดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 4.19-4.20 นั้น จะพบว่าตลาดหุ้น HSI หรือ ดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีระดับความเป็นศูนย์กลางมากที่สุดตลอด 23 ปีที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาความสอดคล้องจากค่า Minimum Average Shortest Path และ

Maximum Betweenness ประกอบแล้วปรากฏว่าให้ผลที่ค่อนข้างสอดคล้องกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลลัพธ์จากภาพที่ 4.21 ยังพบอีกว่าตลาดหุ้นHangSeng Index ของฮ่องกง นั้นมีระดับความเชื่อมโยงสูงมากที่สุดภายในภูมิภาค ซึ่งเป็นการบ่งชี้ได้ว่าตลาดหุ้นดังกล่าวนี้เป็นที่น่าดึงดูดใจของนักลงทุนทั้งใน และนอกภูมิภาค จนทำให้ตลาดหุ้นของฮ่องกงยกระดับขึ้นมาเป็นศูนย์กลางการลงทุนของเอเชีย ได้บ่อยครั้งกว่าตลาดอื่นๆ ภายในภูมิภาค ประกอบกับตลาดหุ้นHangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีสหสัมพันธ์อยู่ในระดับที่สูงกับตลาดหุ้นญี่ปุ่น รวมไปถึงมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับภูมิภาคยุโรปผ่านทางตลาดหุ้นเยอรมนี นอกจากนี้ตลาดหุ้นฮ่องกงยังมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับภูมิภาคยุโรป ผ่านทางตัวกลางตลาดหุ้นสวิสเซอร์แลนด์เมื่อพิจารณาจากระดับสหสัมพันธ์ ที่ได้จากงานวิจัยของ Abdelwahab et al. (2008) ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะนำตัวกลางดัชนี HSI ของฮ่องกงมาใช้ประกอบการพิจารณาความเสี่ยงผ่านมาตรวัดความเสี่ยง Index Cohesive Force ว่าดังกล่าวเป็นตัวกลางในการสะท้อนความเสี่ยงผ่านอัตราผลตอบแทน และความผันผวนได้ดีมากน้อยเพียงใด

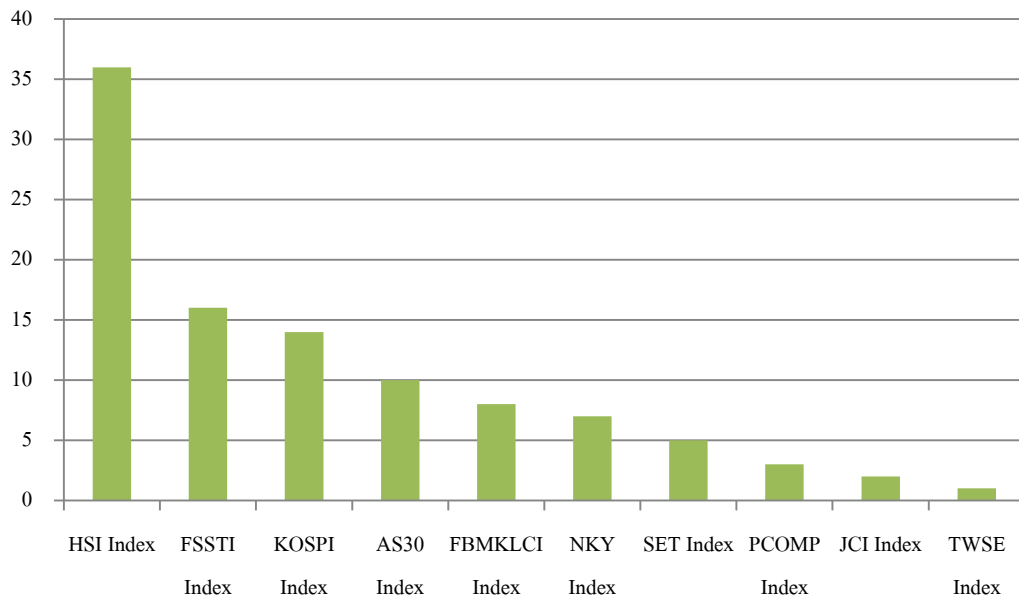
**ภาพที่ 4.19 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชีย**

**ตะวันออกผ่านทางค่า Minimum Average Shortest Path ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012**



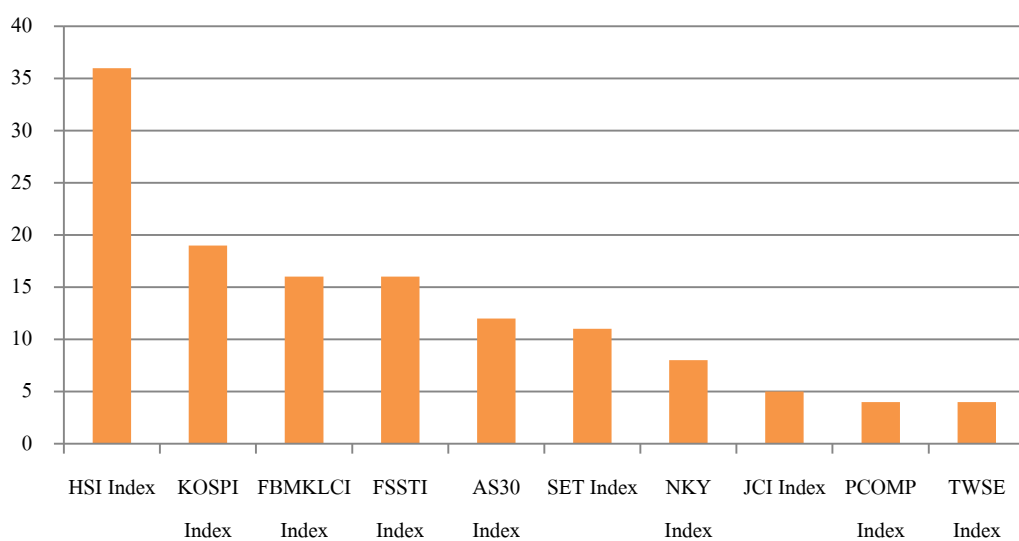
ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 4.20 แสดงความถี่ของระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงผ่านทางค่า Maximum Betweenness ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ 4.21 แสดงความถี่ของระดับความเชื่อมโยงของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงผ่านทางระดับ Maximum Degree ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

#### 4.4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนายอัตราผลตอบแทนในอนาคต ที่ได้จากการลงทุนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ด้วยแบบจำลองถดถอย (Predictive Regressions)

ในหัวข้อนี้จะนำมาวัดความเสี่ยงต่างๆ ณ เวลา  $t$  มาใช้ในการทำนายอัตราผลตอบแทนที่จะเกิดขึ้น ณ เวลา  $t+1$  เพื่อที่จะตรวจสอบประสิทธิภาพของมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ในการทำนายอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาค (กรอบช่วงเวลาในการทำนายรายไตรมาส) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการทำนายอัตราผลตอบแทน (รายไตรมาส) ในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

ณ เวลา  $t+1$

อัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา $t+1$						
ค่าคงตัว	-0.004054 (0.7090)	-0.0069 (0.6641)	-0.0061 (0.638)	-0.0046 (0.7015)	0.00069 (0.9455)	0.00219 (0.781)
Average Correlation	0.023702 (0.4312)					
Mean Shortest Path		0.0077 (0.4936)				
Market Stiffness			0.0174 (0.4267)			
ICF (m:East Asian Index)				0.00202 (0.4591)		
ICF (m:DJIA)					0.002051 (0.7535)	
ICF (m:HSI)						0.000561 (0.833)
R <sup>2</sup> (%)	5.65	3.95	5.79	4.85	0	0

หมายเหตุ: \*\* แสดงนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99, ( ) แสดงค่า P-value

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ภายในตารางที่ 4.3 จากการทำนายในช่วง  $t+1$  พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระใดๆ ที่จะสามารถทำนายอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้อย่างมีนัยสำคัญเลย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลลัพธ์จากมาตรวัดความเสี่ยง Average Correlation ในการทำนายอัตราผลตอบแทนหุ้น ภายในตลาดหุ้นใดๆ ภายในงานวิจัยของ Pollet and Wilson (2010) แล้ว พบว่าให้ผลลัพธ์ที่ไม่สอดคล้องกับการทำนายอัตราผลตอบแทนภายในกลุ่มตลาดหุ้นในระดับภูมิภาคเลย โดยในงานวิจัยของเรา แสดงให้เห็นว่ามาตรวัดความเสี่ยง Average Correlation นั้น ไม่มีความสามารถในการทำนายอัตราผลตอบแทนหุ้นภายในภูมิภาคเลย

#### 4.5 การทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วง $t+1$

ในหัวข้อดังกล่าวนี้ จะแสดงการวิเคราะห์ศักยภาพของมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ จากข้อมูลรายไตรมาส ที่คาดการณ์ข้อมูลจากช่วงเวลา  $t$  ในการทำนาย ผลลัพธ์จากการคาดการณ์ระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในช่วงเวลา  $t+1$

**ตัวแปรตาม:** ความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาค (Regional Variance) ณ เวลา  $t+1$

**ตัวแปรอิสระ:** ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Average Correlation), ค่าเฉลี่ย Shortest Path ภายในโครงข่าย (Mean Shortest Path), ICF (Index Cohesive Force) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับสถานะตั้งตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค (Market Stiffness) ณ เวลา  $t$

**วิธีการทดสอบ:** Ordinary Least Squares (OLS)



ตารางที่ 4.2 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาด  
หลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา t+1 (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012)

ตัวแปรตาม: ความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา t+1								
ค่าคงตัว	0.00281 (0.0000)	0.00246 (0.0001)	0.00264 (0.0000)	0.00317 (0.0000)	0.00316 (0.0000)	0.00286 (0.0000)	0.00396 (0.0000)	0.00219 (0.7810)
Average Correlation	0.00297 (0.0069) **							
Mean Shortest Path		0.00095 (0.0212) *						
Market Stiffness			0.00199 (0.0129) *					
(Mean Shortest Path *Avg. Cor.)				0.00114 (0.0167) *				
(Mkt. Stiff. *Avg. Cor.)					0.00272 (0.0131) *			
ICF (m:East Asian Index)						0.00022 (0.0267) *		
ICF (m:DJIA)							-0.00016 ( 0.5033)	
ICF (m:HSI)								0.00056 (0.8330)
R <sup>2</sup> (%)	7.2603	5.1428	6.0767	5.5929	6.0379	4.7	0	0.02

หมายเหตุ: \* และ\*\* แสดงนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และ ร้อยละ 99  
ตามลำดับ, ( ) แสดงค่า P-value

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.2 ซึ่ง แสดงการวิเคราะห์ความสามารถของมาตรวัดความเสถียรต่างๆ จากข้อมูลรายไตรมาส จากข้อมูลในช่วงเวลา  $t$  เพื่อที่จะทำนาย ผลลัพธ์จากการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในช่วงเวลา  $t+1$  ตลอดช่วงเวลา ปี ค.ศ. 1990-2012 พบว่ามาตรวัดความเสถียร Average Correlation, Mean Shortest Path, Market Stiffness รวมไปถึง Mean Shortest Path \*Avg. Cor. และ Mkt. Stiff. \*Avg. Cor. ที่อยู่ในตารางที่ 4.2 นั้นต่างมีนัยสำคัญในการทำนายความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยพบว่ามาตรวัดความเสถียร Average Correlation ซึ่งเป็นตัวแทนของความเชื่อมโยงของผลตอบแทนจากดัชนีหุ้นภายในภูมิภาค นั้นมีศักยภาพในการทำนายความผันแปรของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา  $t+1$  มากที่สุด รองลงมาจะเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากผลคูณระหว่างมาตรวัดความเสถียรอื่นๆ กับมาตรวัดความเสถียร Average Correlation และ ICF (m:East Asian Index) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าของมาตรวัดความเสถียร Average Correlation, Mean Shortest Path, ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก และ Market Stiffness จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ หรือ  $R^2$  ของมาตรวัดทั้งสามนั้น มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดย  $R^2$  อยู่ในช่วง 5-7% อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง ที่เพิ่มตัวแปร Mean Shortest Path และ Market Stiffness เข้ามายังแบบจำลองที่ใช้เพียงมาตรวัดความเสถียร Average Correlation เดียวในการทำนายความผันผวน เพื่อที่จะทดสอบว่ามาตรวัดความเสถียร 2 ตัวดังกล่าวนี้ สามารถนำมาซึ่งข้อมูลและศักยภาพที่เพิ่มขึ้นในการทำนายความผันผวน ณ เวลา  $t+1$  หรือไม่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.3 กลับพบว่าตัวแปรที่ใส่เพิ่มเข้ามานั้น ไม่ได้เพิ่มนัยสำคัญในการทำนายความผันผวนเลย เนื่องจากให้ผลลัพธ์ในทางตรงกันข้าม คือ ทำให้ตัวแปร Average Correlation นั้นไม่มีนัยสำคัญในการทำนายความผันผวนตามไปด้วย ถึงแม้ว่าค่า F-statistic ที่ได้ สมการพยากรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปรทั้งสองชุดรวมกันสามารถรวมกันพยากรณ์ความผันผวนที่เกิดขึ้น ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ก็ตามที่

ตารางที่ 4.3 แสดงการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองในการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา  $t+1$  (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2012)

ความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาด หลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา $t+1$			
ค่าคงตัว	0.00281 (0.0000)	0.003124 (0.0000)	0.003185 (0.0000)
Average Correlation	0.00297 (0.0069) **	0.004336 (0.1350)	0.006909 (0.1947)
Mean Shortest Path		-0.00055 (0.6110)	
Market Stiffness			-0.002921 (0.4494)
Prob(F- statistic)	0.009800	0.0318	0.0272
R <sup>2</sup> (%)	7.26	7.53	7.87

หมายเหตุ: \*\* แสดงนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99, ( ) แสดงค่า P-value

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

เมื่อพิจารณาค่า Correlation Coefficient จากตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงเมทริกซ์สหสัมพันธ์ จะพบว่า มาตรการวัดความเสี่ยง Average Correlation มีสหสัมพันธ์กับค่า Mean Shortest Path และ Market Stiffness ค่อนข้างสูงไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ามาตรการวัดความเสี่ยง Average Correlation จัดได้ว่าเป็นมาตรการวัดความเสี่ยงที่ให้ผลครอบคลุม และมีความสัมพันธ์อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับ มาตรการวัดความเสี่ยง Mean Shortest Path และ Market Stiffness ถึงแม้ว่ามาตรการวัด Average Correlation ของผลตอบแทนภายในภูมิภาค จะไม่มีศักยภาพในการทำนายอัตราผลตอบแทนในอนาคต ได้เลย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 4.1

อย่างไรก็ดีมาตรวัดความเสี่ยง Average Correlation ภายในภูมิภาค ก็ยังมีศักยภาพในการทำนายความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาคได้เป็นอย่างดี โดยทั้งนี้ยังครอบคลุมผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดความแข็งแกร่งของโครงข่าย และความตึงตัวที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคอีกด้วย

ตารางที่ 4.4 แสดงเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ

Correlation Matrix	Average Correlation	Mean Shortest Path	Market Stiffness
Average Correlation	1.000000	0.926282	0.978874
Mean Shortest Path	0.926282	1.000000	0.919990
Market Stiffness	0.978874	0.919990	1.000000

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

#### 4.5.1 การทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเซีย ตะวันออก ในช่วง +1 ภายใต้กลุ่มตัวอย่างย่อย ที่แตกต่างกันออกไป (Subsample Analysis)

ในหัวข้อนี้จะแสดงการทำนาย ค่าตัวแปรตาม ความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาคในช่วงเวลา +1 ด้วยมาตรวัดความเสี่ยงต่างๆ ในกรอบช่วงเวลา (Subsamples) ที่แตกต่างกันออกไป จากสมการถดถอย (Predictive Regressions) โดยนำไปเปรียบเทียบกับการทำนายภายใต้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (Full Sample) ที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลา ไตรมาสที่ 1/1990 จนถึง ไตรมาสที่ 4/2012 โดยในการวิเคราะห์ในส่วนนี้นั้นจะแบ่งกลุ่มช่วงเวลาย่อย ออกเป็นสองกรอบช่วงเวลา ซึ่งได้แก่ กรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 และกรอบช่วงเวลา ค.ศ. 2000-2012 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง ฤ เวลา t+1 (ในช่วงปี ค.ศ. 1990-1999)

ตัวแปรตาม: ความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง ฤ เวลา t+1				
กรอบช่วงเวลา	ค.ศ. 1990-1999			
ค่าคงตัว	0.002240	0.001396 (0.1737)	0.002226 (0.0006)	0.001939 (0.0025)
Average Correlation	0.007256 (0.0028) **			
Mean Shortest Path		0.002194 (0.0328) *		
Market Stiffness			0.003642 (0.0176) *	
ICF (m:East Asian Index)				0.000644 (0.0071) **
R <sup>2</sup> (%)	16.6521	6.6841	9.2677	18.23

หมายเหตุ: \* และ\*\* แสดงนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และ ร้อยละ 99

ตามลำดับ, ( ) แสดงค่า P-value

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ และทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาส ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง ฤ เวลา t+1 ภายใต้กรอบช่วงเวลาแรก (ค.ศ. 1990-1999) ในตารางที่ 4.6 พบว่า ในหลายๆมาตรวัดความเสี่ยง ที่เป็นตัวเลือกในการทำนาย นั้นมีความสามารถในการทำนาย ก่อนข้างเพิ่มขึ้นในระดับ Subsample ภายใต้กรอบช่วงเวลาแรก (ค.ศ. 1990-1999) ซึ่งสำหรับศักยภาพในการทำนายภายใต้กลุ่มตัวอย่างย่อยดังกล่าว (In-sample Forecasting Power) นั้น มาตรวัดความเสี่ยง ICF (m:East Asian Index) ซึ่งเป็นตัวแทนของ Index Cohesive Force ภายใต้ตัวกลางของดัชนีของตลาดหุ้นรายภูมิภาค นั้นยังคงมีศักยภาพในการทำนายความผันแปร

ของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา  $t+1$  มากที่สุด สอดคล้องกับผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แบบ Full Sample รองลงมา ก็จะเป็นมาตรวัด Average Correlation, Market Stiffness และ Mean Shortest Path ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม มาตรการวัดความเสี่ยงทุกตัว ยังคงมีนัยสำคัญในการทำนาย และสอดคล้องกับการพิจารณาในรูปแบบ Full Sample อยู่เช่นเคย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์และทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา  $t+1$  ภายใต้กรอบช่วงเวลาที่สอง (ค.ศ. 2000-2012) ในตารางที่ 4.6 นั้น พบว่าไม่มีมาตรวัดความเสี่ยงใดเลยที่มีนัยสำคัญในการทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา  $t+1$  ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งที่ทำให้มาตรวัดความเสี่ยง Average Correlation, Mean Shortest Path, ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก และ Market Stiffness นั้นไม่มีนัยสำคัญในการทำนายเลย อาจเป็นไปได้ว่าความเสี่ยงของตลาดหุ้นต่างๆ เหล่านั้น ค่อนข้างที่จะขึ้นอยู่กับปัจจัย Financial Global Shock ที่เกิดขึ้นในตลาดการเงินสหรัฐฯ ในช่วงทศวรรษดังกล่าว ค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็น วิกฤตการณ์ดอทคอม และวิกฤตการณ์ซับไพรม์ ซึ่งส่งผลกระทบไปยังตลาดหุ้นต่างๆ ทั่วโลก จนส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ หรือ  $R^2$  ของมาตรวัดต่างๆ มีความสามารถที่ลดลงในการอธิบายความผันแปรของระดับความผันผวน

ตารางที่ 4.6 แสดงการทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ภายในตลาด  
หลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ณ เวลา t+1 (ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2012)

ตัวแปรตาม: คาดการณ์ความผันผวนของอัตราผลตอบแทน รายไตรมาส ในตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออก ณ เวลา t+1				
กรอบช่วงเวลา	ค.ศ. 2000-2012			
ค่าคงตัว	0.0027 (0.002)	0.0022 (0.068)	0.0024 (0.0552)	0.00345 (0.0012)
Average Correlation	0.0026 (0.176)			
Mean Shortest Path		0.0009 (0.180)		
Market Stiffness			0.00214 (0.2079)	
ICF (m:East Asian Index)				0.0992 (0.5953)
R <sup>2</sup> (%)	3.8337	3.7572	3.3357	0.2

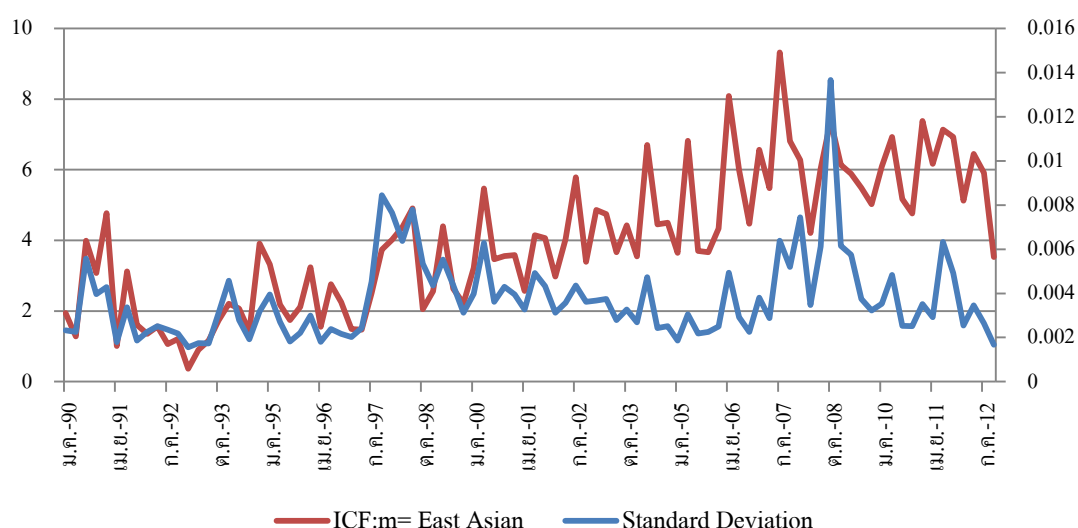
หมายเหตุ: \*\* แสดงนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99, ( ) แสดงค่า P-value

ที่มา: ประมวลผลด้วย Eviews

ดังนั้นในการทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนรายไตรมาสภายในระดับภูมิภาค  
ณ เวลา t+1 ควรที่จะเลือกนำมาวัดความเสี่ยง Regional Variance ซึ่งเป็นตัวแทนของความผัน  
ผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค รวมไปถึง องค์ประกอบที่เกิดจากผลคูณระหว่างมาตรวัดความ  
เสี่ยงต่างๆ กับมาตรวัดความเสี่ยง Regional Variance มาใช้ในการทำนาย เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่  
สม่าเสมอ และมีนัยสำคัญ ตลอดช่วงการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการทำนายแบบ Full sample และ  
Subsample

โดยที่พลวัตของมาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออก ดังแสดงให้เห็นภายในภาพที่ 4.22 ซึ่งจะเห็นว่ามาตรวัดดังกล่าว ค่อนข้างที่จะมีความสามารถในการเตือนความผันผวนที่เกิดขึ้นล่วงหน้า (Early Warning) ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี ค.ศ. 1990-1999

ภาพที่ 4.22 แสดงพลวัตของ ความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชีย ตะวันออก (แกนขวา) และมาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (แกนซ้าย)



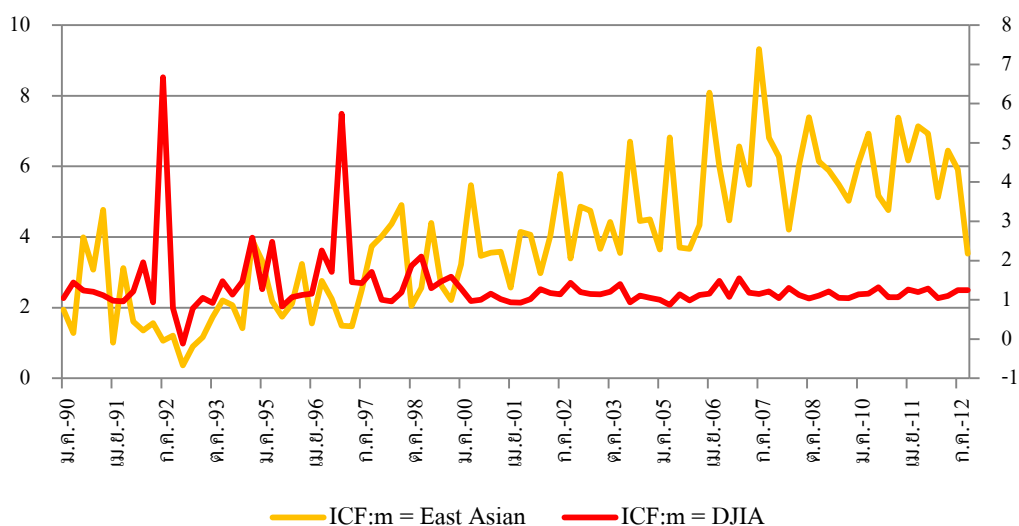
ที่มา: ประมวลผลด้วย SPSS และ Microsoft Excel

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพลวัตของ มาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี DJIA และมาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ 4.23 แล้ว จะพบว่าค่าที่ได้จากมาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี DJIA ค่อนข้างที่จะมีขนาดน้อยกว่า มาตรวัดความเสี่ยง ICF ที่ได้จากตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ค่อนข้างมาก โดยจะเห็นแนวโน้มของ ICF จากตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ.1993 เป็นต้นไปจนถึงปัจจุบัน ในขณะที่ค่า ICF ที่ได้จากตัวกลางดัชนี DJIA กลับมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าตั้งแต่ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นต้นมานั้น อิทธิพลของตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกนั้นมี



แนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกดังกล่าวนั้น กลับถูกผลักดันด้วยอิทธิพลแฝงจากตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยง Systemic Risk ในแง่ของการเกิดสภาวะลูกกลมที่เกิดขึ้นจากภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ แทนที่จะเกิดจากการส่งผ่านอิทธิพลแฝงมาจากตลาดหุ้น DJIA ของสหรัฐฯ ในฐานะที่เป็นตัวกลาง (Mediation) ที่สำคัญในการเชื่อมโยง และตอบสนองต่อสภาวะตลาดหุ้นทั่วโลก ซึ่งก็สอดคล้องกับความเป็นจริงตลอดช่วงเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา ที่การตอบสนองและความเคลื่อนไหวของดัชนีราคาของตลาดหุ้นในแต่ละประเทศ ภายในภูมิภาคดังกล่าว มักเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของทั้งภูมิภาคนั้น ทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวผลักดันระดับอิทธิพลแฝงไปยังตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค

ภาพที่ 4.23 แสดงพลวัตของ มาตรการวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี DJIA (แกนขวา) และ มาตรการวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (แกนซ้าย)

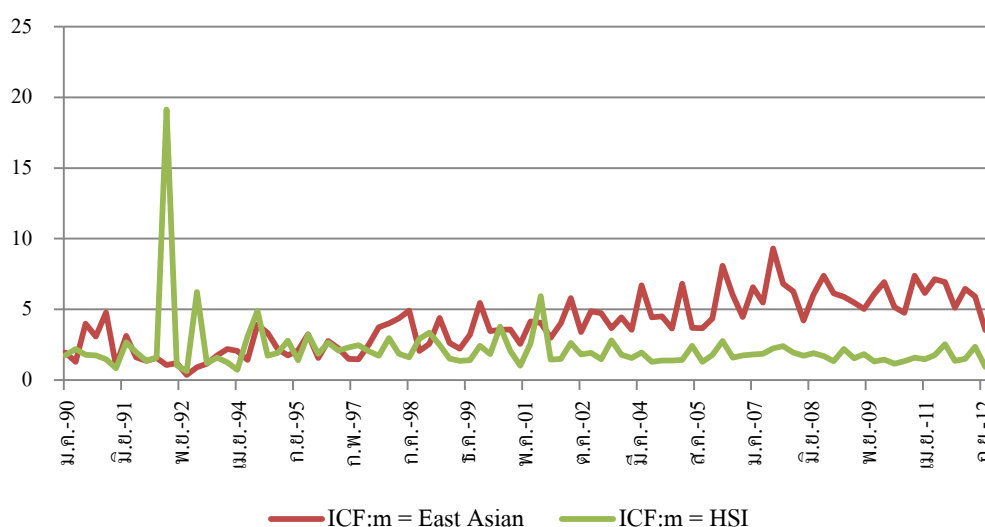


ที่มา: ประมวลผลด้วย SPSS และ Microsoft Excel

อย่างไรก็ดี ความเสี่ยงที่แฝงอยู่ในตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของทั้งภูมิภาค อาจเป็นป้อนเกิดที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อการประเดินความเสี่ยงทางด้าน Systemic Risk อันเนื่องมาจากความแปรปรวน ภายในภูมิภาคดังกล่าวเองก็ดี หรือตัวกลางใด ตัวกลางหนึ่งที่มีความสำคัญภายในระบบ

ดังกล่าว ซึ่งอยู่ในสภาวะเปราะบาง และอ่อนแออย่างมาก โดยที่เมื่อใดก็ตามที่มี Shock เข้ามา แล้วตัวกลางดังกล่าวอาจทำหน้าที่เป็นตัวขยาย Shock ไม่ว่าจะเป็นความกลัว หรือสภาวะตื่นตระหนก (Panic) ที่กำลังจะเกิดขึ้น ผ่านความเชื่อมโยงระหว่างตลาดทุนต่างๆ ทั้งในแง่ของข่าวสาร และการรวมกลุ่มการเงิน จนนำไปสู่สภาวะล้มเหลว ภายในตลาดหุ้นใดๆ ที่เหลือภายในโครงข่ายภูมิภาค และเป็นบ่อเกิดของการเกิดสภาวะลุกลาม (Contagion) ขึ้น จนนำไปสู่วิกฤตในที่สุด ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ผู้กำกับดูแลตลาดหุ้น ควรให้ความสำคัญในการตรวจสอบ และประเมินความเสี่ยงในรูปแบบดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบความเสี่ยงที่เกิดจากตลาดหุ้นใหญ่ๆ ที่มีความเชื่อมโยงอยู่ในระดับที่สูง หรือแม้กระทั่งการใช้ค่า Index Cohesive Force เป็นทางเลือกในการตรวจสอบ

ภาพที่ 4.24 แสดงพลวัตของ มาตรการวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนี HSI และมาตรการวัดความเสี่ยง ICF ที่มีตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก



ที่มา: ประมวลผลด้วย SPSS และ Microsoft Excel

เมื่อพิจารณาระดับอิทธิพลของตัวกลางที่เป็นตัวผลักดันความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคให้สูงขึ้นนั้นจากภาพที่ 4.24 พบว่า ดัชนี HSI ที่เป็นดัชนีที่มีความเป็นศูนย์กลางมากที่สุดภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้น ค่อนข้างที่จะส่งระดับอิทธิพลแฝงในการผลักดันความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้นในช่วงต้นทศวรรษ 1990 แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มหลังจากปี ค.ศ. 1997 เป็นต้นมานั้น กลับพบว่าดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกทั้งภูมิภาคทำหน้าที่เป็นตัวผลักดันความ

เชื่อมโยงภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้น จึงเปรียบเสมือน Cohesive Force ที่เป็นตัวส่งปัจจัยเสี่ยงแฝง (Exposure) ที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้นได้ ในแง่ของความผันผวนที่เกิดขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาในแง่ของเสถียรภาพ (Stability) จากการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของโครงสร้างภายในโครงข่ายทางการเงิน จะพบว่าปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพภายในตลาดหุ้น นั่นคือความแข็งแกร่งของโครงสร้างภายในโครงข่าย (Robustness in Network) ซึ่งแสดงออกให้เห็นว่าโครงข่ายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก นั้น มีทั้งความแข็งแกร่ง (Robust) และเปราะบาง (Fragile) อยู่ร่วมกันภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งจากผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ไม่มีมาตรวัดความเสี่ยงใดเลยที่ ถือเป็นมาตรวัดความเสี่ยงที่มีศักยภาพในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคได้ดีที่สุด ถึงแม้ว่าความเสี่ยง Aggregate Risk ที่สะท้อนผ่านระดับสหสัมพันธ์โดยเฉลี่ยภายในภูมิภาค จะเป็นตัวหลักต้น และทำนายอัตราผลตอบแทนของหุ้นในตลาดหุ้นใด ตลาดหุ้นหนึ่ง ได้ดีที่สุด ก็ตามที่ ดังแสดงในงานวิจัยของ Pollet and Wilson (2010) แต่อย่างไรก็ดีในการศึกษาความเสี่ยงจากอัตราผลตอบแทนในระดับภูมิภาค ภายในงานวิจัยของเรา กลับพบว่าไม่มีมาตรวัดความเสี่ยงใดที่จะสามารถทำนายผลอัตราผลตอบแทนได้ดีที่สุดในระดับภูมิภาคนั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการทำนายความผันผวนของผลตอบแทน ที่ได้จากตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก กลับพบว่ามาตรวัดความเสี่ยง Average Correlation นั้นสามารถที่จะทำนายความผันแปรของตัวแปรตาม อัตราผลตอบแทนของดัชนีหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ในช่วง  $t+1$  ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ ตัวแปรอิสระอื่นๆในการทำนาย โดยที่ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน นั้นถือเป็นมาตรในการวัดความเสี่ยงรูปแบบ Agregate Risk ที่ให้ผลลัพธ์ครอบคลุมในการวัดความแข็งแกร่งของโครงข่ายภายในภูมิภาคที่สะท้อนผ่าน ค่า Mean Shortest Path ภายในโครงข่าย รวมไปถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับสถานะตั้งตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค อีกทั้งยังพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากไปในทิศทางเดียวกันกับ 2 มาตรวัดดังกล่าว

นอกจากนี้ในการพิจารณาความเสี่ยงอันเนื่องมาจากความผันผวนของผลตอบแทน หรือเสถียรภาพของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้น แสดงให้เห็นว่า ระดับ Mean Shortest Path

ภายในโครงข่าย และค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Average Correlation) รวมไปถึง มาตรฐานวัดความตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Market Stiffness) ต่างเป็น องค์ประกอบที่สำคัญในการอธิบายความผันแปรของระดับความผันผวนของผลตอบแทนในระดับ ภูมิภาค ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ บ่งชี้ว่ามาตรฐานวัดความเสี่ยงทั้งสาม ต่างเป็นองค์ประกอบที่มีความ โดดเด่น (Dominant Component) ในการตรวจสอบเสถียรภาพ ภายในโครงข่ายตลาด หลักทรัพย์เอเชียตะวันออกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นการวัดความเสี่ยงในอีกแง่มุมผ่านความผัน ผวนของผลตอบแทนนั้น สามารถที่จะนำมาตราวัดความเสี่ยงที่ได้จากโครงข่ายตลาดหุ้นภายใน ภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Mean Shortest Path) และค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Average Correlation) รวมไปถึง มาตรฐานวัดความตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Market Stiffness) อย่างใดอย่างหนึ่งมาใช้ประกอบ การทำนายความผันผวนของผลตอบแทน ภายในภูมิภาค ได้เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในวิเคราะห์ และทำนายความเสี่ยงผ่านระดับความผันผวนของ ผลตอบแทนภายในภูมิกานั้น จะพบว่า ในช่วงการทำนาย 1 ไตรมาส นั้นยังมีอีกหนึ่ง มาตรฐานวัด ความเสี่ยงที่มีนัยสำคัญ ซึ่งได้แก่ Index Cohesive Force ที่ใช้ตัวกลาง East Asian Index ในการ ทำนายระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคทั้งหมด โดยเมื่อพิจารณา ความสามารถในการอธิบายความผันแปรของระดับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายใน ภูมิภาค ในทุกช่วงเวลาแล้ว จะพบว่าศักยภาพในการทำนายระดับความผันผวนของอัตรา ผลตอบแทนภายในภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง ปี ค.ศ. 1990-1999

ทั้งนี้ในการพิจารณาว่าตัวกลางใดที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลักค้น ความเชื่อมโยงภายในภูมิภาค ให้สูงขึ้น นั้น ด้วยการเปรียบเทียบขนาดของ Exposure ที่ก่อกำเนิดจากตัวกลาง HSI ซึ่งเป็นดัชนีที่มี ความเป็นศูนย์กลางมากที่สุดภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก, ดัชนี DJIA ที่เป็นเสมือนตัวกลาง ภายนอกที่มีอิทธิพลต่อภูมิภาคเอเชียตะวันออกมากที่สุด และ East Asian Index ที่เป็นเสมือนตัว สะท้อนแนวโน้มของผลตอบแทนทั้งภูมิภาค ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าดัชนี DJIA และ HSI ก่อนข้างที่จะมี ขนาดของการส่งระดับอิทธิพลแฝง ต่อการผลักดันความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้น ในช่วงต้นทศวรรษ 1990 แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มหลังจากปี ค.ศ. 1997 เป็นต้นมานั้น กลับพบว่า

ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกทั้งภูมิภาค (East Asian Index) ทำหน้าที่เป็นตัวผลักดันความเชื่อมโยงภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้น จึงเปรียบเสมือน Cohesive Force ที่เป็นตัวส่งปัจจัยเสี่ยงแฝง(Exposure) ที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาคให้เพิ่มสูงขึ้นได้ ในแง่ของความผันผวนที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ และทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ในช่วงการทำนาย 1 ไตรมาส ภายใต้กรอบช่วงเวลา ค.ศ. 1990-1999 พบว่า มาตรการวัดความเสี่ยง Index Cohesive Force ที่ใช้ตัวกลาง East Asian Index มีศักยภาพในการทำนายมากที่สุด ในขณะที่ในช่วงเวลา ค.ศ. 2000-2012 กลับพบว่าไม่มีมาตรวัดใดเลยที่มีนัยสำคัญและศักยภาพในการทำนายความผันผวนที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ดีจึงสามารถทำให้เราสรุปได้ว่า ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงภายในตลาดการเงินนั้น ควรให้ความสำคัญทั้งในแง่ของ Aggregate Risk และ Systemic Risk ประกอบกัน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดความเสี่ยงของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้น พบว่า ถึงแม้อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ ระหว่างอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก จะไม่สามารถทำนายความผันผวนของอัตราผลตอบแทนได้ดีที่สุดก็ตาม แต่ในอีกแง่มุมหนึ่งค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนของดัชนีหุ้น สามารถทำหน้าที่เป็นมาตรวัดความเสี่ยง Aggregate Risk ที่เกิดขึ้นกับภูมิภาคดังกล่าวได้ เพียงแต่เป็นการวัดความเสี่ยงรวมของทั้งภูมิภาคเท่านั้น ในแง่ของการทำนายความผันผวนที่เกิดขึ้น ในขณะที่ในแง่ของการพิจารณาว่าดังกล่าวเป็นตัวผลักดันความผันผวนที่เกิดขึ้นในอนาคตนั้น สามารถที่จะนำพบว่า มาตรการวัดความเสี่ยง Index Cohesive Force ที่ใช้ตัวกลางดัชนีราคาของทั้งภูมิภาคดังกล่าว มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงและความผันผวนที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาค ดังนั้นในการวัดความเสี่ยงของทั้งภูมิภาคนั้น ควรให้ความสำคัญกับความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ด้วย ดังจะเห็นได้จากหลายครั้งในอดีตที่ความเสี่ยงของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกดังกล่าว นั้นสะท้อนให้เห็นผ่านทางแหล่งกำเนิดของความเสี่ยงในรูปแบบ Systemic Risk ซึ่งได้แก่ ความแข็งแกร่ง และความยืดหยุ่นของโครงข่ายทางการเงิน โดยพิจารณาได้จากค่า Mean Shortest Path และมาตรวัดความตึงตัวของตลาดหุ้นในระดับภูมิภาค (Market Stiffness) ตามลำดับ

ในขณะที่การใช้มาตรวัดความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลามที่ได้จากดัชนี Index Cohesive Force (ICF) ที่ใช้ตัวกลาง DJIA ในการเดือนนั้น กลับมีข้อจำกัดในแง่ของการเดือนความเสี่ยง อันเนื่องมาจากการเกิด Global Shocks จึงทำให้มาตรวัดความเสี่ยงอื่นๆ ส่งสัญญาณในการเดือนระดับความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลามขึ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว ได้ดีกว่า เนื่องจากมีการส่งสัญญาณครอบคลุม Global Financial Shocks ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเสี่ยงนอกภูมิภาค ได้ดีกว่าการใช้สัญญาณจาก Index Cohesive Force (ICF) ที่ใช้ตัวกลาง DJIA ในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามวิธีที่ดีสัญญาณที่ได้จาก Index Cohesive Force ก็ยังถือเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้กำกับดูแลตลาดไม่ควรมองข้าม เนื่องจากการใช้ดัชนี ICF ที่ใช้ตัวกลางเป็นดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของทั้งภูมิภาค ในการวิเคราะห์นั้นครอบคลุมความเสี่ยง Systemic Risk ในส่วนของปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด Contagion Effect ภายในภูมิภาค ที่ผู้กำกับดูแลตลาดหุ้นมองข้ามถึงสำคัญในจุดนี้ไป ทั้งนี้ Index Cohesive Force (ICF) ที่ใช้ตัวกลางดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของทั้งภูมิภาคในการวิเคราะห์นั้น ถือเป็นมาตรวัดความเสี่ยงหนึ่งที่มีความโดดเด่นในการทำนายความผันผวนที่เกิดขึ้น นอกจากนี้มาตรวัดความเสี่ยงดังกล่าวนี้ ยังสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ประกอบการพิจารณา ร่วมกับมาตรวัดความเสี่ยงอื่นๆ ได้เช่นเดียวกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถนำมาใช้พิจารณาระดับอิทธิพลแฝง ที่ได้เกิดจากตัวกลางที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากดัชนี Index Cohesive Force ได้อีกด้วย

ถึงแม้ว่ามาตรวัดความเสี่ยง Mean Shortest Path ที่ได้จากทฤษฎีโครงข่าย และมาตรวัดสภาวะตั้งตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคนั้น จะไม่ใช่มาตรวัดความเสี่ยง Systemic Risk ที่ทำนายอัตราผลตอบแทนได้อย่างมีนัยสำคัญก็ตาม อย่างไรก็ตามในแง่ของการวัดความเสี่ยง Systemic Risk จากความผันผวนของผลตอบแทนนั้น กลับพบว่ามาตรวัดความเสี่ยง Mean Shortest Path นั้นมีความสามารถในการอธิบายความผันแปรของความผันผวนของผลตอบแทนภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกได้เป็นอย่างดี รวมไปถึงมีนัยสำคัญในการทำนายตลอดช่วงเวลาการทำนาย 1 ไตรมาส (3 เดือน)

อย่างไรก็ดีในการวัดความเสี่ยง Systemic Risk ของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกนั้นสามารถสะท้อนผ่านทาง ความผันผวนของอัตราผลตอบแทนภายในภูมิภาค โดยเป็นเสมือนการวัดการตอบสนอง และปฏิสัมพันธ์ของนักลงทุนว่ามีพฤติกรรมอย่างไร ซึ่งผลจากการศึกษา

พบว่า Mean Shortest Path ภายในโครงข่าย และค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Average Correlation) รวมไปถึง มาตรการความตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Market Stiffness) ต่างเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์ที่มีความโดดเด่น ในการอธิบายความผันผวนที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาค ที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสถานะเศรษฐกิจมหภาค และวัฏจักรเศรษฐกิจ รวมไปถึงนโยบายเศรษฐกิจ เป็นต้น ทั้งนี้ในมุมมองโครงข่ายนั้น มาตรการความเสี่ยง Mean Shortest Path ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นตัวชี้วัดเสถียรภาพของโครงข่ายได้อีกด้วย ซึ่งผลจากการพิจารณาพบว่าโครงสร้างของการเชื่อมโยงระหว่างตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าวนี้ อาจเป็นได้ทั้งตัวดูด Shock (Shock Absorbers) อันเนื่องมาจากมีความแข็งแกร่งของโครงสร้าง และอาจเป็นตัวขยาย Shock (Shock Amplifiers) ที่เกิดขึ้นจากความเปราะบางที่แฝงอยู่ ภายในตลาดหุ้นที่มีความเชื่อมโยงกับตลาดอื่นๆอยู่ในระดับที่สูง จึงทำให้มาตรวัดดังกล่าวสามารถวัดความเสี่ยงได้ครอบคลุม เทียบเท่ากับค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ และสถานะตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากความยืดหยุ่นภายในภูมิภาคแล้ว จะเห็นได้ว่าตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก นั้น มีความเปราะบางและความตึงตัวอยู่ในระดับที่สูงมาก ตลอดช่วงที่ได้ทำการศึกษา ดังนั้นการเสริมสร้างความยืดหยุ่น และความสามารถในการปรับตัวต่อ Shock ที่เข้ามา นั้น จึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัย ที่ไม่ควรจะมองข้าม เพื่อที่ว่าความยืดหยุ่นดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยบรรเทา หรือ ดูดซับ Shock ที่เข้ามาไม่ให้แพร่กระจายต่อไป

แนวทางในการป้องกันการเกิดสภาวะลุกลามนั้น ผู้กำกับดูแลระบบควรที่จะเสริมสร้างความยืดหยุ่นต่อการเกิดสภาวะลุกลาม (Resilience to Contagion) ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางในการป้องกันการเกิดสภาวะลุกลาม (Contagion) ได้ดีแนวทางหนึ่ง นอกจากนี้ควรที่จะตรวจสอบตราส่วนส่วนของความเชื่อมโยง ซึ่งตกอยู่ในสถานะติดเชื้อ (Contagious Links) ที่เชื่อมโยงระหว่างตลาดหลักทรัพย์อื่นๆ ภายในภูมิภาค โดยหาแนวทางในการลดสัดส่วนดังกล่าวให้ได้มากที่สุด เนื่องจากความเชื่อมโยง ที่อยู่ในสถานะติดเชื้อ (Contagious Links) นั้นอาจเป็นบ่อเกิดที่ทำให้เกิดสภาวะลุกลามของวิกฤตขึ้น นอกจากนี้ ในการกำกับดูแลระบบ นั้นยังสามารถที่จะหาแนวทางในการลดระดับความเป็นศูนย์กลางของตลาดใด ตลาดหนึ่ง ภายในโครงข่ายตลาดหุ้น ที่มีระดับความสัมพันธ์



เชื่อมโยง ไปยังตลาดอื่นๆอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เนื่องจากตลาดหุ้นดังกล่าว อาจเป็นบ่อเกิดของความเสียหายในรูปแบบ Systemic Risk ที่ก่อตัวขึ้นก็เป็นได้

สถานะความเสี่ยงของการเกิดสภาวะลูกกลมของวิกฤต และต้นตอในการส่งผ่านวิกฤตนั้น ถือเป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องควบคุม เนื่องจากขนาดของผลกระทบจาก Systemic Risk และโอกาสในการเกิดสภาวะลูกกลมนั้น ก็เป็นอีกสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม เนื่องจากเมื่อพิจารณาย้อนกลับไปในช่วงวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งในเอเชียนั้น ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงสัญญาณของโอกาสในการเกิดสภาวะลูกกลมเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาช่องทาง และกระบวนการส่งผ่านวิกฤตนั้น จึงเป็นตัวอธิบายว่าสภาวะติดเชื่อนั้นอยู่ภายในตลาดหุ้นใด ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้นำเสนอ มุมมองการศึกษาความสำคัญ และความเปราะบางภายในตลาดหลักทรัพย์เอเซียตะวันออก ด้วยการนำทฤษฎีทางด้านโครงข่ายมาประยุกต์ ผ่านทางมาตรวัด CheiRank และPageRank ซึ่งมุมมองโครงข่ายดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงสภาวะตลาดหุ้นต่างๆ ซึ่งเป็นสมาชิกอยู่ภายในภูมิภาคดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเมื่อพิจารณาจากตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเซียตะวันออกแล้ว พบว่าตลาดหุ้นของฮ่องกงมีความถี่ของสภาวะตลาดหุ้นที่มีความสำคัญ แต่ไม่มีความเปราะบาง ภายในภูมิภาคเอเซียตะวันออกมากที่สุดตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012 ในขณะที่ตลาดหุ้นเกิดใหม่อย่างเช่น ไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย นั้นต่างตกอยู่ในสภาวะเปราะบาง ซึ่งบ่อยครั้งที่วิกฤตการณ์ต่างๆ เกิดกับตลาดหุ้นเกิดใหม่ ดังจะเห็นได้จากวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง ที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางการเงินภายในภูมิภาคเอเซียตะวันออก ดังนั้นการวิเคราะห์เสถียรภาพในแต่ละตลาดหุ้นจึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม

นอกจากนี้ในแง่ของการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นรวมภายในโครงข่ายของตลาดหุ้นภูมิภาคดังกล่าว ยังพบอีกว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสจากสภาวะที่มีความยืดหยุ่นสูง ต่อ Shock จากปัจจัยภายนอก (External Shock) ที่เข้ามาภายในภูมิภาค หรือมีความตึงตัวของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคต่ำ (Market Stiffness ต่ำ) ไปสู่สภาวะตึงตัว หรือไร้ความยืดหยุ่น ต่อ Shock จากปัจจัยภายนอก ที่เข้ามาภายในภูมิภาค (Market Stiffness สูง) รวมไปถึงการมีข้อมูลแฝง (Latent Information) เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งภายในตลาดการเงินระดับภูมิภาค ดังนั้นการเสริมสร้างความยืดหยุ่นให้ภูมิภาคเอเซียตะวันออก จึงเป็นเสมือนการฉีดวัคซีนให้แก่ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคได้เป็นอย่างดี

ผลจากการพิจารณาบทบาทของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว ในแง่ความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคนั้น ผ่านทางค่า Betweenness Centrality และ Average Shortest Path ประกอบกับการพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างตลาดหุ้นผ่านทางระดับ ความเชื่อมโยงในแต่ละตลาดหุ้น (Degree) พบว่าภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตลาดหุ้นที่เป็นศูนย์กลางการลงทุนได้เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะ โครงข่ายแบบปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ (Adaptive Network) ที่มักพบในตลาดการเงินที่มีความซับซ้อน (Haldane, 2009) ซึ่งโครงข่ายในรูปแบบดังกล่าวมักเกิดขึ้นพร้อมกับโครงสร้างที่มีการโยงใย เหมือนเชือกที่เชื่อมโยงกันไปมา และมีความซับซ้อนเกิดขึ้น จึงเรียกโครงข่ายแบบนี้ว่าโครงข่ายซับซ้อน (Complex Network) ซึ่งในตลาดหุ้นต่างๆมักพบว่าพฤติกรรมของโครงข่ายเหล่านี้ถูกขับเคลื่อนผ่านทางปฏิสัมพันธ์ที่เหมาะสม (Optimize) โดยตัวกลางภายในโครงข่าย จึงทำให้เรียกโครงข่ายในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า โครงข่ายปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ (Adaptive Network) ซึ่งลักษณะโครงข่ายทั้งสองรูปแบบนั้น เป็นลักษณะที่ปรากฏให้เห็นร่วมกันอยู่บ่อยครั้ง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงความถี่ของการยกระดับขึ้นมาเป็นศูนย์กลางการลงทุนภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะพบว่าดัชนีหุ้น HangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีระดับความเป็นศูนย์กลาง และระดับความเชื่อมโยงสูงที่สุดตลอด 23 ปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นการบ่งชี้ได้ว่าตลาดหุ้นดังกล่าวนี้เป็นที่น่าดึงดูดใจของนักลงทุนทั้งใน และนอกภูมิภาค จนทำให้ตลาดหุ้นของฮ่องกงยกระดับขึ้นมาเป็นศูนย์กลางการลงทุนของเอเชีย ได้บ่อยครั้งกว่าตลาดอื่นๆ ภายในภูมิภาค ประกอบกับดัชนีหุ้น HangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีสหสัมพันธ์อยู่ในระดับที่สูงกับตลาดหุ้นสหรัฐฯ รวมไปถึงมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับภูมิภาคยุโรป จึงอาจกล่าวได้ว่าตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีลักษณะโครงข่ายทางการเงินแบบรวมศูนย์ โดยมีตลาดหุ้นของฮ่องกงเป็นศูนย์กลางการลงทุนภายในภูมิภาค

## 5.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ความเสี่ยง Systemic Risks ภายในตลาดการเงิน ภายภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังอยู่ระดับที่สูง ซึ่งความเสี่ยงในรูปแบบดังกล่าวสามารถย้อนกลับมาสร้างความเสียหายต่อระบบการเงิน และภาคเศรษฐกิจจริงได้ ถึงแม้ว่าเศรษฐกิจมหภาคของประเทศดังกล่าวจะยังแข็งแกร่งอยู่ก็ตาม สำหรับในแง่ของการวิเคราะห์ความเสี่ยง Systemic Risk นั้น ก็ไม่

ควรที่จะให้ความสนใจเพียงมุมใดมุมหนึ่งเท่านั้น ควรที่จะให้ความสำคัญกับคุณสมบัติและปัจจัยเสี่ยง ทั้งทางด้านความแข็งแกร่งของโครงสร้างภายในตลาดหุ้นภูมิภาค ความยืดหยุ่นต่อ Shock ภายนอกที่เข้ามา และความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะลูกกลม รวมไปถึงระดับความผันผวนของผลตอบแทนภายในภูมิภาค ซึ่งเป็นมาตรวัดความเสี่ยงที่สำคัญ และมีศักยภาพมากที่สุด ทั้งในแง่ของการวัดความเสี่ยงจากผลตอบแทน และการทำนายความผันผวนที่จะเกิดขึ้นภายในภูมิภาค เมื่อพิจารณาในแง่เสถียรภาพของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ดังนั้นการปรับปรุงฟังก์ชันการทำงานของตลาดหุ้นอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นสิ่งที่ ผู้กำกับดูแลระบบควรถือปฏิบัติให้สอดคล้องกับระดับความเสี่ยง Systemic Risks ที่กำลังเผชิญ ไม่ว่าจะเป็นการเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้ตลาดการเงินในระดับภูมิภาค ซึ่งสามารถนำแนวคิดในการจัดตั้งสถาบันป้องกันความเสี่ยงในระดับภูมิภาคมาเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการป้องกันความเสี่ยงในระดับภูมิภาค เพื่อที่จะทำหน้าที่คอยตรวจสอบ และบริหารความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับภูมิภาคดังกล่าว ในขณะที่ในแง่ของเสถียรภาพนั้น อาจเสริมสร้างความยืดหยุ่นให้กับตลาดการเงินต่างๆ เพื่อที่ว่าในยามที่เกิด Shock เข้ามาภายในตลาดการเงินดังกล่าวแล้ว ตลาดการเงินดังกล่าวจะได้มีเสถียรภาพมากเพียงพอต่อการรับมือ ด้วยการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับสถาบันการเงินหรือตลาดการเงินต่างๆ พร้อมกับการจัดตั้งกองทุนที่คอยช่วยเหลือทางด้านสภาพคล่องแก่สถาบันการเงินต่างๆ ในยามที่เกิดวิกฤตขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันและดูดซับ Shock ที่เข้ามา ไม่ให้ขยายวงกว้างต่อไป

ในแง่ของการประเมินความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในตลาดการเงินต่างๆก็เช่นเดียวกันนั้น สามารถประเมินระดับความอ่อนแอออกมาได้เช่นกัน ผ่านทางมาตรวัดความเสี่ยง Systemic Risk ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่พบสัญญาณบ่งชี้ความอ่อนแอต่อการติดเชื้อของวิกฤตขึ้น ผู้กำกับดูแลระบบ ควรมีนโยบายในการตอบโต้ความเสี่ยงที่เข้ามาทำลายเสถียรภาพ ภายในโครงข่ายตลาดการเงินอย่างทันทีทันใดที่ ไม่ว่าจะเป็นการหมั่นตรวจตรางบดุล (Balance Sheet) ของสถาบันการเงินต่างๆ ให้มีเงินทุนอย่างเพียงพอ เพื่อที่ว่าจะได้ไม่เกิดปัญหาเมื่อเกิดวิกฤตขึ้นในภายภาคหน้า นอกจากนี้การควบคุมเงินทุนที่ไหลเข้ามาจากนอกภูมิภาคต่างๆ ไม่ให้มีอัตราเร็วในระดับที่สูงเกินไปนั้นถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากเงินทุนเหล่านั้น ที่ไหลเข้ามาอาจเป็นเงินทุนระยะสั้น ที่พร้อมที่จะออกไปทุกเมื่อ ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่เกิดปัญหาขึ้นในตลาดหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อตลาดอื่นๆ โดยตรง ผ่านทางความเชื่อมโยงระหว่างตลาดการเงิน ไม่ว่าจะเป็นการเกิดสภาวะตื่นตระหนก (Panic) ของ

นักลงทุน จนทำให้เกิด Fire Sale<sup>12</sup> ขึ้นในตลาดการเงินต่างๆ ดังที่เห็นได้จากวิกฤตการณ์ทางการเงินที่เกิดขึ้นในสหรัฐฯ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ภายในงานวิจัยดังกล่าวนี้ จะเห็นว่าตลาดหุ้นของไทย นั้นเป็นเสมือนแกนกลางของโครงสร้างแบบรวมศูนย์ในระดับอนุภูมิภาค หรือเป็น Hub ที่เชื่อมโยงตลาดหุ้นระหว่างอนุภูมิภาคเข้าด้วยกัน เนื่องจากสมาชิกภายในกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษานั้น ครอบคลุมตลาดหุ้นภายในกลุ่ม ASEAN โดยเฉพาะอย่างยิ่งนั้นตลาดหุ้นของไทย นั้นค่อนข้างที่จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับตลาดหุ้นของอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซียอย่างมาก ประกอบกับมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับตลาดหุ้นหลักๆ ที่เหลือภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไม่ว่าจะเป็นตลาดหุ้นของฮ่องกง และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นความสำคัญของการรวมกลุ่มทางการเงินผ่านทางตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงได้เสนอแนะแนวทางในการสร้าง Intra East Asian Stock Markets Network ที่เชื่อมโยงระหว่าง Inter-Connected Exchange Hub ในระดับอนุภูมิภาคเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการระดมทุน และสร้างเสถียรภาพในระดับภูมิภาคร่วมกัน อาทิเช่นการรวมกลุ่มเปิดเสรีการลงทุนผ่านตลาดหุ้นระหว่างประเทศในกลุ่ม ASEAN และประเทศอื่นๆที่เหลือภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดังจะเห็นได้จากในหลายประเทศภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นั้นมีศักยภาพทางการลงทุนอยู่ในระดับสูง เพียงแต่ยังขาดความมั่นใจต่อเสถียรภาพ อีกทั้งยังขาดโอกาสในการเข้าถึงการลงทุนภายในตลาดหุ้นภายในภูมิภาค เพราะว่ายังขาดตัวกลาง (Hub) ที่ใช้ในการเชื่อมโยงโครงข่ายในระดับอนุภูมิภาคเข้าด้วยกัน จึงทำให้หลายครั้งที่เม็ดเงินลงทุนไหลออกไปสู่ภูมิภาคอื่นๆ แทน จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเชิงนโยบาย ต่อการรวมกลุ่มทางการเงินและเปิดเสรีการลงทุน รวมไปถึงจัดตั้งกองทุนการเงินภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อเสริมสร้างสภาพคล่อง และจัดการความเสี่ยงภายในระบบการเงินของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในยามที่เกิดวิกฤตขึ้น

<sup>12</sup> การเทขายสินทรัพย์ออกไป ด้วยความตื่นตระหนก (Panic) ของนักลงทุน โดย ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อลูกหนี้และเจ้าหนี้ ยังส่งผลเสียหายไปถึงยังผู้ถือสินทรัพย์ในรูปแบบดังกล่าวภายในตลาดการเงินอีกด้วย

## แนวทาง และข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา Systemic Risk ที่อาจเกิดขึ้นภายในตลาดหุ้นภูมิภาค

1. ผู้กำกับดูแลระบบควรคอยติดตาม และควบคุมระดับความเสี่ยงเอาไว้ โดยการออกแบบโครงสร้างภายในโครงข่าย ให้เป็นระบบรวมศูนย์ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มศักยภาพในการควบคุมได้ดีกว่า
2. ลดระดับความเชื่อมโยงภายในตลาดที่มีคุณสมบัติแบบ Super-spreader เมื่อพบสัญญาณของการติดเชื้อจากตลาดการเงินดังกล่าว
3. เตรียมแผนการควบคุมผลกระทบ จากความล้มเหลวในตลาดหุ้นภายในภูมิภาค ด้วยการเพิ่มหลักประกันในการซื้อขาย เพื่อป้องกันขนาดความเสียหาย และความเร็วในการไหลเข้า-ออกของเงินทุนที่อยู่ในระดับที่สูงมากจนเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดหุ้นที่พบว่ามียปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด Systemic Risk
4. จัดตั้งสถาบันในการควบคุมความเสี่ยงภายในภูมิภาค เพื่อเป็นตัวกลางในการตรวจตรา และกำกับดูแลความเสี่ยงทางด้าน Systemic Risk ผ่านทางการวิเคราะห์ความแข็งแกร่ง (Robustness) ความยืดหยุ่น (Resilience) ต่อ Shock ที่เข้ามา และความเสี่ยงในการติดเชื้อภายในโครงข่าย (Contagion)
5. จัดตั้งกองทุนที่ดูแลตลาดหุ้นภายในภูมิภาค เพื่อเสริมสร้างสภาพคล่อง ในยามที่เกิดวิกฤตขึ้น โดยให้แต่ละตลาดหลักทรัพย์สะสมเงินเข้ากองทุนเอาไว้ เพื่อที่จะนำออกมาใช้ในยามที่เกิดภาวะเศรษฐกิจถดถอย หรือนำเงินภายในกองทุนดังกล่าวออกมา รองรับความผันผวนที่อาจจะเกิดขึ้นกับตลาดหุ้น ณ ขณะเวลาใดๆ โดยกองทุนดังกล่าวอาจจะออกกฎเกณฑ์ในการควบคุมสัดส่วนเงินกองทุนต่อสถานะความเสี่ยงของตลาดหุ้นใดๆ ณ ขณะนั้น ก็เป็นไปได้
6. เสริมสร้างระบบการควบคุมความเสี่ยงจากการลงทุนให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงสะสมเงินสำรองเอาไว้ เพื่อเสริมสร้างสภาพคล่องในยามฉุกเฉินเมื่อเกิดวิกฤตขึ้น รวมไปถึงการสร้างจุดหยุดระบบการลงทุน (System Stop) เอาไว้ เพื่อที่จะจัดการกับ ปัญหาระดับความผันผวนที่เกิดขึ้น

### 5.3 ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ สำหรับงานวิจัยศึกษาในอนาคต

#### 5.3.1 ข้อจำกัดในการศึกษา

ในงานวิจัยดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดทางด้านข้อมูลภายในดัชนี Straits Times Index ของสิงคโปร์ ซึ่งเริ่มมีข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 จนถึงปัจจุบันเท่านั้น

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะ สำหรับงานวิจัยศึกษาในอนาคต

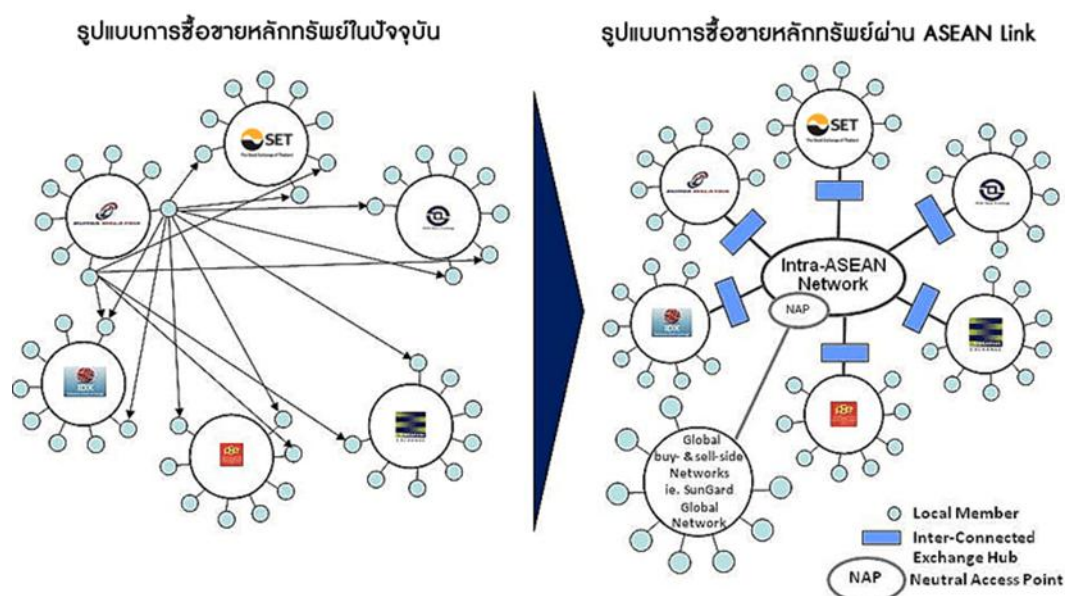
งานวิจัยที่เป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อนั้น อาจนำโครงข่ายทางการเงินทั้งระบบ เช่น ตลาดหุ้น ตลาดตราสารอนุพันธ์ ระบบธนาคาร และระบบชำระแลกเปลี่ยนเงินตรา มาพิจารณาศึกษาเสถียรภาพของทั้งระบบการเงิน และวิเคราะห์คุณสมบัติของโครงข่ายทางการเงินทั้งระบบ ที่มีต่อเสถียรภาพ (Stability) ผ่านทางค่า (Centrality Metrics) และ Systemic Parameter ต่างๆ

อีกประเด็นหนึ่ง ที่ประเด็นสำคัญภายใต้รูปแบบการเชื่อมโยงระหว่างตลาดต่างๆ ในหลากหลายภูมิภาค อาทิเช่น อาเซียน (ASEAN) และประเทศในกลุ่มยูโรโซน (Eurozone) ที่เกิดขึ้นนั้น ทำให้ปัจจุบันผู้ดำเนินนโยบายและควบคุมระบบในประเทศต่างๆ นั้นเริ่มให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงต่างๆ ผ่านทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และการเงินระหว่างประเทศ เนื่องจากการรวมกลุ่มประเทศดังกล่าวก่อให้เกิดความเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจทั้งด้านการค้า และการเงินระหว่างประเทศ ซึ่งทำให้ประเทศสมาชิกต่างๆ ที่สร้างกลไกเชื่อมโยงต่อกัน นั้นได้ประโยชน์จากการเติบโตของเศรษฐกิจและการเงินระหว่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามการที่ความเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจ และการเงินดังกล่าว ยังมีการขยายตัวมากเท่าไร ยิ่งทำให้เกิดการลุกลามของวิกฤตได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้ที่เกิดสถานะวิกฤตในระบบต่างๆ ทางเศรษฐกิจขึ้นกับประเทศหนึ่ง และส่งผลทำให้ประเทศอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงที่เชื่อมโยงกันนั้น ได้รับผลกระทบจากสถานะวิกฤตลุกลามตามมาด้วย ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจ ที่จะศึกษาโครงสร้างที่เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างตลาดต่างๆ ในระดับที่มากขึ้น อันเนื่องมาจากการรวมกลุ่ม หนึ่งในนั้นคือ โครงการ ASEAN Linkage ดังภาพที่ 5.1 ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างตลาดหลักทรัพย์อาเซียน 7 แห่งใน 6 ประเทศ ได้แก่ ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ อินโดนีเซีย และเวียดนาม เพื่อพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเชื่อมโยงการซื้อขายระหว่างตลาดหลักทรัพย์ที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งโครงการดังกล่าวจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ลงทุนในการซื้อขายหลักทรัพย์ข้ามประเทศ เพิ่มความน่าสนใจของภูมิภาค และดึงดูดเม็ดเงินลงทุนให้เข้ามา

ลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ภูมิภาคอาเซียนมากขึ้น โดยเฟสแรก ของ ASEAN Linkage เกิดขึ้นใน 3 ตลาดหลักทรัพย์ ได้แก่ ตลาดหลักทรัพย์ไทย -มาเลเซีย-สิงคโปร์ ซึ่งจะทำให้ นักลงทุนไทยเข้าถึงหลักทรัพย์ในการลงทุนมากขึ้นจากเดิม 545 หลักทรัพย์ เป็น 2,278 หลักทรัพย์ และคาดว่าจะสามารถเชื่อมโยง 7 ตลาดหลักทรัพย์ ใน 6 ประเทศ ให้เป็นหนึ่งเดียวได้ในอีก 2 ปี ข้างหน้า โดยที่ทำการเปลี่ยนรูปแบบการวิเคราะห์จากรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series) มาเป็นแบบภาคตัดขวาง (Cross Sectional Analysis) แทน

ภาพที่ 5.1 แสดงรูปแบบการซื้อขายหลักทรัพย์ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับรูปแบบการซื้อขาย

### หลักทรัพย์ผ่าน ASEAN Links



ที่มา: [http://www.set.or.th/th/asean\\_exchanges/asean\\_Link.html](http://www.set.or.th/th/asean_exchanges/asean_Link.html)

ภายใต้การพัฒนาโครงการนี้ขึ้นมา นั้น ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของช่องทางในการลงทุนในหลักทรัพย์กลุ่มต่างๆ ในอาเซียน ได้มากขึ้น ซึ่งมีข้อดีอยู่หลายประการ อาทิเช่น การเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงตลาดอาเซียนได้มากขึ้น, มีช่องทางในการกระจายความเสี่ยงเพิ่มขึ้น, ลดต้นทุนในการซื้อขาย, เพิ่มสภาพคล่อง, เพิ่มการเติบโต และความสามารถในการแข่งขันกับภูมิภาคอื่นได้มากขึ้น นอกจากนี้กำไรที่ได้จากการขายหลักทรัพย์ของบุคคลธรรมดาจะได้รับการยกเว้นภาษี อย่างไรก็ตามก็อาจมีข้อเสียคือ ปัจจัยลบต่างๆ อาจก่อให้เกิดกระบวนการส่งผ่านผลกระทบจากตลาดการเงินหนึ่งไปยังตลาดการเงินของประเทศสมาชิกอื่นๆ ภายใน ASEAN Linkage ขึ้นได้ และ

อาจส่งผลกระทบต่อไปยังภาคเศรษฐกิจที่แท้จริง (Real Sector) ในภายหลังได้ นอกจากนี้การรวมกลุ่มตลาดหลักทรัพย์ ASEAN Linkage อาจส่งผลทำให้แบบโครงสร้างของโครงข่ายทางการเงินเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการซื้อขายนี้จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไปในอนาคต



## รายการอ้างอิง

### ภาษาอังกฤษ

- Abdelwahab, A., Amor, O., and Abdelwahed, T. The Analysis of the Interdependence Structure in International Financial Markets by Graphical Models International. Research Journal of Finance and Economics 15 (2008).
- Albert, R., and Barabási, A.-L. Statistical Mechanics of Complex Networks. Reviews of Modern Physics 74 (2002): 47–97.
- Barmpoutis, D., and Murray, R.M. Extremal Properties of Complex Networks. CoRR (2011).
- Becher, C., Millard, S., and Soramäki, K. The Network Topology of CHAPS Sterling. Bank of England Working Paper No. 355 (November 2008).
- Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Miccich'e, S., Vandewalle, N., and Mantegna, R. N. Networks of Equities in Financial Markets. Eur Phys J B 38 (2004): 363-371.
- Elekdag, S., Rungcharoenkitkul, P., and Wu, Y. The Evolution of Asian Financial Linkages: Key Determinants and the Role of Policy. IMF Working Paper (November 2012).
- Forbes, J. The “Big C”:Identifying and Mitigating Contagion. Jackson Hole Symposium hosted by the Federal Reserve Bank of Kansas City (08/31/12 to 09/01/12).
- Haldane, A. Rethinking the Financial Network. Speech delivered at the Financial Student Association, Amsterdam (April 2009).
- Haldane, A. Tails of the Unexpected. Speech delivered at the University of Edinburgh Business School :Bank of England (8 June 2012).
- Hammond, R. Systemic Risk and Insights from Network Science. [online]. 2009. Available from: [http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Financial\\_Reform/Pew-Hammond-Systemic-Risk-and-Insights-from-Network-Science.pdf](http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Financial_Reform/Pew-Hammond-Systemic-Risk-and-Insights-from-Network-Science.pdf) [2010, April 6]

- Kenett, D.Y., Tumminello, M., Madi, A., Gur-Gershgoren, G., and Mantegna, R.N. Dominating Clasp of the Financial Sector Revealed by Partial Correlation Analysis of the Stock Market. PLoS ONE 5(12): e15032. doi:10.1371/journal.pone.0015032 (2010).
- Kenett, D.Y., Shapira, Y., Madi, A., Bransburg-Zabary, S., Gur-Gershgoren, G., and Ben-Jacob, E. Dynamics of Stock Market Correlations. AUCO Czech Economic Review 4 (2010) : 330–340.
- Kenett, D.Y., Shapira Y., Madi A., Bransburg-Zabary S., and Gur-Gershgoren G. Index Cohesive Force Analysis Reveals That the US Market Became Prone to Systemic Collapses Since 2002. PLoS ONE 6 (2011).
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., and Kerté'sz, J. Dynamic Asset Trees and Portfolio Analysis. Eur. Phys. J. B 30 (2002): 285–288.
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kerté'sz, J., and Kanto, A. Dynamics of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis. Physical Review. E 68, 056110 (2003).
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kerté'sz, J., and Kanto, A. Asset Trees and Asset Graphs in Financial Markets. Physica Scripta Vol. T106, (2003): 48–54.
- Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., and Kerté'sz, J. Dynamic Asset Trees and Black Monday. Physica A 324 (2003): 247 – 252.
- Onnela, J.-P., Kaski, K., and Kerté'sz, J., Clustering and Information in Correlation Based Financial Networks. Eur. Phys. J. B 38 (2004): 353–362.
- Onnela, J.-P., Saramäki, J., Kerté'sz, J., and Kaski, K. Financial Market - a Network Perspective. [online]. 2006. Available from:  
[http://www.hks.harvard.edu/netgov/files/felLows/onnela\\_j/papers/C3.pdf](http://www.hks.harvard.edu/netgov/files/felLows/onnela_j/papers/C3.pdf)  
 [2012, April 5]
- Pollet, J.M., and Wilson, M. Average Correlation and Stock Market Returns. Journal of Financial Economics 96 (2010): 364–380.
- Schwarcz, S.L. Systemic Risk. The Georgetown Law Journal 97 (2008): 193-249.

- Shapira, Y., Kenett, D.Y., and Ben-Jacob, E. The Index Cohesive Effect on Stock Market Correlations. Eur. Phys. J. B 72 (2009): 657–669.
- Soramäki, K., and Cook, S. Algorithm for Identifying Systemically Important Banks in Payment Systems. Economics-ejournal Discussion Paper 43 (2012).
- Tumminello, M., Aste, T., Di Matteo, T., and Mantegna, R. N. A Tool for Filtering Information in Complex Systems. PNAS 102 (July 26, 2005).
- Watts, D.J., and Strogatz, S.H. Collective Dynamics of Small-world Networks. Nature 393 (June 1998): 440–442.
- Yılmaz, K. Return and Volatility Spillovers among the East Asian Equity Markets. Journal of Asian Economics Working Paper 0907 (2009).

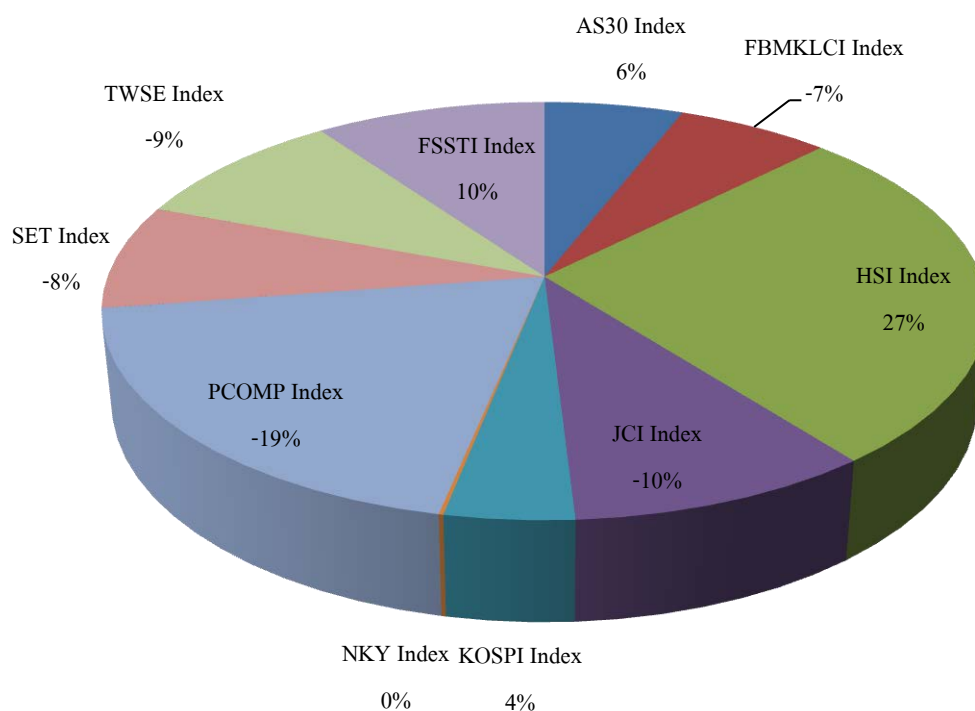
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

### ก.1 วิเคราะห์ระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก

โดยในที่นี้จะนำโครงข่ายแบบ PCPG มาพิจารณาระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก และทิศทางการส่งผ่านอิทธิพลแฝง ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทิศทางการส่งผ่านความผันผวน หรืออิทธิพลแฝงที่เกิดขึ้นภายในภูมิภาค โดยในงานวิจัยนี้ได้นำกรอบแนวคิดดังกล่าว มาทำการศึกษาผ่านทางระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบ (Relative Influence) ของตลาดหุ้นที่เป็นสมาชิกภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ ก.1

ภาพที่ ก.1 แสดงระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบสะสมภายในกลุ่มตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ตลอดช่วงปี ค.ศ. 1990-2012



หมายเหตุ: เปอร์เซนต์ที่เป็นบวกนั้น เป็นตัวบ่งชี้ว่า ตลาดหุ้นดังกล่าวมีอิทธิพลเหนือกว่าตลาดหุ้น อื่นๆ ภายในกลุ่มคิดเป็นร้อยละเท่าใด (อิทธิพลที่ส่งออกจากตลาดดังกล่าวไปยังตลาดอื่นนั้น มีมากกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในตลาดดังกล่าว) ในทางกลับกัน เปอร์เซนต์ในรูปแบบติด

ลบที่ได้นั้นแสดงว่าตลาดหุ้นดังกล่าวนั้นมีอิทธิพลน้อยกว่าตลาดอื่นๆ ภายในภูมิภาค (อิทธิพลที่ส่งออกไปยังตลาดหุ้นอื่นนั้น น้อยกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในตลาดหุ้นดังกล่าว)<sup>13</sup>

ที่มา: ประมวลผลด้วย Microsoft Excel

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพิจารณาในภาพที่ ก.1 แสดงให้เห็นว่า จากค่าสหสัมพันธ์ (Standard Correlations) นั้นสามารถนำมาใช้ในการอธิบายอิทธิพลที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมผลจากอิทธิพลร่วมเชิงเส้นของผลตอบแทนของตลาดหุ้น (Mutual Linear Influence) เข้าไปด้วย ในขณะที่สหสัมพันธ์แยกส่วน (Partial Correlations) นั้นอธิบายผลกระทบของอิทธิพล (Influence) จาก ตลาดหุ้นตัวกลางหนึ่ง ที่ส่งผ่านแฟงเข้าไปยัง สหสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนตลาดหุ้นใดๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้สามารถที่จะนำผลต่างดังกล่าวมาประยุกต์หา ระดับอิทธิพลในแต่ละตัวกลางตลาดหุ้นภายในภูมิภาค โดยผลลัพธ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ว่า อิทธิพลของตลาดหุ้น HSI หรือดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกงนั้นมีความโดดเด่น และมีอิทธิพลครอบงำตลาดหุ้นอื่นๆ อย่างมาก ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก โดยคิดเป็นร้อยละ 27 โดยตามมาด้วยตลาดหุ้น FSSTI หรือดัชนี Straits Times Index ของ สิงคโปร์ และตลาดหุ้น AS30 หรือดัชนี All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย คิดเป็นร้อยละ 10 และร้อยละ 6 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีตลาดหุ้น NKY หรือดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น ที่มีระดับในการรับและส่งอิทธิพลในขนาดเทียบเท่ากัน จึงทำให้ตลาดหุ้นของญี่ปุ่นเป็นเพียงตลาดหุ้นเดียว ที่มีขนาดของระดับอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบสะสมคิดเป็นร้อยละ 0

ในขณะที่ตลาดหุ้นที่ให้ผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ ในรูปแบบติดลบ 3 อันดับแรกนั้น ประกอบไปด้วย ตลาดหุ้น PCOMP หรือดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, ตลาดหุ้น JCI หรือ ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย และตลาดหุ้น TWSE หรือดัชนี Taiwan Weighted ของไต้หวัน คิดเป็นร้อยละ 19, 10 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งจากผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตลาดหุ้น PCOMP หรือดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์ มีระดับอิทธิพลน้อยกว่าตลาดอื่นๆ ภายในภูมิภาค หรืออิทธิพลที่

<sup>13</sup> หมายเหตุ: กำหนดให้ตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกประกอบไปด้วย KOSPI = ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้, NKY = ดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น, TWSE = ดัชนี Taiwan Weighted ของไต้หวัน, HSI = ดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกง, PCOMP = ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, FBMKL = ดัชนี KLSE Composite ของมาเลเซีย, JCI = ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย, AS30 = ดัชนี All Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย และ SET = ดัชนี SET Index ของไทย (ในช่วงตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000 – 2012 จึงจะมีข้อมูลจาก FSSTI = ดัชนี Straits Times Index ของ สิงคโปร์ มาประกอบการพิจารณาด้วย)

ส่งออกไปยังตลาดหุ้นอื่นนั้น มีน้อยกว่าอิทธิพลที่ได้รับเข้ามาภายในตลาดหุ้นดังกล่าว โดยส่วนใหญ่แล้วตลาดหุ้นPCOMP ของฟิลิปปินส์จะได้รับอิทธิพลที่ส่งผ่านมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นการบ่งบอกว่าตลาดหุ้นดังกล่าว นั้น มีความอ่อนไหว ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในภูมิภาค อยู่ในระดับที่สูงมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดสถานะความเสี่ยง (Exposure) ขึ้นภายในตลาดหุ้นดังกล่าวก็เป็นได้

ดังนั้นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจึงเป็นประโยชน์ในแง่ของการบริหารความเสี่ยง โดยในงานวิจัยดังกล่าวนี้จะแสดงความเชื่อมโยงของตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงออกมาใน 2 รูปแบบ ซึ่งได้แก่โครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST และโครงข่ายแบบบอกทิศทาง PCPG ในบางช่วงเวลาประกอบการพิจารณาทิศทางการส่งผ่านอิทธิพลระหว่างตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาค ดังแสดงในภาพที่ ก.2- ก.13 อีกทั้งเมื่อนำมาพิจารณาในแง่ของการบริหารความเสี่ยงในการลงทุน Risk Management ตามทฤษฎี Markowitz Portfolio Theory แล้ว สามารถที่จะนำ Correlation Based Network มาใช้ในการวิเคราะห์ Portfolio Optimization โดยพิจารณาเลือกลงทุนในตลาดหุ้นที่อยู่ในกิ่งนอกๆ ที่มีระดับความเชื่อมโยงห่างไกลกับตลาดหุ้นที่มีความเป็นศูนย์กลางที่มีระดับความเชื่อมโยงในระดับสูง (High Degree Node) ภายในโครงข่าย MST เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยง หรือเลือกที่จะป้องกันความเสี่ยง โดยหลีกเลี่ยงการลงทุนในตลาดหุ้น ที่เผชิญกับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดคุณสมบัติ Super-spreader ในขณะที่การพิจารณาความเสี่ยงจากโครงข่าย PCPG นั้น สามารถที่จะนำมาใช้พิจารณาทิศทางของการส่งผ่านผลกระทบจาก Single Stock Market Shock ภายในโครงข่าย อย่างไรก็ตามในโครงข่าย PCPG กลับมีข้อจำกัดในแง่ของการพิจารณา กรณีที่เกิด Multiple Stock Market Shock ขึ้นภายในโครงข่าย

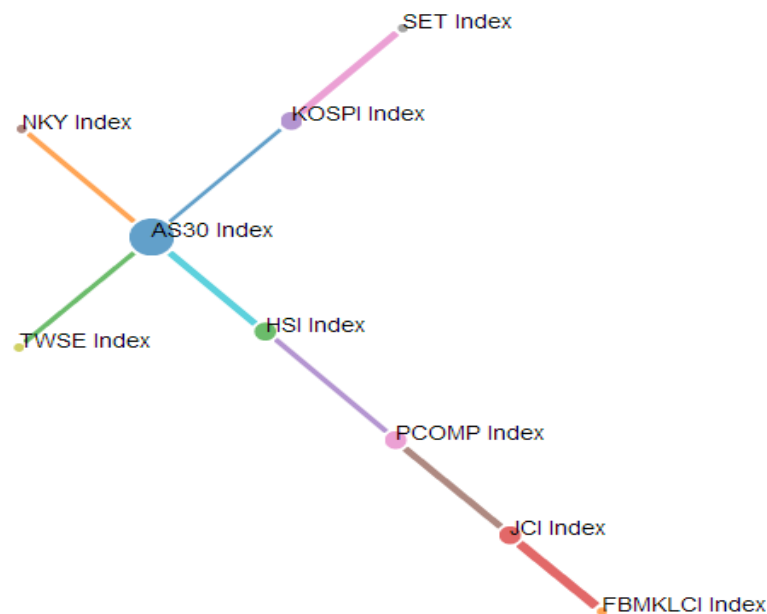
เมื่อพิจารณาจากปฏิสัมพันธ์ของ โครงสร้างภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกเฉียง พบว่ามุมมองโครงข่ายที่ได้ นั้น มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างอยู่ตลอดเวลา ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ ก.2-ก.13 พร้อมกันนี้โครงข่ายยังได้มีการปรับเปลี่ยนความเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงตลาดหุ้น ภายในภูมิภาคอยู่ตลอดเวลาอีกด้วย ซึ่งอาจเกิดจากการที่โครงสร้างของตลาดหุ้นภายในภูมิภาคดังกล่าว มีการ Optimize อยู่ตลอดพลวัตที่ได้ทำการศึกษา โดยที่เมื่อพิจารณาความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ของตลาดหุ้นภายในภูมิภาค จากค่าระดับ Average Shortest Path, Betweenness Centrality และ Degree ประกอบ จะเห็นว่าภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง นั้นตลาด



ทุนที่เป็นศูนย์กลางการลงทุนได้เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะโครงข่ายแบบ Adaptive Network

ในขณะที่ในแง่ของการตรวจสอบ และกำกับดูแลจากมุมมองโครงข่าย ดังแสดงในภาพที่ ๓.๒ ซึ่งแสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ในช่วง Q2 ค.ศ. 1997 (ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง) โดยในช่วงเวลาดังกล่าวโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST นั้นมีระดับความเชื่อมโยง และ Degree อยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งพบว่าตลาดหุ้น AS30 มีระดับ Degree สูงที่สุด และทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวกลางในการเชื่อมโยงตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาคเข้าไว้ด้วยกัน

ภาพที่ ๓.๒ แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q2 ปี ค.ศ. 1997 (ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)



หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่าย MST อิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

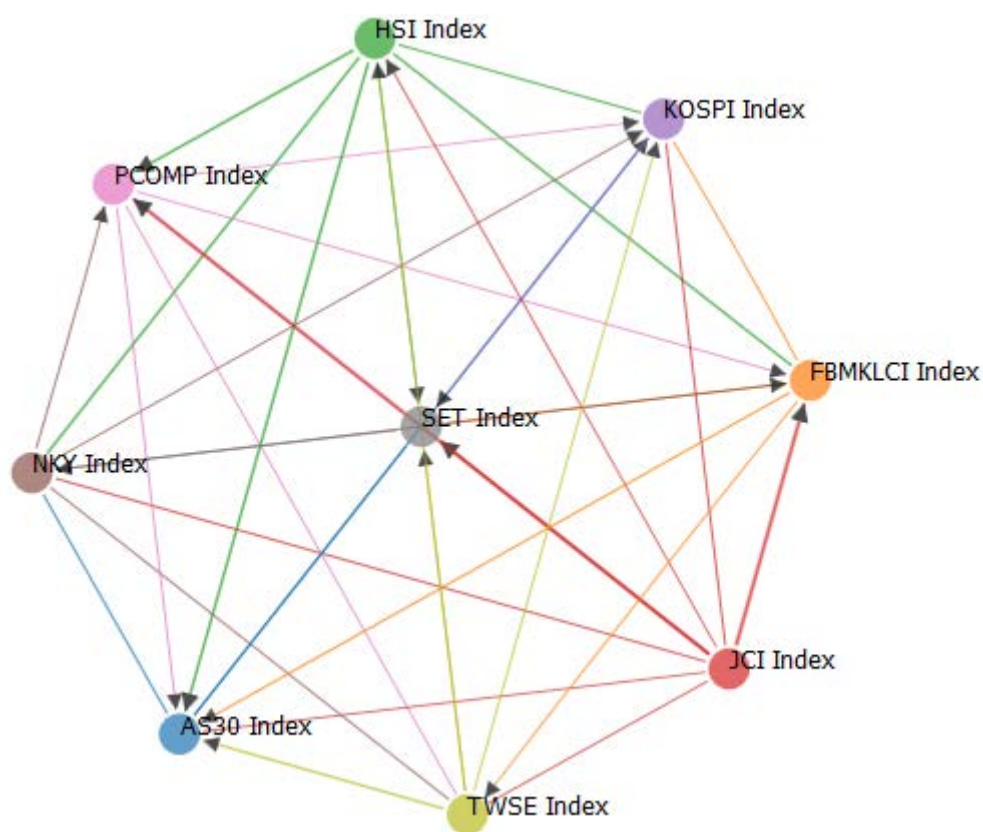
ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในขณะที่ในแง่ของการตรวจสอบ และกำกับดูแลจากมุมมองโครงข่าย ดังแสดงในภาพที่ ก.3<sup>14</sup> ซึ่งแสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ในช่วง Q2 ค.ศ. 1997 โดยเป็นช่วงเวลาก่อนที่จะเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งขึ้น พบว่าความเปราะบางในแง่ของการรับอิทธิพลแฝงที่เกิดจากตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาค ของตลาดหุ้นSET ตลาดหุ้น FBMKLCI และตลาดหุ้น KOSPI ยังมีขนาด และจำนวนในการเข้ามาในตลาดหุ้นดังกล่าวไม่มากนัก เมื่อเทียบกับในช่วง Q3 ค.ศ. 1997 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ ก.5 โดยในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นตลาดหุ้นJCI ส่งอิทธิพลแฝงออกมามากที่สุด สืบเนื่องจากจำนวนและขนาดความหนาของLink ในการส่งอิทธิพลแฝงไปยังตลาดอื่นๆ ในขณะที่ตลาดหุ้นSET ตลาดหุ้น FBMKLCI และตลาดหุ้น KOSPI ได้รับอิทธิพลแฝงจากตลาดหุ้นอื่นๆ ไปมากที่สุด จึงทำให้ตลาดหุ้นดังกล่าวมีความเปราะบางเป็นอย่างมากในช่วงเวลาดังกล่าว

---

<sup>14</sup>หมายเหตุ: กำหนดให้ KOSPI = ดัชนี KOSPI ของเกาหลีใต้, NKY = ดัชนี Nikkei 225 Index ของญี่ปุ่น, TWSE = ดัชนี Taiwan Weighted ของไต้หวัน, HSI = ดัชนี HangSeng Index ของฮ่องกง, PCOMP = ดัชนี PSE Composite ของฟิลิปปินส์, FBMKL = ดัชนีKLSE Composite ของมาเลเซีย, JCI = ดัชนี Jakarta Composite ของอินโดนีเซีย, AS30 = ดัชนีAll Ordinaries Accumulation Index (AOAI) ของออสเตรเลีย, FSSTI = ดัชนี Straits Times Index ของสิงคโปร์ และ SET = ดัชนีSET Index ของไทย

ภาพที่ ก.3 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q2 ปี ค.ศ. 1997  
(ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)

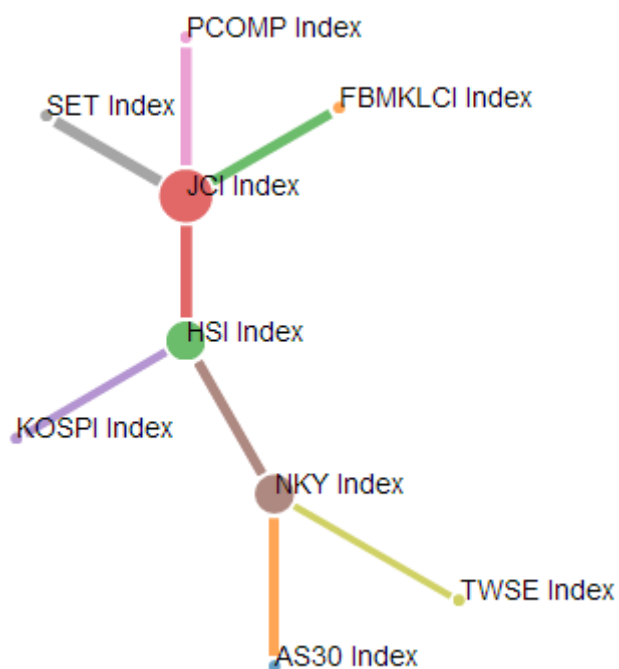


หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของ  
โครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนา  
ของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่าน  
อิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในขณะที่ในช่วง Q3 ค.ศ. 1997 ปี ดังแสดงในภาพที่ ก.4 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกิดวิกฤตการณ์  
ต้มยำกุ้งขึ้นในประเทศไทย และส่งผลกระทบต่อไปยังประเทศอื่นๆภายในภูมิภาคเอเชีย พบว่าในช่วง  
เวลาดังกล่าว โครงสร้างของโครงข่าย มีระดับDegree ในการเชื่อมโยงกับตลาดหุ้นอื่นๆ เพิ่มสูงขึ้น  
โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดหุ้น JCI ซึ่งเชื่อมโยงผูกกับตลาดหุ้นSET ตลาดหุ้นPCOMP และ  
FBMKLCI อย่างมาก อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับตลาดหุ้นHSI ซึ่งเป็นตลาดหุ้นขนาดใหญ่ในเอเชียอีก  
ด้วย

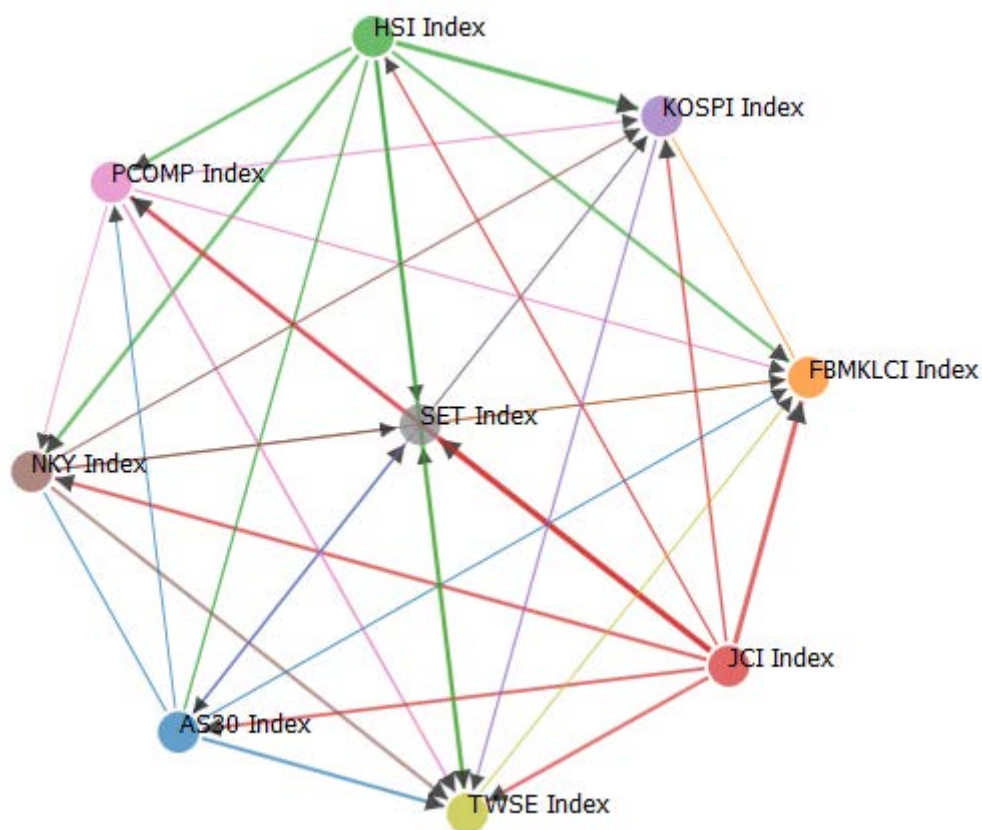
ภาพที่ ก.4 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q3 ปี ค.ศ. 1997  
(เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)



หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละNode ภายใน โครงข่ายMSTอิงตามระดับ Degree ของ โครงข่าย  
พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ ก.5 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q3 ปี ค.ศ. 1997 (เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)



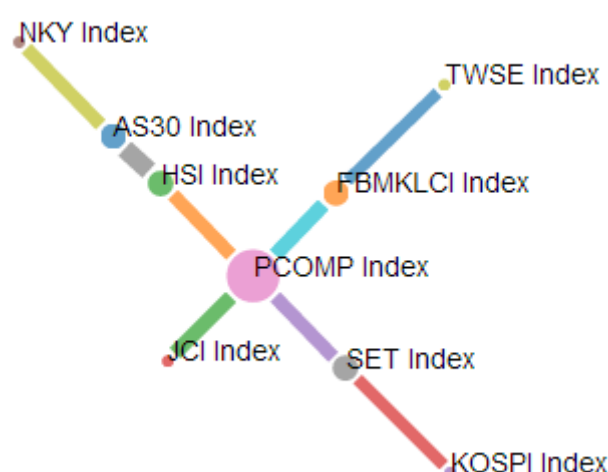
หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนาของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่านอิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในช่วงหลังการเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งในช่วง Q4 ค.ศ. 1997 ดังแสดงในภาพที่ ก.6 จะพบว่าโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ดังกล่าวนี้มีระดับความเชื่อมโยงกันมากยิ่งขึ้น สืบเนื่องได้จากขนาดของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์และระยะห่างระหว่างNode ซึ่งเป็นตัวแทนของตลาดหุ้นต่างๆ จึงเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าตลาดหุ้นต่างๆมีการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกันอย่าง

มาก จนทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวผลตอบแทนดัชนีหุ้นภายในเอเชียตะวันออกมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก พร้อมกับระดับความผันผวนที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว

ภาพที่ ก.6 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q4 ปี ค.ศ. 1997 (หลังเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)



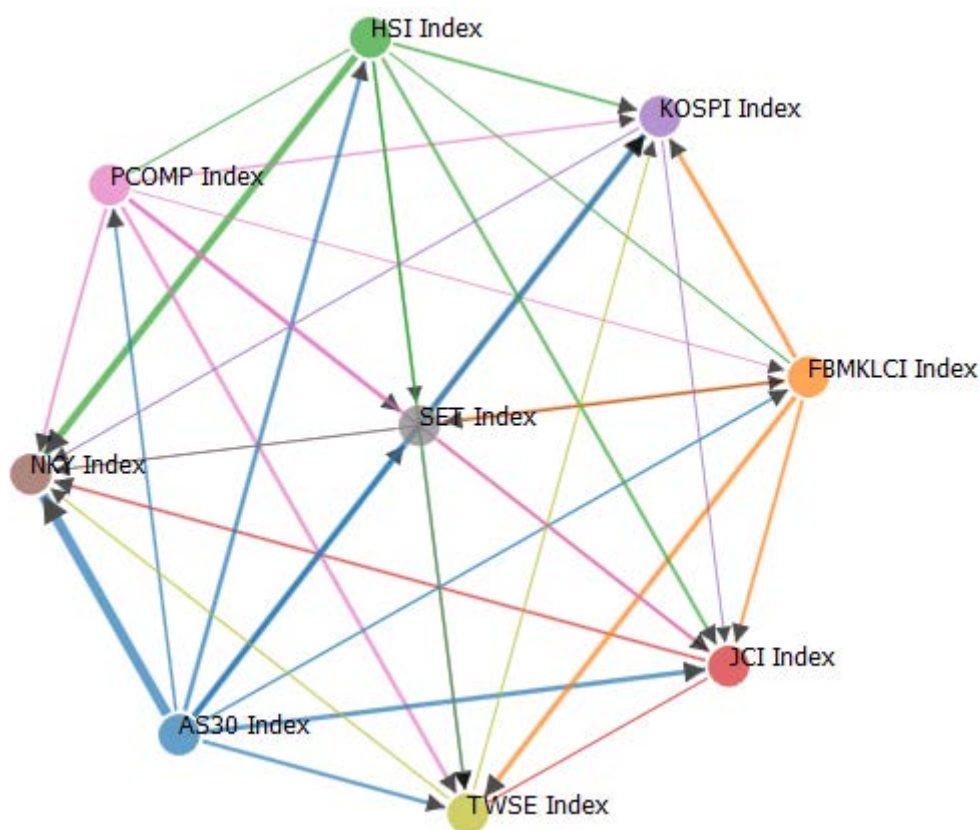
หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละNode ภายในโครงข่ายMSTอิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

เมื่อพิจารณาจากมุมมองโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกในช่วงหลังการเกิดวิกฤตต้มยำกุ้ง ดังแสดงในภาพที่ ก.7 ในช่วง Q4 ค.ศ. 1997 จะพบว่าโครงข่ายทางการเงิน ดังกล่าวมีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากปีก่อนๆค่อนข้างมาก พร้อมกันนี้ระดับความเชื่อมโยง และจำนวนของNode ที่รับอิทธิพลแผ่ ซึ่งส่งมาจากตลาดหุ้น AS30 ไปยังตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาคดังกล่าว นั้น มีจำนวนมากถึง 8 ตลาดหุ้น ซึ่งอยู่ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นมากจนผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าช่วงเวลาดังกล่าวนั้น Shock ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากอิทธิพลแผ่จากตัวกลางตลาดหุ้นต่างๆ ภายในภูมิภาคดังกล่าว นั้น ส่งผลกระทบโดยตรงผ่านความเชื่อมโยงอันเนื่องมาจากตลาดหุ้นอื่นๆ ทั่วโลก โดยผ่านทางตลาดหุ้น AS30 ซึ่งตลาดหุ้นดังกล่าวก่อนข้างที่จะมีระดับความเชื่อมโยงในระดับที่สูงกับตลาดหุ้นยุโรป จนทำให้ตลาดหุ้นของภูมิภาคเอเชียตะวันออกในช่วงเวลาดังกล่าวมีความแปรปรวนเป็นอย่างมาก จนสามารถนำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในระบบให้ซับซ้อนขึ้น

หรือเกิดการส่งผ่านผลกระทบจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ไปยังประเทศอื่นๆภายในภูมิภาคในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ทั้งระบบต้องเผชิญกับความเสี่ยงที่สูงขึ้นตามมาในที่สุด

ภาพที่ ก.7 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q4 ปี ค.ศ. 1997  
(หลังเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง)



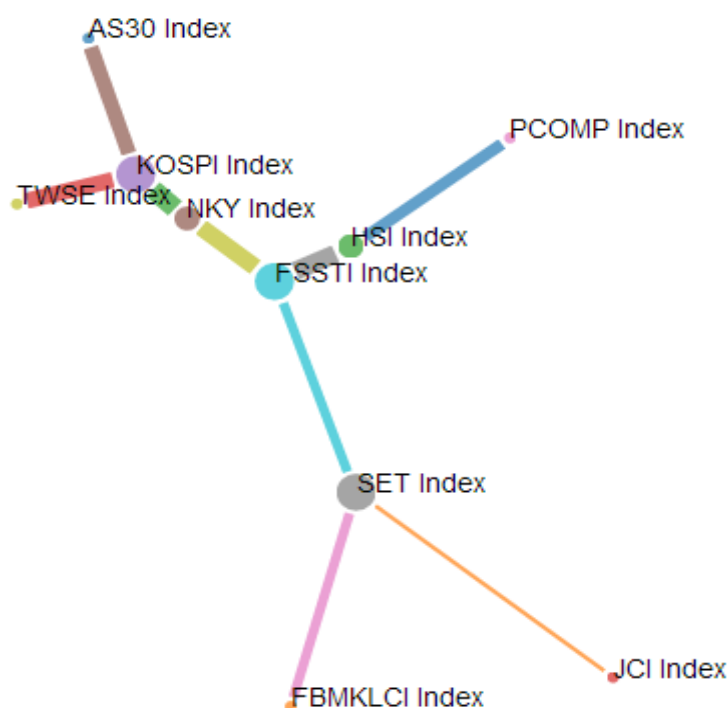
หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนาของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่านอิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในขณะที่เมื่อพิจารณาโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ในช่วงก่อนการปิดตัวลงของเลห์แมน บราเธอร์ ในช่วง Q2 ปี ค.ศ. 2008 พบว่าตลาดหุ้น KOSPI เป็นตลาดหุ้นที่มีระดับอิทธิพลครอบงำตลาดหุ้นอื่นๆ ภายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ออกมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อถึง

ช่วงการปิดตัวลงของเลห์แมน บราเธอร์ ในช่วง Q3 ปี ค.ศ. 2008 นั้นกลับพบว่า โครงสร้างของโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออกนั้น ค่อนข้างที่จะมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิม ดังจะสังเกตได้จากภาพที่ ก.11 ซึ่งจะพบว่า ตลาดหุ้นต่างๆ โดยส่วนใหญ่ภายในภูมิภาค นั้นต่างมีความสัมพันธ์ หรือรับอิทธิพลมาจากตลาดหุ้น FSSTI ของสิงคโปร์ และตลาดหุ้นAS30 เป็นส่วนใหญ่ โดยที่ตลาดหุ้นSET ตลาดหุ้นJCI และตลาดหุ้นPCOMP เป็นตลาดหุ้นเกิดใหม่ที่ได้รับอิทธิพลแฝงอยู่ในระดับที่สูงมาก

ภาพที่ ก.8 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q2 ปี ค.ศ. 2008 (ก่อนการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์)

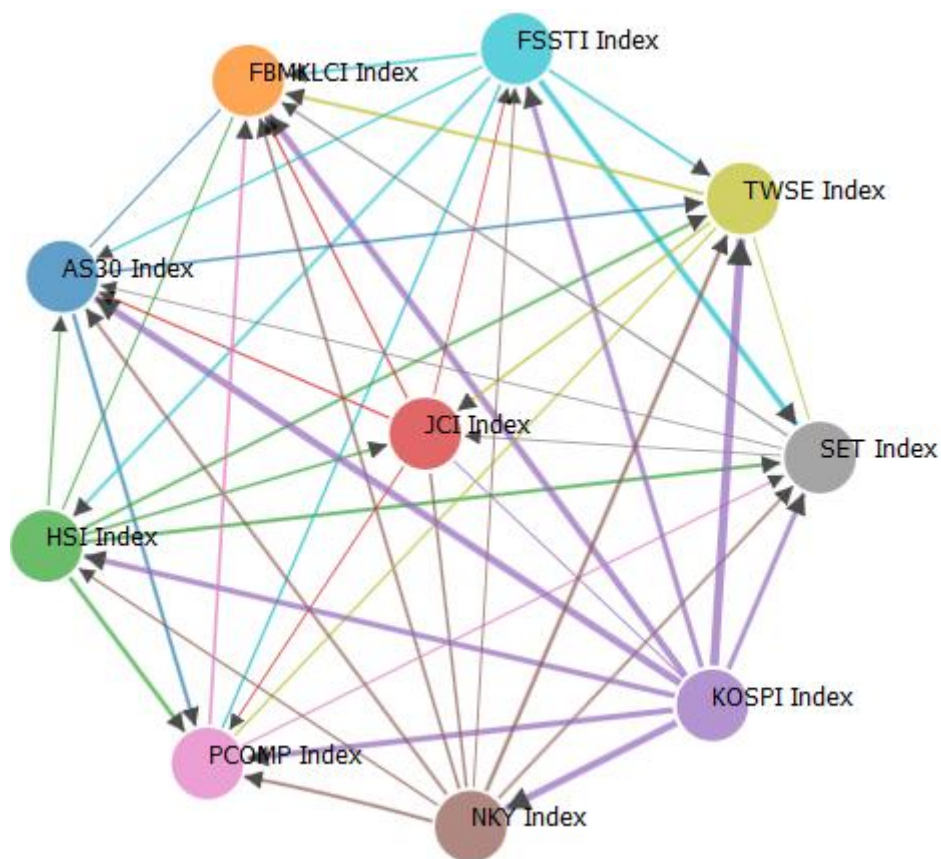


หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละNode ภายในโครงข่ายMSTอิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)



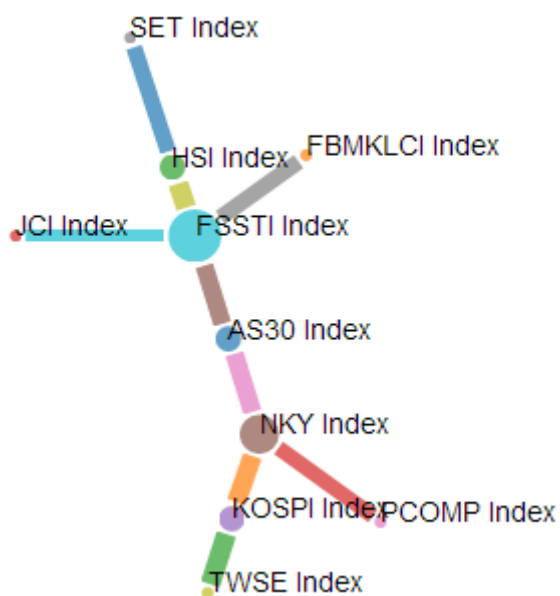
ภาพที่ ก.9 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q2 ปี ค.ศ. 2008  
(ก่อนการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์)



หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของ  
โครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนา  
ของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่าน  
อิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

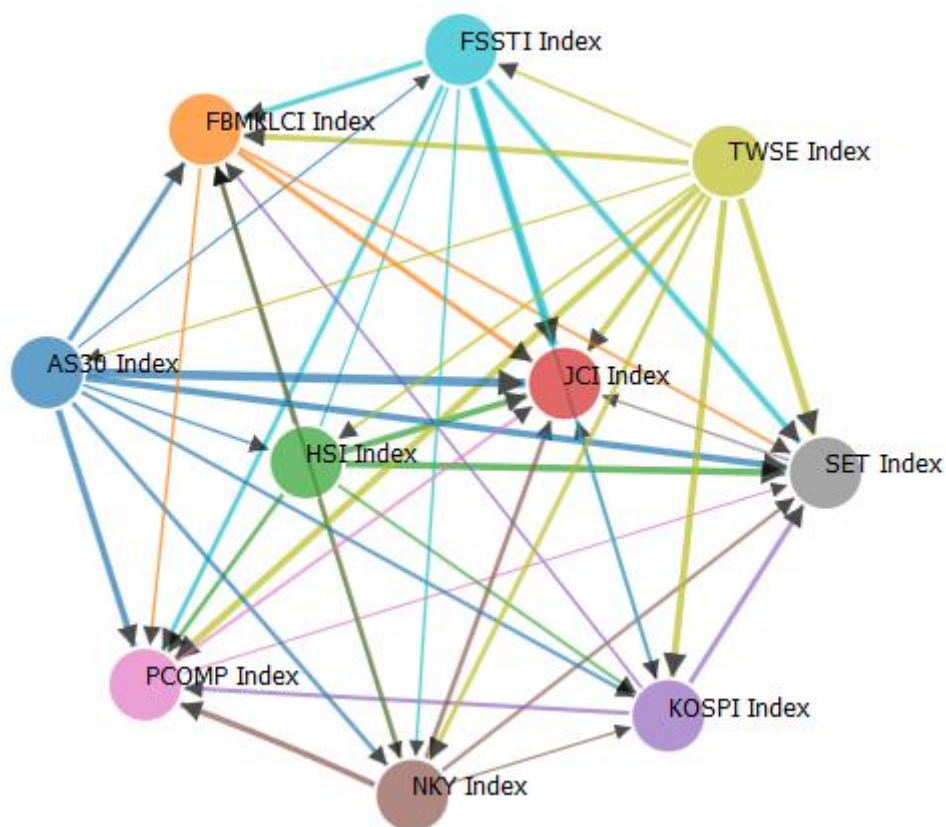
ภาพที่ ก.10 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q3 ปี ค.ศ. 2008 (เกิดการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์)



หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละNode ภายในโครงข่ายMSTอิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย  
พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ ก.11 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q3 ปี ค.ศ. 2008  
(เกิดการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์)

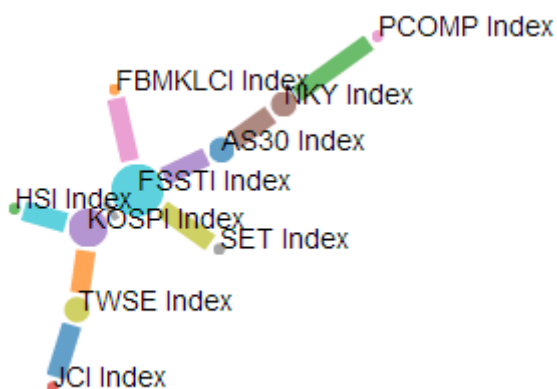


หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนาของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่านอิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

อย่างไรก็ดีในช่วงหลังการปิดตัวลงของเลห์แมน บราเธอร์นั้น ในช่วง Q4 ปี ค.ศ. 2008 พบว่า ตลาดหุ้นSET ตลาดหุ้นJCI ตลาดหุ้นFBMKLCI และตลาดหุ้นPCOMP ได้รับอิทธิพลแฝงจากตลาดหุ้นอื่นๆภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ออกมากที่สุด โดยตลาดหุ้นที่มีถึง 3 ตลาดหุ้น ที่มีอิทธิพลครอบงำตลาดหุ้นอื่นๆ ได้แก่ตลาดหุ้น FSSTI ของสิงคโปร์ ตลาดหุ้นAS30 และตลาดหุ้น KOSPI

ภาพที่ ก.12 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์ในรูปแบบ MST ใน Q4 ปี ค.ศ. 2008 (หลังการล่มสลายของเลห์แมน บราเธอร์)

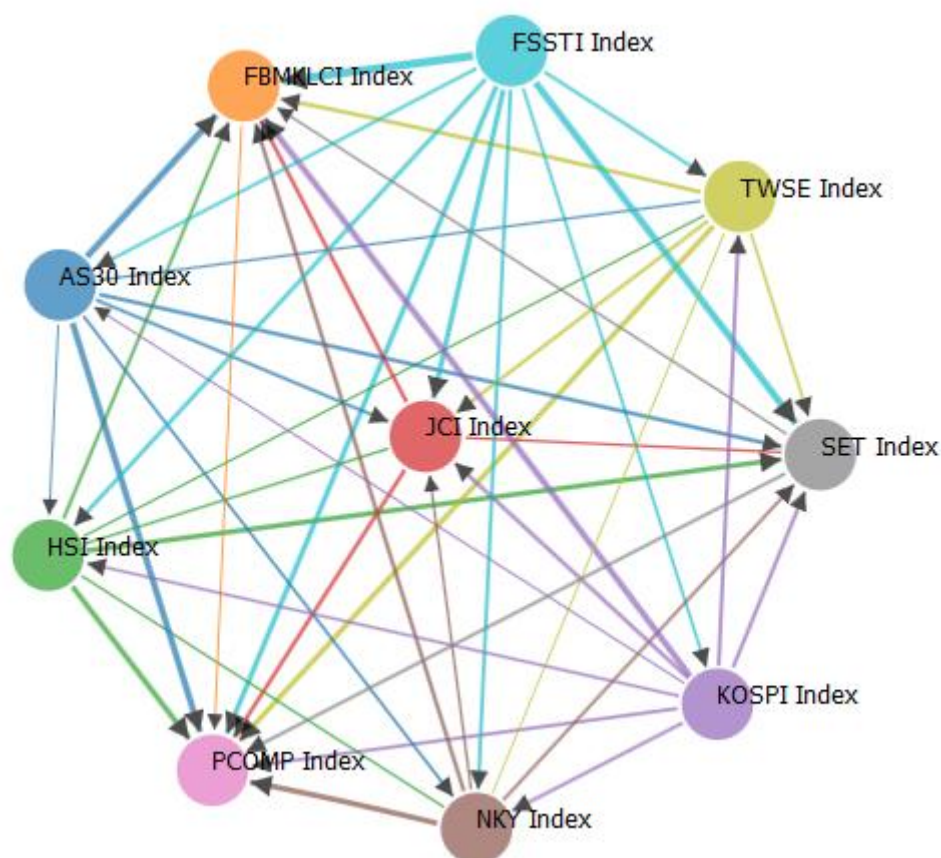


หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละNode ภายในโครงข่ายMSTอิงตามระดับ Degree ของโครงข่าย

พร้อมกับแสดงระดับความเชื่อมโยงผ่านทางความหนาของ Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ภาพที่ ก.13 แสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q4 ปี ค.ศ. 2008  
(หลังการล้มละลายของเลห์แมน บราเธอร์)



หมายเหตุ: ขนาดของแต่ละ Node ภายในโครงข่ายPCPG อิงตามระดับ Degree ของ  
โครงข่าย โดยที่ระดับอิทธิพลที่ส่งผ่านไปยังNodeใดๆ ถูกแทนด้วยความหนา  
ของ Link ภายในโครงข่าย ซึ่งสีของเส้นแทนทิศทางจากตัวกลางที่ส่งผ่าน  
อิทธิพลผ่าน Link

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

เมื่อพิจารณาถึงสถานะตลาดในช่วง วิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง ในปีค.ศ. 1997 และวิกฤตการณ์  
แฮมเบอเกอร์ ในสหรัฐฯ ช่วงปี ค.ศ. 2008 ที่ผ่านมา พบว่าตลาดหลักทรัพย์ภายในภูมิภาคเอเชีย  
ตะวันออกนั้น มีความอ่อนไหวอย่างมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบภายนอกที่เข้ามา ดังจะ  
เห็นได้จากภาพที่ ก.2-ก.13 ซึ่งพบว่า มีปฏิกริยาในการตอบสนองต่อการเกิดปัจจัยเสี่ยงไปในทิศทาง  
เดียวกัน ทั้งในแง่ของความอ่อนแอต่อ Specific Shock ที่จะเข้ามา หรือความเสี่ยง Systemic Risk

ภายในโครงข่ายตลาดหลักทรัพย์ และความตึงตัวต่อ หรือสภาวะไร้ความยืดหยุ่น ต่อ External Shock ที่จะเข้ามา อีกทั้งยังพบสัญญาณของการเกิดสภาวะลูกกลมเป็นเครื่องยืนยันประกอบอีกด้วย

อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Yilmaz (2009) ซึ่งได้นำรูปแบบวิธีการศึกษาการส่งผ่านผลกระทบจากความผันผวนและผลตอบแทนมาทดสอบด้วยวิธี Spillover Index ที่ได้จาก งานวิจัยของ Diebold and Yilmaz (2009) มาทำการศึกษาดตลาดหุ้นภายใน 10 ประเทศหลักๆของภูมิภาคเอเชียตะวันออก (กลุ่มประเทศดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของเรา) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของ Return Spillovers และ Volatility Spillovers ภายในตลาดหุ้นภูมิภาคเอเชียตะวันออกตลอดช่วง ปี ค.ศ. 1992-2009 โดยใช้การทำ Rolling 100-Week Sub-sample Windows จากข้อมูลรายสัปดาห์ ซึ่งมีขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 904 ตัวอย่าง เพื่อนำมาแสดงผลในรูปแบบรายปี ดังแสดงในภาคผนวก ก ในตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.2 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยของเรานี้ภายในภาพที่ 4.13-4.17 และภาพที่ ก.1- ก.13 ก็จะมีลักษณะคล้ายกับตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.2 แต่มีข้อดีกว่าตรงที่เห็นทิศทางการรับส่งอิทธิพลเชิงเปรียบเทียบได้ชัดเจนกว่า อีกทั้งการนำทฤษฎีโครงข่ายมาเสนอทิศทางการส่งผ่านอิทธิพลแฝง ที่เกิดจากตัวกลางตลาดหุ้นใดๆ ภายในภูมิภาคนั้น จะทำให้เราเห็นมุมมองการส่งผ่านระดับอิทธิพลแฝงได้ชัดเจนกว่า ตรงที่โครงข่ายดังกล่าวจะแสดงทิศทางการส่งต่ออิทธิพลจากตลาดหุ้นหนึ่งไปยัง ตลาดหุ้นถัดไปที่เกิดการส่งผ่านอิทธิพลไปแล้วว่าจะมีทิศทางไปยังตลาดหุ้นใดต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการกำกับดูแลระบบการเงิน ซึ่งค่อนข้างที่จะมีความซับซ้อน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของ Volatility Spillovers และ Return Spillovers ดังแสดงในงานวิจัยของ Yilmaz (2009) ประกอบในภาพที่ ก.14 และภาพที่ ก.15 จะพบว่าผลที่ได้จากทั้งสองกราฟดังกล่าวจะมีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปตลอดช่วงเวลาระหว่างที่เกิด Crisis และช่วงสภาวะปกติ จากกราฟของ Volatility Spillovers ค่อนข้างชัดเจนว่าในช่วงที่มีวิกฤตการณ์ใหญ่ๆ เกิดขึ้นนั้นจะเห็นการระเบิด และส่งผลกระทบในวงกว้างของกระบวนการส่งผ่านผลกระทบจากความผันผวน (Volatility Spillovers) ได้ชัดเจนกว่า และผลกระทบจากกราฟที่แสดงออกมาจะทำให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจน และรุนแรงมากกว่ากระบวนการส่งผ่านผลกระทบจากผลตอบแทน (Return Spillovers) ผลลัพธ์จากการเพิ่มขึ้นของระดับการรวมกลุ่มภายในตลาดการเงิน (Market Integration) ตลอดช่วงทศวรรษ 1990 ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก (East Asian Stock Markets) นั้นพบว่าระดับความเชื่อมโยงระหว่างตลาดต่างๆ ก็เริ่มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพิจารณาผลจากการเพิ่มขึ้นของการส่งผ่านผลกระทบจากผลตอบแทน (Return Spillovers) ที่เพิ่มขึ้นในช่วงตอนกลางของช่วงทศวรรษ 1990 แต่ผลจากสัญญาณการเตือนวิกฤตผ่านผลตอบแทนดังกล่าวกลับพบจุดบัพพร้อม โดย

ที่ในช่วงปี ค.ศ. 1997 นั้นอัตราการส่งผ่านผลกระทบผ่านผลตอบแทน(Return Spillovers) อยู่ในระดับที่ต่ำมาก จึงทำให้สัญญาณดังกล่าวให้ผลตรงกันข้ามกับสถานะตลาดจริงๆที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าหลังจากที่เกิดวิกฤตการณ์ขึ้นในเอเชียตะวันออก ในปีค.ศ. 1997 ในตลาดหุ้นต่างๆภายในภูมิภาคดังกล่าวไปแล้ว แต่สัญญาณดังกล่าวจาก Return Spillovers นั้นกลับไม่ได้มีแนวโน้มลดลงตามเลยเริ่มตั้งแต่ทศวรรษ 1990 โดยที่เมื่อเกิดวิกฤตการณ์การเงินโลก ในปี 2008 ขึ้นนั้น ระดับ Return Spillovers ภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ยังคงทะยานขึ้นต่อเนื่องจนแตะจุดสูงสุด การที่เกิดการระเบิดของ Return Spillover Index หรืออัตราผลตอบแทนภายในตลาดหุ้นของภูมิภาคดังกล่าวนั้นลดลงไปอยู่ในระดับต่ำสุด เป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะที่แสดงออกมาของระบบในการเกิดวิกฤตการณ์การเงินโลกขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบผลจากกราฟ Return Spillover Index และกราฟแสดงพลวัตของ Mean Shortest Path ที่ได้จากทฤษฎีโครงข่าย ซึ่งเป็นตัวแทนของดัชนีวัดความเสี่ยง Systemic Risk ต่อการเกิดสภาวะวุ่นวายและความอ่อนแอต่อ Specific Shock จากวิกฤตที่เข้ามาภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชียตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ 4.7 หรือแม้กระทั่งการวัดความผันผวนของอัตราผลตอบแทน ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ยังค่อนข้างที่จะให้ผลการเตือนที่ค่อนข้างแม่นยำและชัดเจนกว่า อีกทั้งการนำค่าทางสถิติภายในโครงข่ายทางการเงินมาพิจารณา นั้นจะทำให้เราเข้าถึงสถานะตลาดการเงินต่างๆภายในภูมิภาคได้ดีกว่าการวัดเพียงระดับ Spillovers เนื่องจากการนำค่า PageRank มาประยุกต์ใช้ในการวัดความเปราะบางนั้นค่อนข้างที่จะให้ผลสอดคล้องกับสถานะตลาดในช่วงเวลาดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่นในช่วงการเกิดวิกฤตต้มยำกุ้งนั้น ผลลัพธ์จากค่า PageRank ภายในภาพที่ ก.5 ซึ่งแสดงโครงข่ายอิงสหสัมพันธ์แยกส่วนแบบบอกทิศทาง PCPG ใน Q3 ปี ค.ศ. 1997 ในช่วงการเกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้ง นั้นให้ผลที่ค่อนข้างสอดคล้องกับความเป็นจริงในในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งตลาดหุ้น SET ของไทยนั้นมีความเปราะบางเกินเกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่กำหนดภายในภูมิภาคดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับในช่วงดังกล่าวตลาดหุ้นของไทยมีความเปราะบางต่อการเกิดวิกฤตอย่างมาก จนทำให้เกิดวิกฤตการณ์ต้มยำกุ้งตามมาในปี ค.ศ. 1997 จึงทำให้การนำค่าทางสถิติทางด้านโครงข่ายมาพิจารณา มีประโยชน์ในแง่ของการกำกับดูแลความเสี่ยงมากกว่าการวัดเพียงแค่ดัชนีการส่งผ่านผลกระทบภายนอก (Spillover Index) เท่านั้น

ตารางที่ ก.1 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากดัชนี Return Spillovers ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชีย  
ตะวันออก ภายในงานวิจัยของ Yilmaz (2009)

	HKG	JPN	AUS	SGP	IDN	KOR	MYS	PHL	TAI	THA	Contribution From Others
HKG	98.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	0.9	1.8
JPN	17.0	81.3	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	18.7
AUS	30.5	10.6	57.7	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	42.3
SGP	44.9	3.9	1.2	47.6	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	1.4	52.4
IDN	16.4	3.4	1.2	5.3	71.2	1.1	0.1	0.1	0.2	0.9	28.8
KOR	19.8	6.9	1.6	2.7	0.6	67.0	0.0	0.1	0.0	1.3	33.0
MYS	19.6	1.2	0.5	7.3	4.0	0.3	65.9	0.2	0.2	0.9	34.1
PHL	20.4	1.4	2.5	5.9	4.7	0.2	1.1	62.3	0.3	1.3	37.7
TAI	15.1	4.6	0.5	2.1	0.5	1.7	0.5	0.7	73.9	0.5	26.1
THA	18.0	1.5	2.2	6.7	5.3	2.7	2.7	2.0	0.3	58.5	41.5
Contribution to Others	201.6	33.5	9.9	30.3	15.7	6.4	5.2	3.7	2.4	7.5	316.3
Contribution Including Own	299.8	114.9	67.5	77.9	87.0	73.4	71.1	66.0	76.3	66.0	Index = 31.6%

ที่มา: Yilmaz (2009)

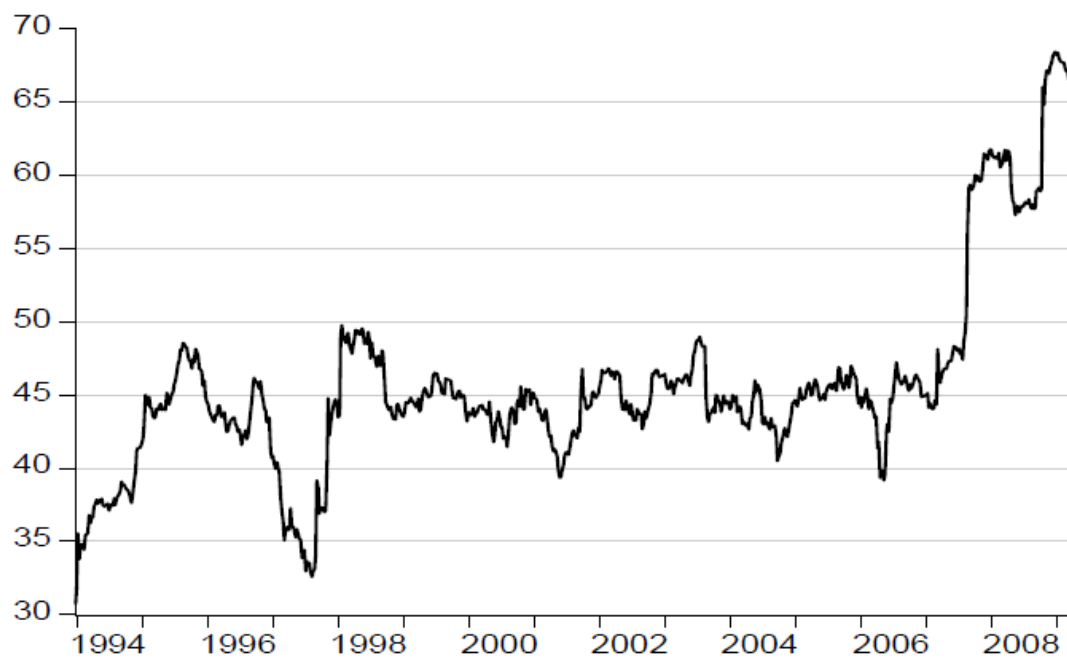


ตารางที่ ก.2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากดัชนี Volatility Spillovers ภายในตลาดหลักทรัพย์เอเชีย  
ตะวันออก ภายในงานวิจัยของ Yilmaz (2009)

	HKG	JPN	AUS	SGP	IDN	KOR	MYS	PHL	TAI	THA	Contribution From Others
HKG	37.7	6.7	4.2	6.9	6.0	0.8	3.8	11.2	2.6	20.0	62.3
JPN	21.9	15.2	3.5	5.3	6.2	0.7	4.9	13.7	5.3	23.5	84.8
AUS	23.9	6.9	33.7	2.4	4.1	2.0	2.7	9.4	1.1	13.7	66.3
SGP	28.3	7.3	6.1	8.3	6.3	0.6	2.9	13.4	2.9	24.0	91.7
IDN	38.8	10.1	11.6	2.4	18.0	0.5	1.6	6.3	1.0	9.8	82.0
KOR	17.5	12.6	3.4	3.8	6.5	4.2	4.7	15.1	5.0	27.2	95.8
MYS	23.2	4.7	8.0	6.0	2.7	0.9	40.4	5.0	0.9	8.2	59.6
PHL	30.9	6.6	5.0	8.0	8.1	2.9	3.8	17.4	1.5	15.7	82.6
TAI	28.1	12.5	5.1	7.6	3.9	2.8	3.1	7.8	12.5	16.6	87.5
THA	19.3	4.5	4.8	1.8	14.5	0.6	6.0	10.8	2.3	35.3	64.7
Contribution to Others	232.0	71.9	51.6	44.2	58.1	11.9	33.3	92.7	22.8	158.7	777.1
Contribution Including Own	269.7	87.1	85.3	52.5	76.1	16.1	73.7	110.1	35.3	194.0	Index = 77.7%

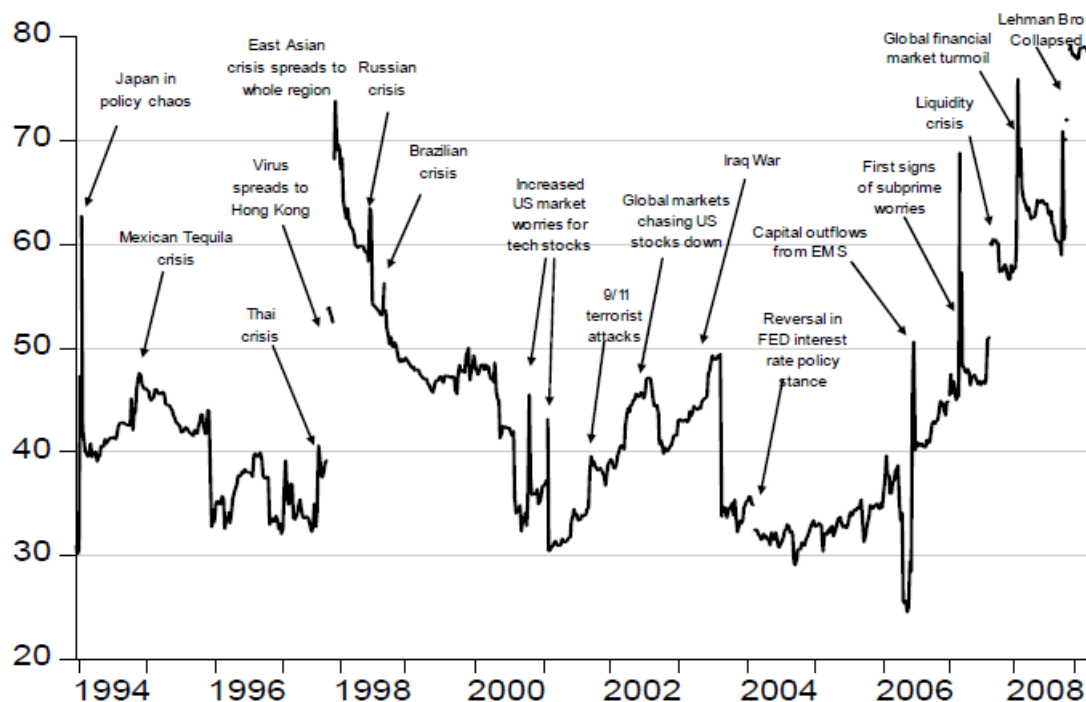
ที่มา: Yilmaz (2009)

ภาพที่ ก.14 แสดงพลวัตของดัชนี Return Spillovers ที่ได้จากตลาดหุ้นในภูมิภาคเอเชีย  
ตะวันออก ภายในงานวิจัยของ Yilmaz (2009)



ที่มา: Yilmaz (2009)

ภาพที่ ก.15 แสดงพลวัตของดัชนี Volatility Spillovers ที่ได้จากตลาดหุ้นภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภายใต้งานวิจัยของ Yilmaz (2009)



ที่มา: Yilmaz (2009)

## ก.2 วิเคราะห์ความเป็นแกนกลาง (Core) ของตลาดหุ้น ในระดับอนุภูมิภาค ผ่านทางค่า Maximum Cliques

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบระดับ Maximum Cliques ในตารางที่ ก.3 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความเป็นแกนกลาง (Core) ของโครงข่าย ในฐานะที่เป็น Hub ที่เชื่อมโยงตลาดหุ้นระหว่างอนุภูมิภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน พบว่า ตลอดช่วง 23 ปีที่ผ่านมา ดัชนี SET ของไทย มีความถี่ของฐานนิยมสูงที่สุด ยกเว้นเพียงปี ค.ศ. 2007 ที่ดัชนี NKY ของญี่ปุ่น และ TWSE ของไต้หวัน ให้ค่า Maximum Cliques รวมไปถึงปี ค.ศ. 2012 ที่แกนกลางนั้นเปลี่ยนมาเป็น KOSPI ของเกาหลีใต้ และ HSI ของฮ่องกงแทน จากผลลัพธ์ดังกล่าวในตารางที่ ก.3 จะเห็นว่าดัชนี SET ของไทยนั้นเป็นเสมือนแกนกลางของโครงสร้างแบบรวมศูนย์ หรือเป็น Hub ที่เชื่อมโยงตลาดหุ้นระหว่างอนุภูมิภาค (Cliques) เข้าด้วยกัน

ตารางที่ ก.3 แสดงจำนวนความถี่ที่สูงที่สุดของตลาดหุ้นที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงในระดับอนุ  
ภูมิภาคผ่านทางค่า Maximum Cliques ของภูมิภาคดังกล่าวในแต่ละช่วงเวลา

ปี	Maximum Cliques
1990	SET
1991	SET
1992	SET
1993	SET
1994	SET
1995	SET
1996	SET
1997	SET
1998	SET
1999	SET
2000	SET
2001	SET
2002	SET

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

ปี	Maximum Cliques
2003	SET
2004	SET
2005	SET
2006	SET
2007	NKY และTWSE
2008	SET
2009	SET
2010	SET
2011	SET
2012	KOSPI และ HSI

ที่มา: ประมวลผลด้วย Algorithm ผ่าน [www.fna.fi](http://www.fna.fi)

ในงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นความสำคัญของการรวมกลุ่มทางการเงินผ่านทางตลาดทุนภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก จึงได้เสนอแนะแนวทางในการสร้าง Intra East Asian Stock Markets Network ที่เชื่อมโยงระหว่าง Inter-Connected Exchange Hub ในระดับอนุภูมิภาคเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการระดมทุน และสร้างเสถียรภาพในระดับภูมิภาคร่วมกัน ดังจะเห็นได้จากในหลายประเทศภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออก นั้นมีศักยภาพทางการลงทุนอยู่ในระดับสูง เพียงแต่ยังขาดความมั่นใจต่อเสถียรภาพ อีกทั้งยังขาดโอกาสในการเข้าถึงการลงทุนภายในตลาดทุนภายในภูมิภาค เพราะว่ายังขาดตัวกลาง (Hub) ที่ใช้ในการเชื่อมโยงโครงข่ายในระดับอนุภูมิภาค

เข้าด้วยกัน จึงทำให้หลายครั้งที่เม็ดเงินลงทุนไหลออกไปสู่ภูมิภาคอื่นๆ แทน จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเชิงนโยบาย ต่อการรวมกลุ่มทางการเงินและเปิดเสรีการลงทุน รวมไปถึงจัดตั้งกองทุนการเงินภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อเสริมสร้างสภาพคล่อง และจัดการความเสี่ยงภายในระบบนิเวศที่เกิดวิกฤต ในอนาคตอันใกล้นี้อาจจะเห็นการรวมกลุ่มจัดตั้งศูนย์กลาง (HUB) ที่เชื่อมต่อตลาดทุนระหว่างประเทศอาเซียน (ASEAN Linkage) เข้ากับประเทศที่เหลือภายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เข้าด้วยกัน โดยมีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง (HUB) ในการเชื่อมต่อ ก็เป็นไปได้ ซึ่งการเชื่อมโยงระบบซื้อขายหลักทรัพย์ระหว่างตลาดหลักทรัพย์ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นั้นจะเป็นประโยชน์ต่อนักลงทุน ทั้งในแง่ของความสะดวกในการซื้อขายหลักทรัพย์ข้ามประเทศจะสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งจากยุทธศาสตร์ดังกล่าวที่ได้นำเสนอมานั้นจะช่วยยกระดับประสิทธิภาพของกระบวนการซื้อขายหลักทรัพย์ การชำระราคา และส่งมอบหลักทรัพย์ รวมไปถึงในแง่ของการกระจายข้อมูลหลักทรัพย์ให้เพิ่มสูงขึ้นได้

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิชาติ วิศิษฐ์กิจการ เกิดวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่ โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2554