



การวิเคราะห์เครือข่ายอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นใน SET 50



โดย
นางสาวอังคณา เกาะแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

วิทยาศาสตร มหาวิทาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การวิเคราะห์เครือข่ายอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นใน SET 50



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
วิทยาศาสตร มหาวิทาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

NETWORK ANALYSIS OF RETURNS AND VOLUME TRADING OF THE STOCK IN
SET 50



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (APPLIED STATISTICS)
Science Silpakorn University
Academic Year 2016
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การวิเคราะห์เครือข่ายอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นใน SET 50

โดย อังคณา เกาะแก้ว

สาขาวิชา สถิติประยุกต์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร. สุดา ตระการเถลิงศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

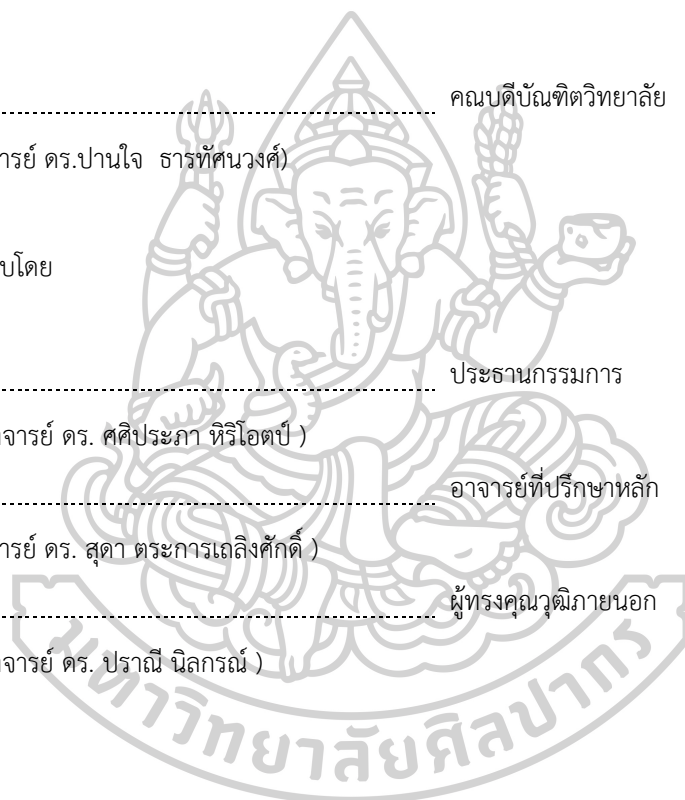
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารท์คนวงศ์)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิประภา หิริโอตป์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุดา ตระการเถลิงศักดิ์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราณี นิลกรณ์)



58304205 : สถิติประยุกต์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

คำสำคัญ : วิธีสัญลักษณ์, วิธี Minimum Spanning Tree, วิธี Hierarchical Tree, เทคนิคบุทสเตรป , สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

นางสาว อังคณา เกาะแก้ว: การวิเคราะห์เครือข่ายอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นใน SET 50 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. สุดา ตระการเลิศศักดิ์

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 ระหว่างกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยใช้ข้อมูลราคาปิดและปริมาณการซื้อขายระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแผนภาพต้นไม้แผ่สิ้นสุด หรือ Minimum Spanning Tree (MST) และแผนภาพต้นไม้แบบลำดับชั้น หรือ Hierarchical Tree (HT) และ 2) เพื่อประยุกต์เทคนิคบุทสเตรป ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมบนเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นในแผนภาพ MST และแผนภาพ HT

ผลการศึกษาพบว่า

1. โครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 บนแผนภาพ MST ที่สร้างภายใต้ระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และภายใต้ระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ มีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกัน โดยแสดงการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ ดังนี้ กลุ่มธุรกิจธนาคาร กลุ่มธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มธุรกิจสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ กลุ่มธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และกลุ่มธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์ นอกจากนี้พบโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสถานการณ์ในตลาดเปลี่ยนไป โดยช่วงตลาดหุ้นผันผวนในลักษณะไม่มีแนวโน้ม หุ้นมีการเกาะกลุ่มกันมากขึ้น แต่การจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจน้อยลง และวิธีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์มีความไวต่อการแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นมากกว่ากรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

2. สำหรับแผนภาพ HT แสดงลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นอย่างต่อเนื่องภายในกลุ่มธุรกิจเดียวกัน 5 กลุ่มหลัก ดังนี้ กลุ่มธุรกิจธนาคาร กลุ่มธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ กลุ่มธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) และกลุ่มธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์

3. จากผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมบนแผนภาพ MST และแผนภาพ

HT โดยใช้เทคนิคบุทสแตมป์ พบว่าการเชื่อมต่อของหุ่นภายในกลุ่มธุรกิจเดียวกันส่วนมากมีค่าบุทสแตมป์ค่อนข้างสูงและมีค่าระยะห่างสั้น แสดงถึงการมีโอกาสถูกเชื่อมต่อเข้าหากันมากด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมค่อนข้างสูง



58304205 : Major (APPLIED STATISTICS)

Keyword : Symbolization methods, Minimum Spanning Tree, Hierarchical Tree, Bootstrap Technique, Escoufier's RV coefficient

MISS Angkana KOKAEW: NETWORK ANALYSIS OF RETURNS AND VOLUME TRADING OF THE STOCK IN SET 50 Thesis advisor : Associate Professor Suda Tragantalerngsak, Ph.D.

This research proposed 1) to compare the structure of the stocks in SET50 between the distance values based on Escoufier's RV coefficient and the distance values based on method of symbolization, using Minimum Spanning Tree (MST) and Hierarchical Tree (HT), with the time series of daily closing prices and volume trading from February 1, 2016 to February 2, 2017. 2) To apply Bootstrap Technique to show reliability of the relationship structure of stocks in MST and HT.

The result showed that

1. The structure of MST based on the symbolization methods and based on the RV coefficient are similar and consisted five main clusters in business sector, banking, information technology & communication, petrochemicals & chemicals, energy & utilities, and finance & securities. In addition, the relationship structure of the stock has changed as the market situation changes. In during the time that the stock market fluctuates in a trendless, the stocks were included more clustering but grouping by business sector was less. The structure based on the symbolization methods was very sensitive to shows changes in the relative-stock structure faster than the structure based on the RV coefficient.

2. The HT shows the sequence of the connection of the stock within five main clusters in business sector, banking, information technology & communication, energy & utilities (Oil & Refinery), petrochemicals & chemicals, and finance & securities.

3. From the reliability of the MST and HT using the bootstrap value, we

found that the connection of the stocks within business sector had high bootstrap value and short distances. It shows the opportunity to be connected very well with high reliability.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุดา ตระการเถลิงศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ แนวคิดวิธีการแก้ปัญหา เสนอข้อคิดเห็นต่างๆด้วยความเอาใจใส่ รวมทั้งช่วยตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเป็นอย่างดียิ่งตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งในความกรุณาของท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิประภา หิริโอตบป์ ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นิลกรณ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สำหรับคำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง และเสนอแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกท่าน ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทองค์ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ ทั้งในด้านการเรียนและแนวทางในการดำเนินชีวิต

กราบขอบพระคุณมารดา บิดา และพี่ชาย ที่สนับสนุนการศึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้ ทั้งกำลังใจและกำลังทรัพย์ให้กับผู้วิจัยมาตลอดการศึกษา

ขอบพระคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่ให้การสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ทางการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

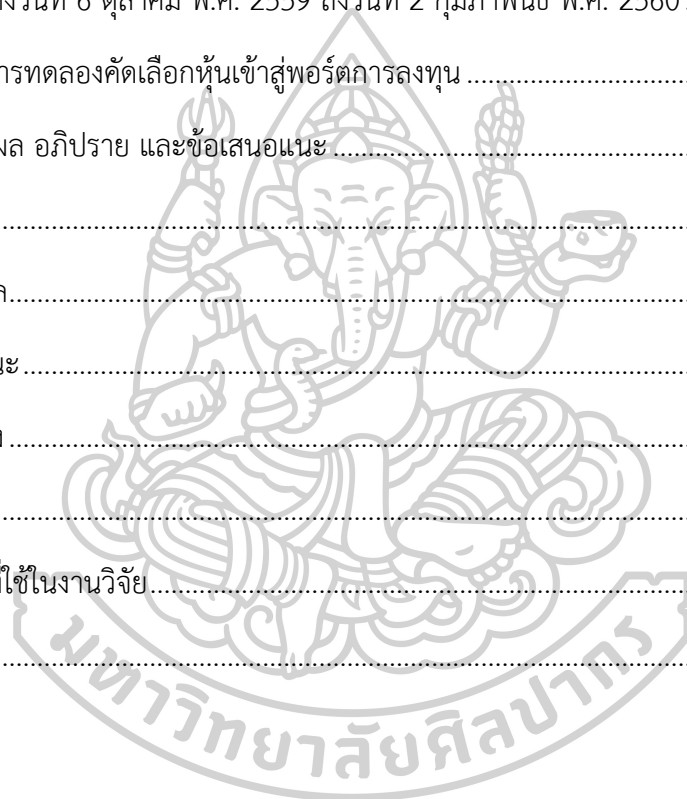
ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้กันและกันตลอดมา ขอขอบคุณพี่น้องลักษณะ เอี้ยว เจริญ และพี่เดือนเพ็ญ เกาต์วง ที่ให้ความช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกด้านเอกสารตลอดการศึกษาของผู้วิจัย

อังคณา เกาะแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
ขอบเขตการศึกษา.....	2
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
ส่วนที่ 1 การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์.....	6
ส่วนที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
ส่วนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	40
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	44
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	45

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น.....	51
ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และการวิเคราะห์ลำดับการจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Hierarchical Tree (HT).....	54
ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50	76
ส่วนที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ช่วงวิกฤตระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560	80
ส่วนที่ 5 การทดลองคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน	86
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	93
สรุปผล	93
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ	99
รายการอ้างอิง	100
ภาคผนวก.....	101
โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย.....	102
ประวัติผู้เขียน.....	117



สารบัญตาราง

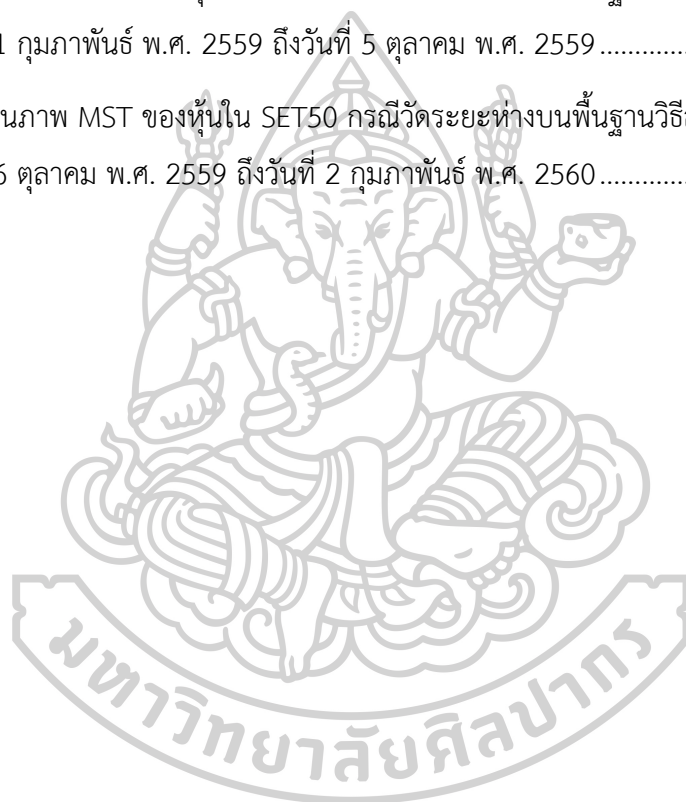
หน้า

ตาราง 1 รายชื่อหลักทรัพย์ที่อยู่ใน SET50	40
ตาราง 2 คู่ของหุ้นที่มีความสัมพันธ์สูงสุดและต่ำสุดแบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	55
ตาราง 3 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1	60
ตาราง 4 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2	65
ตาราง 5 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3	70
ตาราง 6 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นบนแผนภาพ MST ระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (วิธีที่1, วิธีที่2 และวิธีที่3)	76
ตาราง 7 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นบนแผนภาพ HT ระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (วิธีที่1, วิธีที่2 และวิธีที่3)	77
ตาราง 8 รายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตลงทุนตามประเภทธุรกิจ	87
ตาราง 9 รายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับวิธีการกระจายการลงทุนในหุ้นที่อยู่ต่างกลุ่มกัน โดยพิจารณาจากแผนภาพ MST และแผนภาพ HT	90
ตาราง 10 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นบนแผนภาพ MST สำหรับช่วงก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤต และหลังสถานการณ์วิกฤต.....	95

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 Single linkage หรือ Nearest neighbor	14
ภาพที่ 2 Complete linkage หรือ Furthest neighbor.....	15
ภาพที่ 3 Average Linkage Between Groups หรือ Between – groups Linkage.....	15
ภาพที่ 4 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 1.....	31
ภาพที่ 5 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 2.....	32
ภาพที่ 6 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 3.....	32
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	49
ภาพที่ 8 ขั้นตอนดำเนินงานสำหรับเทคนิคบูตสตราป (Bootstrap Technique).....	50
ภาพที่ 9 Scatter plot ของราคาปิดของแต่ละหุ้นใน SET50 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560.....	53
ภาพที่ 10 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	56
ภาพที่ 11 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	58
ภาพที่ 12 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1	61
ภาพที่ 13 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 1	63
ภาพที่ 14 แผนภาพ MSTของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2	66
ภาพที่ 15 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2.....	68
ภาพที่ 16 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 3	71
ภาพที่ 17 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3.....	73

ภาพที่ 18	แผนภาพ MST ของหุ่นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559	81
ภาพที่ 19	แผนภาพ MST ของหุ่นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560.....	81
ภาพที่ 20	แผนภาพ MST ของหุ่นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่2 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560.....	83
ภาพที่ 21	แผนภาพ MST ของหุ่นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่2 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559	84
ภาพที่ 22	แผนภาพ MST ของหุ่นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่2 ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560.....	84



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันหุ้นในตลาดหลักทรัพย์มีอยู่เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ยากต่อการคัดเลือกหุ้นที่จะลงทุน เนื่องจากไม่ทราบว่าจะเลือกหุ้นตัวใดเข้าสู่พอร์ตการลงทุนบ้าง ซึ่งจะลงทุนในหุ้นทุกตัวคงไม่ได้ จะดูงบการเงินของหุ้นทั้งหมดเป็นสิ่งที่ยากลำบากเกินไป และหุ้นเป็นระบบ Complex system นั่นคือหุ้นแต่ละตัวอาจมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน จึงทำให้เกิดปัญหาที่ว่าควรเลือกลงทุนในหุ้นตัวใดและอย่างไรดี โดยแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคือ การกระจายการลงทุนในหุ้นที่มีลักษณะผันแปรของราคาแตกต่างกัน หรือมีสหสัมพันธ์ตรงข้ามกัน เพื่อเป็นการลดความแปรปรวนของพอร์ตการลงทุนและเป็นการลดความเสี่ยง ดังนั้นการศึกษากลไกความสัมพันธ์ของหุ้นและกลไกราคาจึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้ปริมาณการซื้อขายหุ้นสามารถระบุคุณภาพของแนวโน้มหรือกำลังของแนวโน้มราคาได้เป็นอย่างดี ดังนั้นควรดูแนวโน้มของราคาหุ้นควบคู่ไปกับทิศทางของปริมาณการซื้อขาย (The Stock Exchange of Thailand, 2015) [1]

วิธีการวิเคราะห์เครือข่าย (Network analysis) ได้เข้ามาช่วยในการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหุ้น ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในระบบหุ้น ทำให้เห็นถึงกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ้นต่างๆ ซึ่งผู้ลงทุนควรกระจายการลงทุนในหุ้นที่อยู่ต่างกลุ่มกัน เพื่อเป็นการกระจายความเสี่ยง โดยการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ้นจะทำการเชื่อมต่อหุ้นที่มีความสัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน ซึ่งความสัมพันธ์ของหุ้นอาจจะวัดเป็นค่าระยะห่างหรือค่าน้ำหนัก เพื่อวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างหุ้นแต่ละคู่

การคำนวณระยะห่างสามารถทำได้หลากหลายวิธี โดยในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิจัยเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสหสัมพันธ์ (Based on correlation) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ โดยในงานวิจัยนี้วัดภายใต้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างหุ้นของปริมาณการซื้อขาย (Volume trading) และราคาปิด (Closing price) ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นในกรณีข้อมูลหลายมิติ อีกกรณีหนึ่งที่นิยมใช้ในการวัดระยะห่างระหว่างหุ้น คือวิธีสัญลักษณ์ โดยแปลงอนุกรมของข้อมูลเป็นอนุกรมของสัญลักษณ์ก่อนนำมาคำนวณค่าระยะห่าง ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับกรณีที่ข้อมูลมีความผันแปรมากเนื่องจากเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป นั่นคือข้อมูลหุ้นทั้งปริมาณการซื้อขาย (Volume trading) และราคาปิด (Closing price) อาจเกิดความผันแปรอย่าง

มากตลอดเวลา ส่งผลกระทบให้ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลผันแปรได้ง่าย ดังนั้นควรทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ก่อนคำนวณค่าระยะห่าง

โดยวิธีที่ใช้ในการเชื่อมต่อหุ้นมีหลายวิธี เพื่อให้เห็นเส้นเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นชัดเจนยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำวิธีแผนภาพต้นไม้แผ่สั้นสุด หรือ Minimum Spanning Tree (MST) (Mantegna, 1999) [2] เข้ามาจับกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ้น โดยวิธีนี้จะทำการลดจำนวนเส้นเชื่อมจากการหาซ้บเซตของเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อทุกหุ้นในเครือข่ายเข้าด้วยกันที่ทำให้ได้ระยะห่างการเชื่อมต่อสั้นสุดและเป็นเครือข่ายที่ปราศจากวัฏจักร (Cycle) จากนั้นจะแสดงลำดับการจัดกลุ่มด้วยแผนภาพต้นไม้แบบลำดับชั้น หรือ Hierarchical Tree (HT) โดยใช้วิธีรวมกลุ่มแบบ Single linkage, วิธี Complete linkage และวิธี Average linkage ถัดมาได้ประยุกต์ใช้เทคนิคบูทสเตรป (Bootstrap Technique) ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและวัดประสิทธิภาพของโครงสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้น โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาวิเคราะห์หุ้นใน SET50 เนื่องจากเป็นหุ้นที่ได้รับความสนใจจากผู้ลงทุนเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นหุ้นที่มีมูลค่าตามราคาตลาด (Market Capitalization) สูง ปริมาณการซื้อขายที่มีสภาพคล่องสูง 50 อันดับแรก และมีความสม่ำเสมอไม่แกว่งมากเกินไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 ระหว่างกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV (Escoufier's RV coefficient) และกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (Symbolization methods) โดยใช้ข้อมูลราคาปิดและปริมาณการซื้อขาย ด้วยวิธีการจัดกลุ่มโดยแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และแผนภาพ Hierarchical Tree (HT)
2. เพื่อประยุกต์เทคนิคบูทสเตรป (Bootstrap Technique) ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมบนเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นในแผนภาพ MST และแผนภาพ HT

ขอบเขตการศึกษา

1. การศึกษานี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์โครงสร้างหุ้นใน SET50 โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ของราคาปิด (Closing price) และปริมาณการซื้อขาย (Volume trading) รายวัน ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 โดยเก็บข้อมูลมาจาก www.settrade.com (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย)

2. ในการวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) จะดำเนินการตามวิธีการ Kruskal's algorithm (1956) [3]
 3. ในการวิเคราะห์ลำดับชั้นภายในเครือข่ายรูปแบบต้นไม้โดยแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) จะใช้วิธี Single linkage, วิธี Complete linkage และวิธี Average linkage
- หมายเหตุ รายการหุ้นใน SET50 จะเปลี่ยนแปลงทุก 6 เดือน โดยงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาหุ้นที่มีรายชื่ออยู่ใน SET50 ช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559

ข้อตกลงเบื้องต้น

ปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของหุ้นในตลาดหลักทรัพย์ได้สะท้อนออกมาในค่าของอนุกรมเวลาผลตอบแทนและปริมาณซื้อขายหุ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ตัวแปรอนุกรมเวลาทั้งสองในการพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงลักษณะการเชื่อมโยงของโครงสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นในตลาดหลักทรัพย์
2. สามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการพิจารณาคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาโครงสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ทางด้านอื่นๆ เช่น อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน เป็นต้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

ปริมาณการซื้อขาย (Trading Volume) [4] คือ จำนวนของหุ้นหรือปริมาณหลักทรัพย์ที่ทำการซื้อและขายในตลาดหลักทรัพย์ฯ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ (ตัวอย่างเช่น ชั่วโมง วัน สัปดาห์ และเดือน เป็นต้น)

ราคาเปิด (Opening price) [4] คือราคาหลักทรัพย์ที่เกิดจากการซื้อขายรายการแรกของแต่ละวันทำการ โดยเกิดจากการที่ระบบการซื้อขายของตลาดหลักทรัพย์ได้รวบรวมคำสั่งซื้อ/ขายหลักทรัพย์ทั้งหมดที่ส่งเข้ามาซื้อขายบนกระดานหลักในช่วงเช้าก่อนเปิดตลาด (Pre-opening) ตั้งแต่เวลา 09.30 น. และทำการสุ่มเลือกเวลาเปิดตลาดในช่วงระหว่าง 09.55-10.00 น. พร้อมทั้งคำนวณราคาเปิดของแต่ละหลักทรัพย์ตามหลักการ ดังนี้

- ใช้ราคาที่ทำให้เกิดการซื้อขายได้ปริมาณมากที่สุด
- ถ้ามีราคาที่ทำให้เกิดปริมาณซื้อขายมากที่สุด มากกว่า 1 ราคา ให้ใช้ราคาที่สูงที่สุด

ใกล้เคียงกับราคาปิดในวันทำการก่อนหน้านั้นมากที่สุด

- ถ้ามีราคาที่ใกล้เคียงกับราคาปิดในวันทำการก่อนหน้านั้น มากกว่า 1 ราคา ให้ใช้ราคาที่สูงกว่าเป็นราคาเปิด

ราคาปิด (Closing price) [4] คือราคาของหลักทรัพย์ใดๆ ที่เกิดจากการซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์เป็นรายการสุดท้ายของแต่ละวัน โดยระบบซื้อขายหลักทรัพย์จะหยุดจับคู่คำสั่งซื้อ/ขายอัตโนมัติ (Automated Order Matching หรือ AOM) ณ เวลา 16.30 น. แต่จะยังคงรับคำสั่งซื้อ/ขายจากบริษัทสมาชิกมาเรียงลำดับไว้ในระหว่าง 16.30-16.35 น. จากนั้นระบบคอมพิวเตอร์จะสุ่มเลือกเวลาปิดในช่วงระหว่าง 16.35-16.40 น. และนำคำสั่งซื้อ/ขายทั้งหมดที่ค้างในระบบจนถึงเวลาปิด มาคำนวณหาราคาปิดของแต่ละหลักทรัพย์ ด้วยวิธี Call Market ซึ่งมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

- ใช้ราคาที่ทำให้เกิดการซื้อขายได้ในปริมาณมากที่สุด
- ถ้ามีราคาที่ทำให้เกิดปริมาณซื้อขายมากที่สุด มากกว่า 1 ราคา ให้ใช้ราคาใกล้เคียงกับราคาซื้อขายครั้งสุดท้ายก่อนหน้านั้นมากที่สุด
- ถ้ามีราคาทีใกล้เคียงกับราคาซื้อขายครั้งสุดท้ายก่อนหน้านั้น มากกว่า 1 ราคา ให้ใช้ราคาที่สูงกว่าเป็นราคาปิด
- ถ้าช่วงที่ใช้วิธี Call Market ไม่สามารถหาราคาปิดได้ (เนื่องจากการซื้อขายขาดสภาพคล่อง) ให้ใช้ราคาซื้อขายที่เกิดจากวิธี AOM ในลำดับก่อนหน้านั้นเป็นราคาปิด

อัตราผลตอบแทน (Rate of return) [5] หมายถึง อัตราผลกำไรที่ได้รับจากการลงทุนในหุ้นสามัญในรูปของเงินปันผล (Dividend) และกำไรหรือขาดทุนจากการจำหน่ายหุ้นสามัญ (Capital gain or loss) ในงานวิจัยนี้ใช้อัตราผลตอบแทน (Rate of return) รายวันของหุ้นที่ i ซึ่งคำนวณจากผลต่างของ natural logarithm ของราคาปิด ระหว่างวันที่ t และ $t - 1$ แสดงดังสมการนี้

$$r_i(t) = \ln Z_i(t) - \ln Z_i(t - 1)$$

โดย $Z_i(t)$ แทนราคาปิดของหุ้น i ในวันที่ t โดย $i = 1, 2, \dots, N$

N แทนจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

ค่าบูทสเตรป (Bootstrap value) [6, 7] แทนค่าที่ใช้วัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และเส้นเชื่อมในแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) โดยมีสูตรในการคำนวณค่าดังนี้

ค่าบูทสเตรปสำหรับแผนภาพ MST

$$\text{ค่าบูทสเตรป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่ปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน } MST \text{ หลัก}}{R}$$

โดย R แทนจำนวนการทำซ้ำของกระบวนการบูทสเตรป

ค่าบวทสเตรปสำหรับแผนภาพ HT

$$\text{ค่าบวทสเตรป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่สมาชิกในกลุ่มปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน } HT \text{ หลัก}}{R}$$

โดย R แทนจำนวนการทำซ้ำของกระบวนการบวทสเตรป



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะทำการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์

ส่วนที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 1 การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์

การลงทุนในหุ้นเปรียบเสมือนการทำธุรกิจ ถึงแม้จะมีเงินทุนไม่เพียงพอแต่ก็เหมือนได้เป็นเจ้าของธุรกิจหรือกิจการนั้นตามที่ต้องการ

เพราะ “หุ้น”(Stock) เป็นหลักทรัพย์ที่แสดงความเป็นเจ้าของส่วนหนึ่งในบริษัทหรือกิจการที่ได้ระดมเงินทุนไปใช้ในกิจการนั้น ซึ่งจะมีสิทธิ์ในทรัพย์สินหรือส่วนได้เสียและรายได้ของกิจการ รวมทั้งมีโอกาสได้รับผลตอบแทนเป็นเงินปันผล ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อตกลงและผลกำไรของกิจการนั้นๆ [8]

การลงทุนทุกการลงทุนมีความเสี่ยง แม้หุ้นจะเป็นหลักทรัพย์ที่มีความเสี่ยงที่ทำให้ผู้ลงทุนหลายคนลังเลที่จะลงทุน แต่ยังมีผู้ลงทุนอีกจำนวนมากที่ไม่ว่าจะเสี่ยงเพียงใดก็ยังคงสนใจที่จะลงทุนในหุ้น เนื่องจากการลงทุนในหุ้นมีโอกาสได้รับผลตอบแทนที่น่าสนใจ ได้มีส่วนร่วมเป็นเจ้าของกิจการ และมีส่วนได้เสียในผลกำไรของกิจการ

โดยระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา การลงทุนในหุ้นได้รับความสนใจจากนักลงทุนมาอย่างต่อเนื่องทั้งนักลงทุนในประเทศและต่างประเทศที่เข้ามาลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และคาดว่าจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดสถานะตลาดหุ้นและเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการเจริญเติบโตของการลงทุนในตลาดหุ้น ปี พ.ศ.2538 ตลาดหลักทรัพย์จึงได้ริเริ่มการคำนวณ SET50 Index เพื่อใช้เป็นดัชนีอ้างอิง (Underlying Index) สำหรับการออกผลิตภัณฑ์และสินค้าใหม่ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลงทุนแก่นักลงทุน และเพื่อเป็นดัชนีราคาหุ้นที่ใช้แสดงระดับและความเคลื่อนไหวของราคาหุ้นสามัญ 50 ตัวที่มีมูลค่าตามราคาตลาด (Market Capitalization) สูง มีสัดส่วนผู้ถือหุ้นรายย่อยผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และการซื้อขายมีสภาพคล่องสูงอย่างสม่ำเสมอ [9]

นั่นคือ “SET50” เป็นหุ้น 50 ตัวแรก ที่มีปริมาณการซื้อขายที่มีสภาพคล่องสูง มูลค่าตามราคาตลาดสูง และมีความสม่ำเสมอไม่แกว่งมากเกินไป โดยตลาดหลักทรัพย์จะมีการทบทวน

หลักทรัพย์ทุก 6 เดือน เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภาวะตลาดหลักทรัพย์ โดยช่วงแรกจัดทำในเดือนมิถุนายน (สำหรับรายชื่อในครึ่งหลังของปี) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายนปีก่อนหน้า ถึงวันที่ 31 พฤษภาคมของปีทำการคัดเลือก และช่วงที่สองจัดทำในเดือนธันวาคม (สำหรับรายชื่อในครึ่งแรกของปีถัดไป) โดยจะใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคมปีก่อนหน้า ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายนของปีทำการคัดเลือก โดยหลักทรัพย์ที่จะเป็นองค์ประกอบของดัชนี SET50 ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. เป็นหุ้นสามัญที่ซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์ฯ และเป็นหลักทรัพย์จดทะเบียนมาแล้วไม่น้อยกว่า 6 เดือน ยกเว้นกรณีหลักทรัพย์เข้าใหม่ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงรายชื่อหลักทรัพย์ระหว่างรอบ คือ หากหลักทรัพย์ที่จดทะเบียนใหม่เป็นหลักทรัพย์ที่มีขนาดใหญ่ ตลาดหลักทรัพย์ฯ จะนำหลักทรัพย์ดังกล่าวมารวมในการคำนวณดัชนี SET50 และ SET100 โดยจะประกาศให้ผู้ลงทุนทราบล่วงหน้าเป็นการทั่วไป
2. เป็นหลักทรัพย์ที่มีมูลค่าตามราคาตลาดสูงสุด 200 ลำดับแรก โดยพิจารณาจากมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาดเฉลี่ยต่อวันย้อนหลัง 3 เดือน
3. เป็นหลักทรัพย์ที่มีสัดส่วนผู้ถือหลักทรัพย์รายย่อย (Free-float) ไม่น้อยกว่า 20%
4. เป็นหลักทรัพย์ที่มีมูลค่าซื้อขายสม่ำเสมอ โดยมีมูลค่าการซื้อขายจากตลาดหลัก (SET's main market) สูงกว่า 50% ของมูลค่าการซื้อขายเฉลี่ยต่อหลักทรัพย์ของหลักทรัพย์ประเภทหุ้นสามัญทั้งตลาดในเดือนเดียวกัน และต้องมีมูลค่าการซื้อขายนั้นต่อเนื่องเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 9 ใน 12 เดือน
5. เป็นหลักทรัพย์ที่มีจำนวนหุ้นซื้อขายไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของจำนวนหุ้นจดทะเบียนของหลักทรัพย์นั้นๆ ในเดือนที่มีมูลค่าซื้อขายของหลักทรัพย์ผ่านเงื่อนไขข้อ 4
6. หากมีหลักทรัพย์ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกข้างต้นน้อยกว่า 105 หลักทรัพย์ ตลาดหลักทรัพย์ฯ จะดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้
 - 6.1 ลดอัตราส่วนของมูลค่าการซื้อขายเฉลี่ยต่อหลักทรัพย์จากเดิม 50% ลงครึ่งละ 5% แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 20%
 - 6.2 ลดจำนวนเดือนที่หลักทรัพย์นั้นต้องผ่านเกณฑ์ด้านมูลค่าการซื้อขายลงครึ่งละ 1 เดือน แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 6 เดือน
 - 6.3 เพื่อให้ได้หลักทรัพย์ครบตามจำนวนที่กำหนด ตลาดหลักทรัพย์ฯ อาจพิจารณาปรับลดอัตราส่วนของมูลค่าซื้อขายเฉลี่ยต่อหลักทรัพย์ลงได้ตามความเหมาะสม
7. ไม่เป็นหลักทรัพย์ที่เข้าข่ายดังต่อไปนี้
 - 7.1 อาจถูกเพิกถอนตามข้อกำหนดของตลาดหลักทรัพย์ฯ
 - 7.2 อยู่ระหว่างดำเนินการเพิกถอนจากการเป็นหลักทรัพย์จดทะเบียน
 - 7.3 อยู่ในระหว่างถูกสั่งพักการซื้อขายเป็นระยะเวลานาน

7.4 มีแนวโน้มที่จะถูกพักการซื้อขายเป็นระยะเวลานาน

โดยนำหลักทรัพย์ที่ผ่านการคัดเลือกข้างต้นมาจัดลำดับตามมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาดเฉลี่ย ซึ่งหลักทรัพย์ในอันดับที่ 1 - 50 จะใช้ในการคำนวณ SET50 Index (โดยมีอันดับที่ 51 - 55 เป็นรายชื่อสำรอง) [10]

ส่วนที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การที่ผู้ลงทุนจะตัดสินใจลงทุนในหุ้นตัวใดนั้นนิยมพิจารณาจากราคาหุ้น (Stock price) ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้ทราบถึงผลตอบแทนของการลงทุน โดยราคาหุ้นสามารถนำมาพิจารณาควบคู่ไปกับปริมาณการซื้อขาย (Volume trading) เนื่องจากปริมาณการซื้อขายสามารถระบุแนวโน้มของราคาได้เป็นอย่างดี เพราะการเคลื่อนไหวของราคาจะเกิดภายใต้กฎของอุปสงค์และอุปทาน และปริมาณการซื้อขายยังเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงกำลังและความต้องการซื้อ ต้องการขายอย่างแท้จริง

โดยทิศทางราคาและปริมาณซื้อขายเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์กันโดยพื้นฐาน ซึ่งมีหลักคิดเบื้องต้นว่าการที่แนวโน้มราคาหุ้นจะมั่นคงและแข็งแกร่งนั้น จะต้องสอดคล้องกับทิศทางของปริมาณการซื้อขายด้วย ดังนั้นราคาหุ้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ ปริมาณการซื้อย่อมมากกว่าปริมาณการขาย แต่ถ้าปริมาณการซื้อขายเบาบาง ย่อมบ่งบอกถึงความไม่แข็งแกร่งของการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มราคา และถ้าทิศทางราคาเกิดความขัดแย้งกับทิศทางของปริมาณการซื้อขาย ซึ่งทำให้เป็นที่สังเกตได้ว่า อาจจะมีจุดกลับตัวของแนวโน้มราคาหุ้น ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการวิเคราะห์แนวโน้มราคา จำเป็นต้องดูปริมาณการซื้อขายประกอบด้วย

ราคาหุ้นมีหลายประเภททั้ง ราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงสุด และราคาต่ำสุด แต่เนื่องจากราคาปิดของหุ้นทุกตัวเกิดขึ้น ณ จุดของเวลาเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับอนุกรมเวลาราคาหุ้น จึงนิยมนำราคาปิดมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของหุ้นและกลไกราคากับปริมาณการซื้อขายในการศึกษาโครงสร้างของเครือข่ายหุ้น [11]

เนื่องจากราคาหุ้นและปริมาณการซื้อขายมีความสัมพันธ์ค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นเพื่อให้เห็นรูปแบบความสัมพันธ์ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นผ่านลักษณะความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปของเครือข่าย

โดย“เครือข่าย”(Network) จะเป็นการเชื่อมต่อกันของเส้นเชื่อมให้อยู่ในรูปของกราฟ โดยจะมีการไหลของบางสิ่งบนเส้นเชื่อมและยังเป็นเทคนิคในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมของหลายๆปัญหาที่สามารถเขียนได้ในรูปเครือข่าย เช่น การวางแผนเกี่ยวกับโครงการขนาดใหญ่ ระบบการติดต่อสื่อสาร หรือการวางแผนเกี่ยวกับการส่งน้ำประปา น้ำมันไปตามท่อส่ง [12]

นอกจากนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์และแสดงภาพโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษา เช่น หน่วยธุรกิจ หุ้น สกุลเงิน เป็นต้น โดยการวิเคราะห์

เครือข่าย (Network analysis) จะถูกนำมาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อน เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ซึ่งจะประกอบด้วยเซตของสิ่งที่สนใจศึกษา เรียกว่า “โหนด” (Node) และ “เส้นเชื่อม” (Edge) เป็นเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดสองโหนด ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของโหนดแต่ละคู่ โดยความสัมพันธ์อาจจะวัดให้อยู่ในรูปของค่าระยะห่าง หรือค่าน้ำหนัก

การสร้างเครือข่ายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest route) และการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์เครือข่ายจะแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ่นโดยการเชื่อมต่อหุ่นให้อยู่ในรูปของเครือข่ายที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในระบบหุ่น โดยความสัมพันธ์ของหุ่นวัดเป็นค่าระยะห่าง ซึ่งสามารถทำให้เห็นถึงกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ่นได้ แต่เนื่องจากเส้นเชื่อมที่แสดงความสัมพันธ์ของหุ่นแต่ละคู่อาจมีถึง $N(N-1)/2$ เส้นเชื่อม (เมื่อ N เป็นจำนวนหุ่น) ซึ่งเป็น complete graph จะเห็นได้ว่ามีจำนวนเส้นเชื่อมค่อนข้างมาก อาจทำให้เห็นกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ่นไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นจึงทำการลดเส้นเชื่อมที่แสดงความสัมพันธ์ของหุ่นด้วยแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และแสดงลำดับการจัดกลุ่มหุ่นด้วยแผนภาพ Hierarchical Tree (HT)

2.1 การวิเคราะห์เครือข่าย

การนำเครือข่ายเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์หุ่นในตลาดหลักทรัพย์ สามารถทำได้หลากหลายวิธี โดย Mantegna (1999) [2] ได้นำวิธี MST เข้ามาจับกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ่น และแสดงลำดับการจัดกลุ่มด้วยวิธี HT ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงกลุ่ม (Cluster analysis) โดยจะสร้างต้นไม้ของข้อมูลซึ่งถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มตามลำดับความคล้ายคลึงกัน ซึ่งทั้งสองวิธีที่กล่าวมานี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างการจัดกลุ่มหุ่น

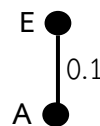
2.1.1 ต้นไม้แบบแผ่สั้นสุด หรือ Minimum Spanning Tree (MST) เป็นวิธีที่ใช้สร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยที่สนใจ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยกลั่นกรองข้อมูลที่สำคัญเพื่อแสดงลักษณะที่สำคัญได้ โดยวิธีนี้จะทำการลดจำนวนเส้นเชื่อมด้วยการหาขอบเขตของเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อทุกโหนดในเครือข่ายเข้าด้วยกัน โดย MST ที่ได้นั้นจะถือว่าเป็นตัวแทนของ Spanning Tree ที่มีระยะทางสั้นที่สุด โดยนิยามของ Spanning Tree นั้นถูกกำหนดให้เป็นกราฟที่ปราศจากวัฏจักร (Cycle) ต่างๆที่เชื่อมโยงกับทุกๆโหนดในเครือข่าย ในกรณีที่มี N โหนด จะทำให้เส้นเชื่อมที่อาจมีมากถึง $N(N-1)/2$ เส้นเชื่อม ลดลงเหลือเพียง $N-1$ เส้นเชื่อม โดยในงานวิจัยนี้สร้าง MST จากเมทริกซ์ระยะห่าง (Distance matrix) ภายใต้อข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาปิดและปริมาณการซื้อขาย โดยขั้นตอนวิธีในการสร้าง MST มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีของครัสเคิล (Kruskal) ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนวิธีที่มีชื่อเสียงมากที่สุด [12, 13]

Minimum Spanning Tree (MST) วิธี Kruskal's Algorithm เป็นวิธีการในการหา MST คิดขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวอเมริกันชื่อ Joseph Bernard Kruskal ในปี 1956 [3] โดยมีหลักการคือ เลือกเส้นเชื่อมที่มีระยะห่างน้อยที่สุดในกราฟเป็นเส้นเชื่อมเริ่มต้น จากนั้นเชื่อมเส้นเชื่อมที่มีระยะห่างกันน้อยที่สุดลำดับถัดมา และการเชื่อมดังกล่าวต้องไม่ทำให้เกิดวัฏจักรกับเส้นเชื่อมที่เลือกไว้ แล้วทำขั้นตอนนี้ซ้ำจนทุกโหนดถูกเชื่อมเข้าหากัน ซึ่งจะได้เส้นเชื่อมทั้งหมด $N-1$ เส้นเชื่อม

ตัวอย่างการสร้างกราฟ MST โดยวิธี Kruskal's Algorithm จากเมทริกซ์ระยะห่าง (Δ) โดยให้ A B C D E แทนแต่ละหุ่นหรือโหนดในเครือข่ายและค่าในเมทริกซ์แสดงค่าระยะห่างบนเส้นเชื่อมของโหนดแต่ละคู่ ดังนี้

$$\Delta = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.6 & 1.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.6 & 0.5 & 0 & 0.2 \\ 0.1 & 1.8 & 0.6 & 0.2 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

หาเส้นเชื่อม (edge) ที่มีระยะห่างน้อยที่สุด หากมีหลายเส้นเชื่อมที่มีระยะห่างน้อยที่สุดให้สุ่มเลือกเส้นเชื่อมใดเส้นเชื่อมหนึ่ง ซึ่งในเมทริกซ์ระยะห่างนี้โหนด A และโหนด E มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.1 ดังนั้นจึงเชื่อมโหนด A และโหนด E เข้าหากันเป็นเส้นเชื่อมอันดับแรก ดังนี้

$$\Delta = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & \mathbf{0.1} \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.6 & 1.8 \\ 0.4 & 0.3 & 0 & 0.5 & 0.6 \\ 0.2 & 0.6 & 0.5 & 0 & 0.3 \\ E & \mathbf{0.1} & 1.8 & 0.6 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$


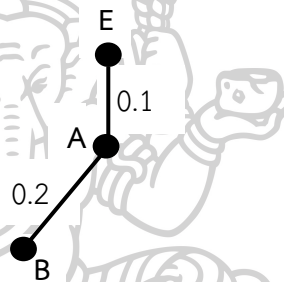
จากนั้นเลือกเชื่อมเส้นเชื่อมที่มีระยะห่างน้อยที่สุดลำดับถัดไปเรื่อยๆ โดยเส้นเชื่อมที่เลือกมานั้นจะต้อง

- มีระยะห่างน้อยที่สุดและโหนดทั้งสองไม่ถูกเชื่อมด้วยเส้นเชื่อมอื่นไปแล้ว

- ถ้าหากจะเลือกเส้นเชื่อมใด เส้นเชื่อมนั้นจะต้องไม่ทำให้เกิดวัฏจักรของโหนดที่ถูกเชื่อมไปแล้ว ทำซ้ำไปเรื่อยๆจนเชื่อมทุกโหนดเข้าด้วยกัน

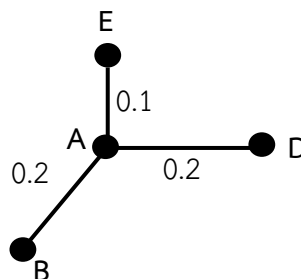
ซึ่งจากเมทริกซ์ระยะห่างระหว่างโหนดที่สั้นที่สุดรองลงมา มีค่าเท่ากับ 0.2 คือ ระยะห่างระหว่างโหนด A กับโหนด B, และโหนด A กับโหนด D ในที่นี่จะเลือกโหนด A กับโหนด B ก่อน จะได้

$$\Delta = \begin{matrix} & A & B & C & D & E \\ A & 0 & \mathbf{0.2} & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ B & \mathbf{0.2} & 0 & 0.3 & 0.6 & 1.8 \\ C & 0.4 & 0.3 & 0 & 0.5 & 0.6 \\ D & 0.2 & 0.6 & 0.5 & 0 & 0.3 \\ E & 0.1 & 1.8 & 0.6 & 0.3 & 0 \end{matrix}$$



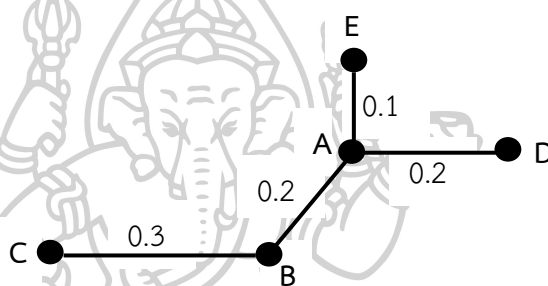
ต่อจากนั้นเลือกเชื่อมโหนด A กับโหนด D ซึ่งมีระยะห่างสั้นสุดเท่ากับ 0.2 และไม่ทำให้เกิดเป็นวัฏจักร ดังนี้

$$\Delta = \begin{matrix} & A & B & C & D & E \\ A & 0 & 0.2 & 0.4 & \mathbf{0.2} & 0.1 \\ B & 0.2 & 0 & 0.3 & 0.6 & 1.8 \\ C & 0.4 & 0.3 & 0 & 0.5 & 0.6 \\ D & \mathbf{0.2} & 0.6 & 0.5 & 0 & 0.3 \\ E & 0.1 & 1.8 & 0.6 & 0.3 & 0 \end{matrix}$$

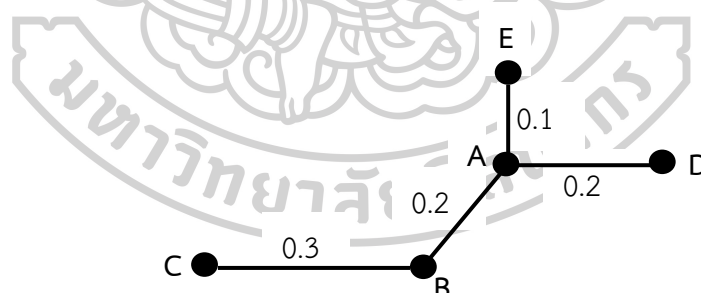


ระยะห่างสั้นสุดลำดับถัดมาคือ 0.3 ซึ่งมี 2 คู่คือโหนด B กับโหนด C, และโหนด D กับโหนด E แต่เนื่องจากการเชื่อมต่อโหนด D กับโหนด E จะทำให้เกิดวัฏจักร ดังนั้นจึงเลือกเชื่อมโหนด B กับโหนด C ซึ่งเมื่อเชื่อมกันแล้วไม่ทำให้เกิดวัฏจักร ดังนี้

$$\Delta = \begin{matrix} & A & B & C & D & E \\ A & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} \\ B & \begin{bmatrix} 0.2 & 0 & \mathbf{0.3} & 0.6 & 1.8 \end{bmatrix} \\ C & \begin{bmatrix} 0.4 & \mathbf{0.3} & 0 & 0.5 & 0.6 \end{bmatrix} \\ D & \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.5 & 0 & 0.3 \end{bmatrix} \\ E & \begin{bmatrix} 0.1 & 1.8 & 0.6 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$



จะเห็นว่าทุกโหนดถูกเชื่อมเข้าหากันครบแล้ว จะได้แผนภาพ MST ที่สมบูรณ์แบบ ซึ่งมีจำนวนเส้นเชื่อม $N - 1 = 5 - 1 = 4$ เส้นเชื่อม ดังต่อไปนี้



2.1.2 การวิเคราะห์จัดกลุ่ม หรือ Cluster Analysis (CA) [14] เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการจัดกลุ่มให้กับสิ่งต่างๆ อาจเป็นหน่วยสังเกตหรือหน่วยที่ให้ข้อมูล (Case) หรือตัวแปร (Variables) หลักการของ Cluster Analysis คือการจัดกลุ่มให้หน่วยสังเกต (หรือตัวแปร) ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะคล้ายคลึงกันให้ได้มากที่สุด และต่างกลุ่มกันมีความแตกต่างกันให้ได้มากที่สุด

วิธีในการจัดกลุ่ม (Clustering Methods) สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

- I. **Hierarchical Methods** เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุด โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ขนาดตัวอย่างหรือจำนวน Case ไม่ใหญ่มาก (≤ 500) และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเช่นกัน
- ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อนและไม่ทราบจำนวนกลุ่มที่ต้องการ
- ไม่จำเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดหรือ Case ไດอยู่กลุ่มใดก่อน

II. **Nonhierarchical Methods (K-means clustering)** เป็นเทคนิคการจำแนก Case ออกเป็นกลุ่มย่อย จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่างหรือจำนวน Case ใหญ่มาก (>500) โดยจะต้องกำหนดจำนวนกลุ่มหรือจำนวน Cluster ที่ต้องการ และใช้เมื่อมีความกังวลเกี่ยวกับข้อมูลผิดปกติ

III. **Two-step Methods** เป็นเป็นเทคนิคที่มีความแตกต่างจากวิธีการจัดกลุ่มอื่นๆ คือ

1. สามารถจัดกลุ่มที่ใช้ตัวแปรที่เป็นได้ทั้งแบบแยกประเภท (Categorical) และตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง (Continuous)
2. จะทำการคัดเลือกจำนวน Cluster ด้วยตนเอง (Automatic selection of cluster)
3. ใช้สำหรับวิเคราะห์ไฟล์ขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อสมมติฐานของการจัดกลุ่ม: ตัวแปรที่ใช้ทั้งแบบแยกประเภทหรือที่มีค่าต่อเนื่องต่างมีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน การกระจายของค่าตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่องมีลักษณะเป็น Normal ในขณะที่การกระจายของตัวแปรที่เป็นแบบแยกประเภท (Categorical variable) มีลักษณะเป็น multinomial

การศึกษานี้จะแสดงลำดับการจัดกลุ่มโดยแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) หรือ Dendrogram เป็นแผนภาพได้มาจากการวิเคราะห์กลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Cluster Analysis) ซึ่งเทคนิค Hierarchical Cluster [15, 16] แบ่งเป็น 2 เทคนิคย่อย คือ

1. Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis วิธีนี้เริ่มต้นจะสมมติให้ 1 กลุ่มมี Case 1 Case นั่นคือ ถือว่าแต่ละ Case เป็น 1 กลุ่ม ดังนั้นจะมีจำนวนกลุ่มเริ่มต้นเท่ากับจำนวนสิ่งของหรือจำนวน Case ซึ่งถ้ามีจำนวน Case n Case จะมีกลุ่ม n กลุ่ม โดยขั้นตอนการรวมกลุ่มมีดังนี้

ขั้นที่ 1 : รวมกลุ่มที่มีระยะห่างสั้นที่สุด หรือคล้ายกันมากที่สุดเข้าด้วยกันก่อนจึงเหลือ $n-1$ กลุ่มย่อย

ขั้นที่ 2 : จากนั้นหา 2 กลุ่มย่อยจาก $n-1$ กลุ่มย่อย ที่มีระยะห่างสั้นที่สุด หรือมีความคล้ายกันมากที่สุดแล้วทำการรวม 2 กลุ่มย่อยนั้นเข้าด้วยกัน ทำเช่นนี้ต่อไปจนการรวมกลุ่มเหลือเพียง 1 กลุ่มที่ประกอบด้วยสิ่งของ n สิ่ง

2. Divisive Hierarchical Cluster Analysis วิธีนี้เริ่มต้นโดยสมมติว่ามีกลุ่มที่ประกอบด้วยสิ่งของหรือ Case จำนวน n Case มีขั้นตอนการแบ่งกลุ่ม ดังนี้

ขั้นที่ 1 : จะแบ่งกลุ่มที่ประกอบด้วย n Case ออกเป็น 2 กลุ่มย่อยที่สิ่งของในกลุ่มมีระยะห่างไกลที่สุด หรือความแตกต่างกันมากที่สุด

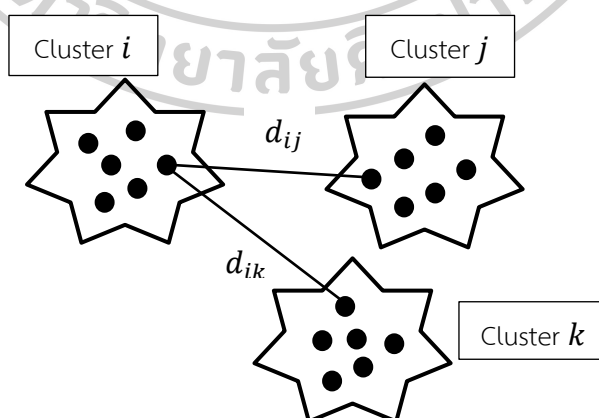
ขั้นที่ 2 : จะแบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่มย่อยที่มีระยะห่างไกลกันที่สุด หรือความแตกต่างกันมากที่สุด ทำเช่นนี้ต่อไปจนได้กลุ่ม n กลุ่มย่อย ซึ่งแต่ละกลุ่มย่อยประกอบด้วยสิ่งของ 1 สิ่ง

ในเอกสารฉบับนี้ จะกล่าวถึงการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis เท่านั้น เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการจัดกลุ่มย่อย n กลุ่มให้รวมเป็นกลุ่มเดียวกันที่ประกอบไปด้วยสิ่งของ n สิ่ง

โดย Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis มีวิธีรวมกลุ่มที่เรียกว่า Linkage method ที่เป็นรู้จักกันโดยทั่วไปมี 3 วิธี Single linkage (หรือ Nearest neighbor), Complete linkage (หรือ Furthest neighbor) และ Average Linkage Between Groups (หรือ Between – groups Linkage) [15, 16] แนวคิดทั้ง 3 วิธีอธิบายด้วยภาพ ดังนี้

1. รวมกลุ่มแบบ Single linkage หรือ Nearest neighbor

วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกันโดยพิจารณาจากระยะห่างที่สั้นหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุดโดยที่ d_{ik} เป็นระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่าง Cluster i และ k ในรูปภาพที่ 1 จะรวม Cluster i และ j เข้าด้วยกันเนื่องจาก $d_{ij} < d_{ik}$



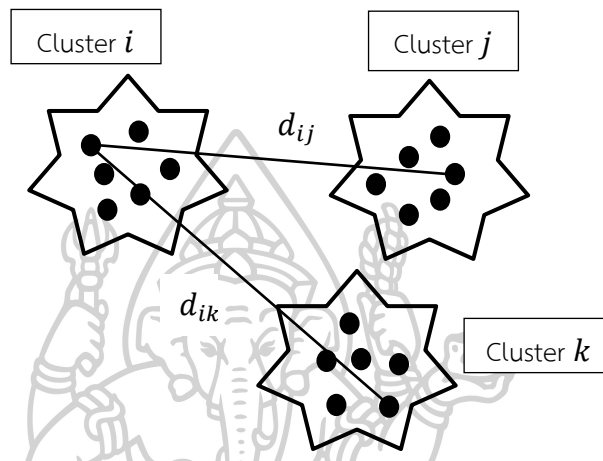
ภาพที่ 1 Single linkage หรือ Nearest neighbor

2. วิธีรวมกลุ่มแบบ Complete linkage หรือ Furthest neighbor

วิธีนี้จะรวม Cluster 2 Cluster เข้าด้วยกัน โดยพิจารณาจากระยะห่างที่ยาวที่สุด จากรูปภาพที่ 2 ให้ d_{ik} แทนระยะห่างที่ยาวที่สุดของ Cluster ที่ i และ k

d_{ij} แทนระยะห่างที่ยาวที่สุดของ Cluster ที่ i และ j

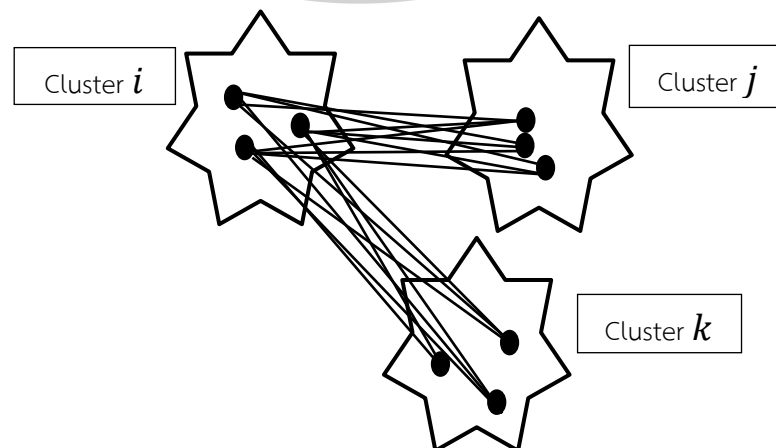
ซึ่งจะเห็นว่า $d_{ij} < d_{ik}$ จึงรวม Cluster ที่ i และ j เข้าเป็น Cluster เดียวกัน



ภาพที่ 2 Complete linkage หรือ Furthest neighbor

3. วิธีรวมกลุ่มแบบ Average linkage Between Groups หรือ Between – groups Linkage

วิธีนี้จะคำนวณหาระยะห่างเฉลี่ยของทุกคู่ของ Case โดยที่ Case หนึ่งอยู่ใน Cluster i อีก Case หนึ่งอยู่ใน Cluster j และอีก Case หนึ่งอยู่ใน Cluster k โดย $i \neq j \neq k$ จากรูปภาพที่ 3 ถ้า Cluster i มีระยะห่างเฉลี่ยจาก Cluster j สั้นกว่าระยะห่างจาก Cluster k จะนำ Cluster i และ j รวมกันเป็น Cluster เดียวกัน



ภาพที่ 3 Average Linkage Between Groups หรือ Between – groups Linkage

ในการศึกษาลำดับการจัดกลุ่มของหุ่น ผู้วิจัยหลายท่านได้ใช้ Ultrametric distance ซึ่งเป็นระยะห่างที่สร้างจากแผนภาพ MST เพื่อนำมาสร้างแผนภาพ HT หรือ Dendrogram เนื่องจากเป็นระยะห่างที่ผ่านการกรองเพื่อให้ได้ระยะห่างการเชื่อมต่อระหว่างหุ่นที่สั้นที่สุดมาแล้วบน MST จะทำให้สามารถอธิบายระบบได้อย่างรวดเร็วขึ้น โดยจะได้เส้นเชื่อมที่มีความแกร่งขึ้น และจะได้เครือข่ายที่มีเพียงหนึ่งเครือข่าย [17]

2.1.3 Ultrametric distance

Ultrametric distance ระหว่างโหนด i และโหนด j ($d_{ij}^<$) เป็นค่าระยะห่างที่สูงที่สุด (maximum value) ของทุกๆ ระยะห่าง d_{ki} ในการเคลื่อนที่ทีละหนึ่งครั้งไปตามเส้นเชื่อมจากโหนด i ถึงโหนด j บนแผนภาพ MST [18] สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$d_{ij}^< = \text{Max}\{d_{ik}, d_{kj}\} \quad (1)$$

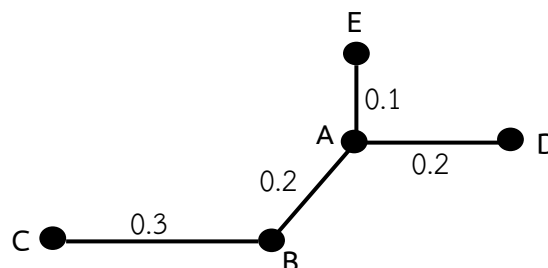
โดย $d_{ij}^<$ แทน Ultrametric distance ระหว่างโหนด i และโหนด j

i, j และ k แทนโหนดในแผนภาพ MST

โดย Ultrametric distance [18] มีคุณสมบัติดังนี้

1. $d_{ij}^< \geq 0; \forall i, j$
2. $d_{ij}^< = 0$ ก็ต่อเมื่อ $i = j$
3. $d_{ij}^< = d_{ji}^<; \forall i, j$

ตัวอย่างการสร้าง Ultrametric distance matrix จากตัวอย่างแผนภาพ MST ที่ได้ก่อนหน้านี้ ดังนี้



Ultrametric distance ระหว่างโหนด A และโหนด C มีค่าเท่ากับ 0.3 เนื่องจาก

$$d_{AC}^< = \text{Max}\{d_{AB}, d_{BC}\} = \text{Max}\{0.2, 0.3\} = 0.3$$

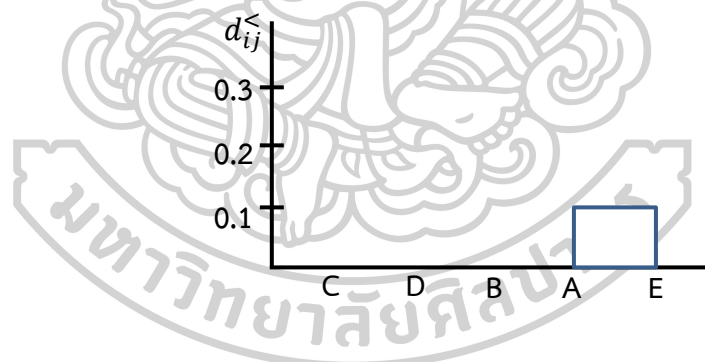
ดังนั้น Ultrametric distance matrix ดังแสดงใน $D^<$ ดังนี้

$$D^< = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C & D & E \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ตัวอย่างการสร้างแผนภาพ HT หรือ Dendrogram โดยใช้ Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis ด้วยวิธีรวมกลุ่มที่แตกต่างกัน 3 วิธี ซึ่งสร้างจากเมทริกซ์ Ultrametric distance ($D^<$) ดังนี้

วิธีการจัดกลุ่มแบบ *Single linkage* หรือ *Nearest neighbor* มีขั้นตอนดังนี้

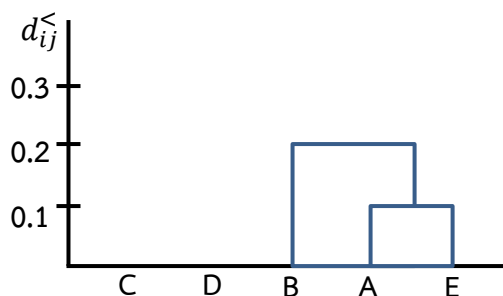
ขั้นตอนที่ 1 จากเมทริกซ์ $D^<$ ระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด A และ E มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.1 ดังนั้นจึงเลือกโหนด A และ E ลากเส้นเชื่อมเข้าหากันเป็นอันดับแรก ซึ่งจะได้กลุ่ม 4 กลุ่ม: (A,E) (B) (C) (D)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่สั้นที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_1^< = \begin{matrix} & \begin{matrix} (A,E) & B & C & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} (A,E) \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

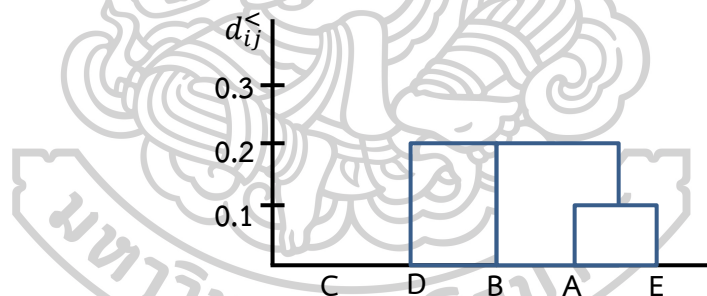
ขั้นตอนที่ 2 จากเมทริกซ์ $D_1^<$ หาระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A,E) และ B, และโหนด (A,E) และ D มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.2 ในที่นี้เลือกรวมโหนด (A,E) และ B เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 3 กลุ่ม: (A,B,E) (C) (D)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่สั้นที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_2^< = \begin{matrix} & (A,B,E) & C & D \\ \begin{matrix} (A,B,E) \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

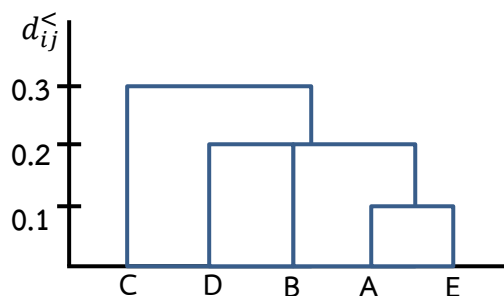
ขั้นตอนที่ 3 จากเมทริกซ์ $D_2^<$ หาระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, B, E) และ D มีระยะห่างที่สั้นที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.2 จึงรวมโหนด (A, B, E) และ D เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 2 กลุ่ม: (A, B, D, E) (C)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่สั้นที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

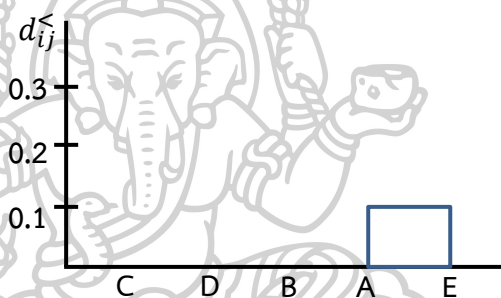
$$D_3^< = \begin{matrix} & (A,B,D,E) & C \\ \begin{matrix} (A,B,D,E) \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.3 \\ 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ขั้นตอนที่ 4 จากเมทริกซ์ $D_3^<$ หาระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, B, D, E) และ C มีระยะห่างที่สั้นที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.3 จึงรวมโหนด (A, B, D, E) และ C เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 1 กลุ่ม: (A, B, C, D, E) จะสังเกตได้ว่าโหนด A B C D และ E อยู่ใน Cluster เดียวกัน จะได้แผนภาพ HT ที่สมบูรณ์แบบดังต่อไปนี้



วิธีการจัดกลุ่มแบบ Complete linkage หรือ Furthest neighbor มีขั้นตอนดังนี้

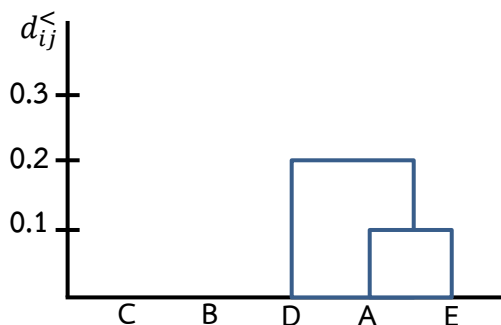
ขั้นตอนที่ 1 จากเมทริกซ์ $D^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด A และ E มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.1 ดังนั้นจึงรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด A และ E เป็นอันดับแรก ซึ่งจะได้กลุ่ม 4 กลุ่ม: (A, E) (B) (C) (D)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่ยาวที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_1^< = \begin{matrix} & (A,E) & B & C & D \\ \begin{matrix} (A,E) \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{0.2} & 0.3 & 0.2 \\ \mathbf{0.2} & 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

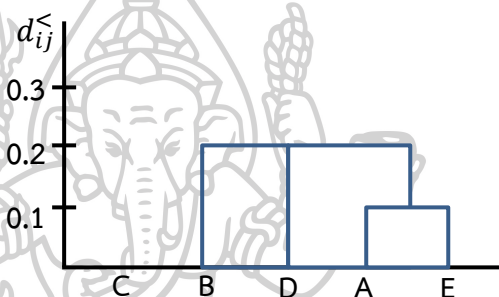
ขั้นตอนที่ 2 จากเมทริกซ์ $D_1^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, E) และ B, และโหนด (A, E) และ D มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.2 ในที่นี้เลือกรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด (A,E) และ D เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 3 กลุ่ม: (A, D, E) (B) (C)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่ยาวที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_2^< = \begin{matrix} & (A,D,E) & B & C \\ \begin{matrix} (A,D,E) \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{0.2} & 0.3 \\ \mathbf{0.2} & 0 & 0.3 \\ 0.3 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

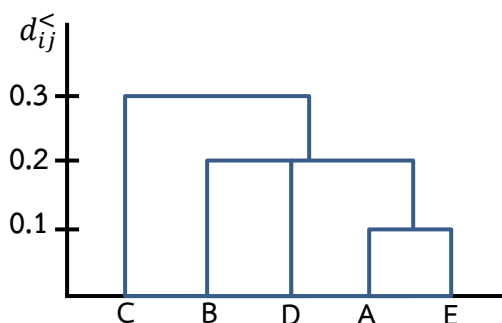
ขั้นตอนที่ 3 จากเมทริกซ์ $D_2^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, D, E) และ B มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.2 จึงรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด (A, D, E) และ B เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 2 กลุ่ม: (A, B, D, E) (C)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างที่ยาวที่สุดของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

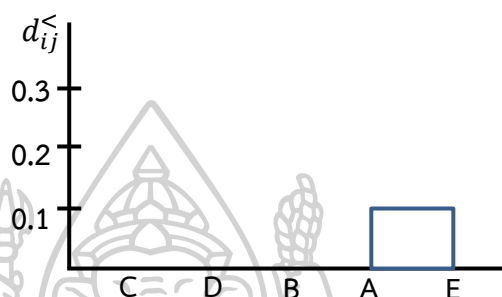
$$D_3^< = \begin{matrix} & (A,B,D,E) & C \\ \begin{matrix} (A,B,D,E) \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{0.3} \\ \mathbf{0.3} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ขั้นตอนที่ 4 จากเมทริกซ์ $D_3^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, B, D, E) และ C มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.3 จึงรวมโหนด (A, B, D, E) และ C เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 1 กลุ่ม: (A, B, C, D, E) จะสังเกตได้ว่าโหนด A B C D และ E อยู่ใน Cluster เดียวกัน จะได้แผนภาพ HT ที่สมบูรณ์แบบดังต่อไปนี้



วิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage Between Groups หรือ Between-groups Linkage มีขั้นตอนดังนี้

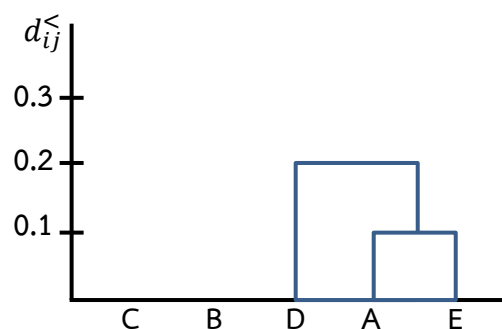
ขั้นตอนที่ 1 จากเมทริกซ์ $D^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด A และ E มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.1 ดังนั้นจึงรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด A และ E เป็นอันดับแรก ซึ่งจะได้กลุ่ม 4 กลุ่ม: (A, E) (B) (C) (D)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_1^< = \begin{matrix} & \begin{matrix} (A,E) & B & C & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} (A,E) \\ B \\ C \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

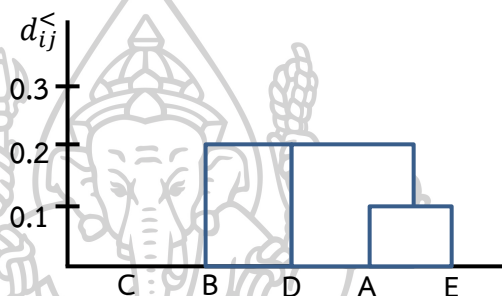
ขั้นตอนที่ 2 จากเมทริกซ์ $D_1^<$ หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, E) และ B, และโหนด (A, E) และ D มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.2 ในที่นี้เลือกรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด (A, E) และ D เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 3 กลุ่ม: (A, D, E) (B) (C)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_2^{\leq} = \begin{matrix} & \begin{matrix} (A,D,E) & B & C \end{matrix} \\ \begin{matrix} (A,D,E) \\ B \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{0.2} & 0.3 \\ \mathbf{0.2} & 0 & 0.3 \\ 0.3 & 0.3 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

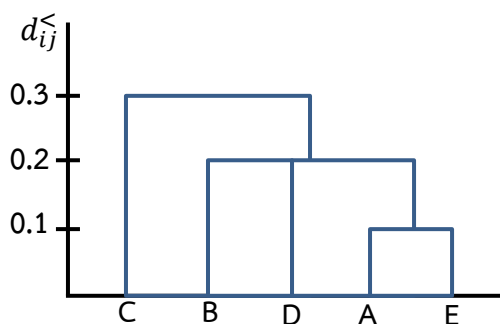
ขั้นตอนที่ 3 จากเมทริกซ์ D_2^{\leq} หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, D, E) และ B มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.2 จึงรวมกลุ่มโหนดที่ใกล้เคียงกันที่สุดคือโหนด (A, D, E) และ B เข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 2 กลุ่ม: (A, B, D, E) และ (C)



จะได้ เมทริกซ์ระยะห่างเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$D_3^{\leq} = \begin{matrix} & \begin{matrix} (A,B,D,E) & C \end{matrix} \\ \begin{matrix} (A,B,D,E) \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{0.3} \\ \mathbf{0.3} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ขั้นตอนที่ 4 จากเมทริกซ์ D_3^{\leq} หาระยะห่างที่สั้นสุดระหว่างสองโหนด พบว่าระยะห่างระหว่างโหนด (A, B, D, E) และ C มีระยะห่างที่สั้นสุดมีค่าเท่ากับ 0.3 จึงรวมโหนด (A, B, D, E) และ C เข้าหากัน ซึ่งจะได้กลุ่ม 1 กลุ่ม: (A, B, C, D, E) จะสังเกตได้ว่าโหนด A B C D และ E อยู่ใน Cluster เดียวกัน จะได้แผนภาพ HT ที่สมบูรณ์แบบดังต่อไปนี้



การสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ที่แสดงดังตัวอย่าง ได้สร้างมาจากค่าระยะห่างระหว่างโหนด ซึ่งวิธีการวัดระยะห่างมีหลากหลายรูปแบบ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำการวัดระยะห่างแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. วัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)
2. วัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (Symbolization methods)

2.2 การวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

2.2.1 กรณีข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series)

เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาราคาหุ้นมักมีลักษณะไม่นิ่ง หรือก็คือ Non-stationary และนิยมใช้ผลตอบแทนเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่นักลงทุนจะได้รับจากสินทรัพย์ เนื่องจากผลตอบแทนไม่มีปัญหาเรื่อง “ขนาด” หรือ scale ซึ่งง่ายต่อการจำลองทางสถิติ [19] ดังนั้นในการสร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ของหุ้น ตัวแปรที่นิยมใช้และถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้คืออัตราผลตอบแทนที่มีพฤติกรรมสม่ำเสมอ (Stationary) ซึ่งคำนวณมาจากราคาปิด แสดงดังต่อไปนี้

อัตราผลตอบแทน (Rate of return) รายวันของหุ้นที่ i คำนวณจากผลต่างของ natural logarithm ของราคาปิด ระหว่างวันที่ t และ $t - 1$ แสดงดังสมการ (2)

$$r_i(t) = \ln Z_i(t) - \ln Z_i(t - 1) \quad (2)$$

โดย $Z_i(t)$ แทนราคาปิดของหุ้น i ในวันที่ t โดย $i = 1, 2, \dots, N$
 N แทนจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis)

Mantegna (1999) [2] เสนอวิธีการที่ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันเป็นพื้นฐานในการคำนวณระยะห่าง (Distance) ซึ่งใช้เป็นค่าวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างคู่ของตัวแปรอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน โดยการวัดความคล้ายคลึงกันของอัตราผลตอบแทนระหว่างหุ้นที่ i และ j สูตรในการคำนวณแสดงดังนี้

$$\rho_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sqrt{s_{ii} \cdot s_{jj}}} \quad (3)$$

โดย s_{ij} แทน ความแปรปรวนร่วมของอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i และ j คำนวณดังนี้

$$s_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})(r_{jt})}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{jt})}{T} \right); i \neq j \quad (4)$$

s_{ii} แทน ความแปรปรวนของอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i คำนวณดังนี้

$$s_{ii} = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})^2}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right)^2 \quad (5)$$

โดย $i, j = 1, 2, \dots, N$

N คือจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

T คือระยะเวลาที่ทำการศึกษา

- เมทริกซ์ระยะห่าง (Distance Matrix)

ค่าวัดระยะห่าง (Distance Value) เป็นค่าที่ใช้วัดความคล้ายคลึงกันของหุ้นแต่ละคู่ที่อยู่ในรูปของระยะห่าง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่สามารถบอกระยะห่างและอาจมีค่าติดลบได้ ดังนั้นจึงแปลงค่าสัมประสิทธิ์นี้ให้อยู่ในรูประยะห่าง ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้หาระยะห่างมีหลายฟังก์ชันแต่ฟังก์ชันที่นิยมใช้ โดยสามารถแยกความแตกต่างของหุ้นได้ดียิ่งขึ้นและสามารถแยกหุ้นที่มีความสัมพันธ์กันสูงได้อย่างชัดเจน [20] ดังนั้นจึงเลือกใช้ฟังก์ชันนี้ในการคำนวณค่าวัดระยะห่างเพื่อนำมาสร้างแผนภาพ MST ตามวิธีการ Kruskal's algorithm แสดงดังสมการที่ 6

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - \rho_{ij})} \quad (6)$$

โดยระยะห่าง d_{ij} มีคุณสมบัติ Euclidean distance ดังนี้

1. $d_{ij} \geq 0; \forall i, j$
2. $d_{ij} = 0$ ก็ต่อเมื่อ $i = j$
3. $d_{ij} = d_{ji}; \forall i, j$
4. $d_{ij} \leq d_{ik} + d_{kj}; \forall i, j, k$

เมทริกซ์ระยะห่าง (Distance Matrix) ของหุ้น N หุ้น สามารถแสดงโดยเมทริกซ์ขนาด $N \times N$ ดังนี้

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & d_{12} & \cdots & d_{1N} \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ d_{N1} & d_{N2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

ค่าวัดระยะห่าง (d_{ij}) นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 โดย d_{ij} เท่ากับ 0 แสดงว่าหุ้น i กับหุ้น j มีความคล้ายคลึงกันอย่างสมบูรณ์ (ค่าสัมประสิทธิ์ ρ_{ij} เท่ากับ 1) ถ้า d_{ij} เท่ากับ 2 แสดงว่าหุ้น i กับหุ้น j มีความสัมพันธ์ตรงข้ามกัน (ค่าสัมประสิทธิ์ ρ_{ij} เท่ากับ -1)

แต่เนื่องจากปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวหรือข้อมูลเพียงมิติเดียว (Univariate time series) อาจให้สารสนเทศที่ไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจลงทุนในหุ้น ดังนั้นจึงมีนักวิจัยจำนวนหนึ่งได้ขยายไปกรณีที่มีข้อมูลเป็นข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series) โดย Escoufier (1973) ได้แสดงการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV หรือก็คือ Escoufier vector correlation ในการวิเคราะห์ตัวแปรหลายมิติ ในงานวิจัยนี้การสร้างเครือข่ายหุ้นกรณีข้อมูลหลายมิติ จะพิจารณา 2 ตัวแปร คืออัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขาย โดยมีขั้นตอนการสร้างเครือข่ายดังต่อไปนี้

2.2.2 กรณีข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series)

ในการสร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นกรณีข้อมูลหลายมิติ ตัวแปรที่นำมาในงานวิจัยนี้คือ อัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขาย โดยอัตราผลตอบแทนรายวันของหุ้นที่ i ณ เวลา t แทนด้วย $r_i(t)$ จำนวนดังกล่าว (4) สำหรับตัวแปรปริมาณการซื้อขายนั้นมีการแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 การศึกษาผลกระทบของปริมาณการซื้อขายโดยรวมต่อการเปลี่ยนแปลงของราคา จะทำการแปลงปริมาณการซื้อขายของหุ้นที่ i ในรูปลอการิทึม (Log-Volume trading), Brida, Matesanz, and Seijas (2016) [21] ดังสมการ

$$v_i(t) = \ln V_i(t) \quad (7)$$

โดย $V_i(t)$ แทนปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ณ เวลา $t ; i = 1, 2, \dots, N$

กรณีที่ 2 การศึกษาผลกระทบของปริมาณการซื้อขายที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการเปลี่ยนแปลงของราคา จะทำการแปลงปริมาณการซื้อขายในรูปของผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย (Volume trading change) ของหุ้น i ณ เวลา t กับ $t - 1$, Podobnika et al. (2009) [22] and Stošić et al. (2015) [23] ดังสมการ

$$vc_i(t) = \ln V_i(t) - \ln V_i(t - 1) \quad (8)$$

โดย $V_i(t)$ แทนปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ณ เวลา $t ; i = 1, 2, \dots, N$

- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV (Escoufier's RV coefficient)

Kazemilati and Djauhari (2015) [24] ได้นำสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มาประยุกต์ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นกรณีที่มีข้อมูลเป็นตัวแปรหลายมิติ ซึ่ง Kazemilati and Djauhari

พิจารณาข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงสุด และราคาต่ำสุด แต่ในงานวิจัยนี้ นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณซื้อขายระหว่างหุ้น ใน SET50

โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างหุ้น i และ j สามารถคำนวณได้จากเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) แสดงดังต่อไปนี้

เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix)

1. เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i และ j คือ

$$\mathbf{S}_{ij} = \begin{bmatrix} s_{ij}(r, r) & s_{ij}(r, v) \\ s_{ij}(v, r) & s_{ij}(v, v) \end{bmatrix}$$

โดย $s_{ij}(r, v)$ แทนความแปรปรวนร่วมระหว่างอัตราผลตอบแทนของหุ้น i และลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น j คำนวณ ดังนี้

$$s_{ij}(r, v) = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})(v_{jt})}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T (v_{jt})}{T} \right) \quad (9)$$

$s_{ij}(r, r)$ แทนความแปรปรวนร่วมระหว่างอัตราผลตอบแทนของหุ้น i และหุ้น j ดังนี้

$$s_{ij}(r, r) = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})(r_{jt})}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{jt})}{T} \right) \quad (10)$$

$s_{ij}(v, v)$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i และหุ้น j แสดง ดังนี้

$$s_{ij}(v, v) = \frac{\sum_{t=1}^T (v_{it})(v_{jt})}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (v_{it})}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T (v_{jt})}{T} \right) \quad (11)$$

โดย $i, j = 1, 2, \dots, N$

N แทนจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

T คือระยะเวลาที่ทำการศึกษา

2. เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i คือ

$$\mathbf{S}_{ii} = \begin{bmatrix} s_{ii}(r, r) & s_{ii}(r, v) \\ s_{ii}(v, r) & s_{ii}(v, v) \end{bmatrix}$$

โดย $s_{ii}(r, v)$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i แสดงดังนี้

$$s_{ii}(r, v) = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})(v_{it})}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right) \left(\frac{\sum_{t=1}^T (v_{it})}{T} \right) \quad (12)$$

$s_{ii}(r, r)$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างอัตราผลตอบแทนของหุ้น i แสดงดังนี้

$$s_{ii}(r, r) = \frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})^2}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (r_{it})}{T} \right)^2 \quad (13)$$

$s_{ii}(v, v)$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i แสดงดังนี้

$$s_{ii}(v, v) = \frac{\sum_{t=1}^T (v_{it})^2}{T} - \left(\frac{\sum_{t=1}^T (v_{it})}{T} \right)^2 \quad (14)$$

โดย $i, j = 1, 2, \dots, N$

N แทนจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

T คือระยะเวลาที่ทำการศึกษา

หมายเหตุ: กรณีศึกษาผลกระทบของปริมาณการซื้อขายที่เปลี่ยนแปลงไปต่อการเปลี่ยนแปลงของราคา จะใช้ผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย (vc) แทน ลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย (v)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV [25] ของอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายระหว่างหุ้น i และ j สามารถแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$RV_{ij} = \frac{Tr(S_{ij}S_{ji})}{\sqrt{Tr(S_{ii}^2)Tr(S_{jj}^2)}} \quad (15)$$

โดย $Tr(*)$ คือค่าผลรวมของสมาชิกในแนวทแยงมุมของเมทริกซ์จัตุรัส *

และ $S_{ji} = S_{ij}^T$

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีคุณสมบัติดัง 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. $0 \leq RV_{ij} \leq 1$ ถ้า RV_{ij} เท่ากับ 0 นั่นคือ เมทริกซ์ S_{ij} เป็นเมทริกซ์ศูนย์ก็ต่อเมื่อ ข้อมูลหุ้นของหุ้นที่ i ไม่สอดคล้องกับทุกๆ ข้อมูลของหุ้นที่ j และ RV_{ij} เท่ากับ 1 ก็ต่อเมื่อ Eigensystem ของ เมทริกซ์ S_{ii} เท่ากับ Eigensystem ของเมทริกซ์ S_{jj} ยกเว้นที่ Eigenvalues เท่ากับศูนย์ทั้งหมด

หมายเหตุ: Eigensystem ประกอบด้วย Eigenvalues และ Eigenvectors

โดยนิยามของ Eigenvalues และ Eigenvectors [26] คือ

ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ เรียกสเกลาร์ λ ที่ทำให้สมการ $Av = \lambda v$ มีคำตอบที่ไม่เป็นศูนย์ (Nontrivial solution) ว่า Eigenvalue ของ A และเรียกเวกเตอร์ v ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์นั้น ว่า Eigenvector สำหรับ ค่า λ

- ถ้าหุ้นที่ i และหุ้นที่ j ถูกนำเสนอโดยราคาปิดเพียงอย่างเดียว แล้วจะได้ว่า $RV_{ij} = c_{ij}^2$ โดย c_{ij}^2 คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างหุ้นยกกำลังสอง
- ถ้าหุ้นที่ i ถูกนำเสนอโดยราคาปิดเพียงอย่างเดียว และหุ้นที่ j ถูกนำเสนอโดยทั้งราคาปิดและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายหุ้นแล้วจะได้ว่า $RV_{ij} = \frac{1}{2}R_{ij}^2$ โดย R_{ij}^2 เป็น R-squared เมื่อถดถอยราคาปิดของหุ้นที่ i ด้วยราคาปิดและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายหุ้นที่ j

เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ของหุ้น N หุ้น สามารถแสดงในเมทริกซ์ขนาด $N \times N$ โดย RV_{ij} เป็นองค์ประกอบในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ j แสดงดังนี้

$$RV = \begin{bmatrix} 1 & RV_{12} & \cdots & RV_{1N} \\ \vdots & 1 & \ddots & \vdots \\ RV_{N1} & RV_{N2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

- เมทริกซ์ระยะห่าง (Distance Matrix)

ค่าวัดระยะห่าง (Distance Value) เป็นค่าที่ใช้วัดความคล้ายคลึงกันของหุ้นแต่ละคู่ ซึ่งสูตรในการคำนวณคล้ายคลึงกับกรณีข้อมูลที่ข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series) แสดงดังสมการนี้

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - RV_{ij})} \quad (16)$$

โดยมีคุณสมบัติ Euclidean distance ดังนี้

- $d_{ij} \geq 0 ; \forall i, j$
- $d_{ij} = 0$ ก็ต่อเมื่อ $i = j$
- $d_{ij} = d_{ji} ; \forall i, j$
- $d_{ij} \leq d_{ik} + d_{kj} ; \forall i, j, k$

เมทริกซ์ระยะห่าง (Distance Matrix) ของหุ้น N หุ้น สามารถแสดงโดยเมทริกซ์ขนาด $N \times N$ ดังนี้

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & d_{12} & \cdots & d_{1N} \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ d_{N1} & d_{N2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

ค่าวัดระยะห่าง (d_{ij}) นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $\sqrt{2}$ โดย d_{ij} เท่ากับ 0 แสดงว่าหุ้น i กับหุ้น j มีความคล้ายคลึงกันอย่างสมบูรณ์ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV เท่ากับ 1) ถ้า d_{ij} เท่ากับ $\sqrt{2}$ แสดงว่าหุ้น i กับหุ้น j มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV เท่ากับ 0)

เนื่องจากสถานการณ์ในตลาดหุ้นมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย จึงทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาของหุ้น อาจเกิดความผันแปรอย่างมากตลอดเวลา นั่นคือปริมาณการซื้อขาย (volume trading) และราคา ปิด (closing price) อาจเกิดความผันแปรได้ตลอดเวลา ส่งผลกระทบให้ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลผันแปรได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้ค่าระยะห่างที่วัดภายใต้ค่าสหสัมพันธ์เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ช่วยลดสิ่งรบกวน (noise) ที่เกิดในข้อมูลอนุกรมเวลาและวิธีสัญลักษณ์มีความยืดหยุ่นมากกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เมื่อวิเคราะห์ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน [27]

2.3 การวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (Symbolization methods)

วิธีสัญลักษณ์ (Symbolization Methods) เป็นวิธีการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ สำหรับกรณีที่ข้อมูลมีความผันแปรมากเนื่องจากเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์และความแปรปรวนร่วมของข้อมูลผันแปรได้ง่าย ซึ่งการแบ่งช่วงของการแปลงข้อมูลสามารถทำได้หลายแบบ โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 3 ช่วง หรือก็คือทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ 3 สัญลักษณ์ เนื่องจากสามารถเข้าถึงสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับตลาดหุ้น 3 แบบคือ อัตราผลตอบแทนเป็นค่าลบสูง (High negative returns), อัตราผลตอบแทนปกติ (Normal returns) และอัตราผลตอบแทนเป็นค่าบวกสูง (High positive returns) [27]

2.3.1 กรณีข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series)

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์มีหลากหลายวิธี โดย Paolo Coletti (2016) [28] ได้นำเสนอการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่า 1, 2 และ 3 ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ดีสำหรับจัดกลุ่มหุ้นที่เสถียรภาพมาก โดยการสร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหุ้น ตัวแปรที่นิยมใช้และถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้คืออัตราผลตอบแทน ซึ่งจะทำการแปลงอัตราผลตอบแทนหุ้น (r_i) ให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ (s_i) ด้วยสัญลักษณ์ 3 สัญลักษณ์ (1, 2, 3) มีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; r_i(t) < \bar{r}_i - \sigma_i/2 \\ 2 & ; \bar{r}_i - \sigma_i/2 \leq r_i(t) \leq \bar{r}_i + \sigma_i/2 \\ 3 & ; r_i(t) > \bar{r}_i + \sigma_i/2 \end{cases} \quad (17)$$

โดย \bar{r}_i แทนค่าเฉลี่ยอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i สำหรับทุกๆเวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$
 σ_i แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i

J.G. Brida, and W.A. Risso (2010) [27] ได้นำเสนอการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่า 1, 2 และ 3 โดยการสร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหุ้น ตัวแปรที่ถูกนำมาใช้คืออัตราผลตอบแทน ซึ่ง จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ (s_i) มีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

$$s_i(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } r_i(t) < \alpha_i \\ 1 & \text{if } \alpha_i < r_i(t) < \beta_i \\ 2 & \text{if } \beta_i < r_i(t) \end{cases} \quad (18)$$

โดย $r_i(t)$ แทนอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i ณ เวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$

α_i และ β_i แทนค่าของอัตราผลตอบแทนที่ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของหุ้น i เท่ากับ $1/3$ และ $2/3$ ตามลำดับ

ซึ่งการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์กรณีข้อมูลมิติเดียวทั้ง 2 วิธีนี้สามารถขยายไปสู่กรณีข้อมูลหลายมิติได้ โดยงานวิจัยนี้จะใช้อัตราผลตอบแทนควบคู่กับปริมาณการซื้อขายในการวิเคราะห์ตลาดหุ้น

2.3.2 กรณีข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series)

จากวิธีการแปลงข้อมูลกรณีข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series) ให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ ซึ่งจะมีวิธีการขยายไปสู่กรณีข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series) ได้หลายรูปแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ขยายไปสู่วิธีการแปลงข้อมูล 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1: Paolo Coletti (2016) [28] ได้นำเสนอการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่า 1, 2 และ 3 โดยสะท้อนให้เห็นถึงการร่วมกันของ 2 ตัวแปร ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้อัตราผลตอบแทนควบคู่กับลอการิทึมปริมาณการซื้อขายในการวิเคราะห์ตลาดหุ้น โดยมีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

จากอัตราผลตอบแทนของแต่ละหุ้น i ณ เวลา t คือ $r_i(t)$ และลอการิทึมปริมาณการซื้อขายหุ้น i ณ เวลา t คือ $v_i(t)$

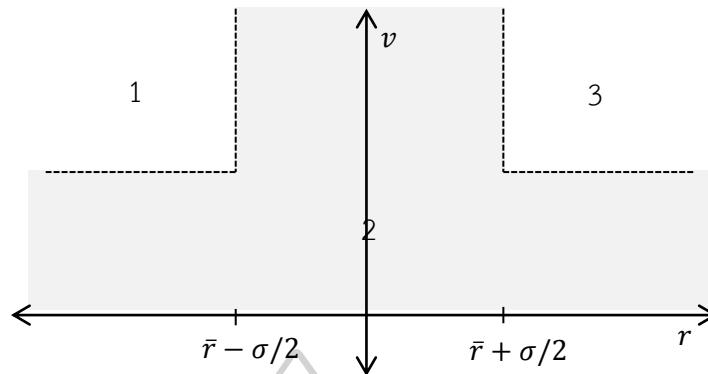
$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) < \bar{r}_i - \sigma_i/2 \\ 2 & ; v_i(t) < \bar{v}_i \text{ or } \bar{r}_i - \sigma_i/2 \leq r_i(t) \leq \bar{r}_i + \sigma_i/2 \\ 3 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) > \bar{r}_i + \sigma_i/2 \end{cases} \quad (19)$$

โดย \bar{v}_i แทนค่าเฉลี่ยลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้นที่ i สำหรับทุกๆ เวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$

\bar{r}_i แทนค่าเฉลี่ยอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i สำหรับทุกๆ เวลา t

σ_i แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลตอบแทนของหุ้นที่ i

จากเงื่อนไขการแปลงข้างต้น สามารถแสดงผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 1

โดยวิธีการแปลงข้อมูลตามวิธีที่ 1 เป็นวิธีการแปลงที่อัตราผลตอบแทนอยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตร แต่ในความเป็นจริงอัตราผลตอบแทนที่คำนวณมาจากราคาหุ้นอาจไม่ได้อยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตร ซึ่งจะส่งผลให้การแปลงข้อมูลด้วยวิธีที่ 1 นี้ไม่เหมาะสม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการปรับการแปลงข้อมูลในวิธีที่ 1 ใหม่ ดังนี้

วิธีที่ 2 : วิธีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ โดยสะท้อนให้เห็นถึงการร่วมกันของ 2 ตัวแปร ระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย โดยอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน มีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

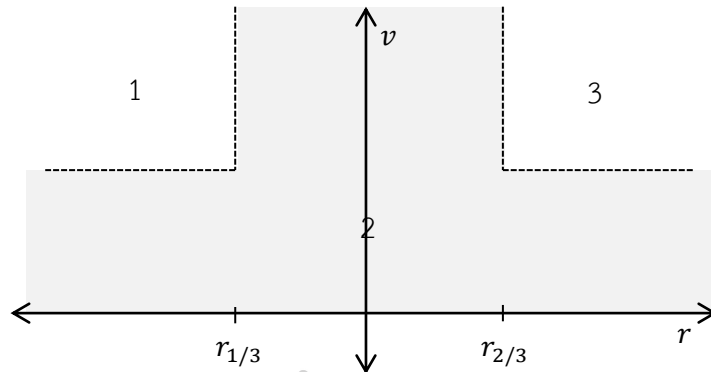
จากอัตราผลตอบแทนของแต่ละหุ้น i ณ เวลา t คือ $r_i(t)$ และปริมาณการซื้อขายหุ้น i ณ เวลา t คือ $v_i(t)$

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) < r_{i,1/3} \\ 2 & ; v_i(t) < \bar{v}_i \text{ or } r_{i,1/3} \leq r_i(t) \leq r_{i,2/3} \\ 3 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) > r_{i,2/3} \end{cases} \quad (20)$$

โดย \bar{v}_i แทนค่าเฉลี่ยลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้นที่ i สำหรับทุกๆ เวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$

$r_{i,1/3}$ และ $r_{i,2/3}$ แทนค่าของอัตราผลตอบแทนที่มีความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของอัตราผลตอบแทน ของหุ้น i เท่ากับ $1/3$ และ $2/3$ ตามลำดับ [21]

จากเงื่อนไขการแปลงข้างต้น สามารถแสดงผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 2

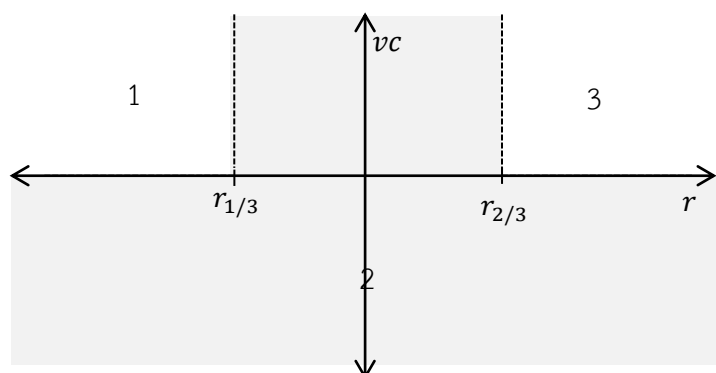
วิธีที่ 3 : การแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่า 1, 2 และ 3 โดยสะท้อนให้เห็นถึงการร่วมกันของ 2 ตัวแปรระหว่างอัตราผลตอบแทนและผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน โดยมีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

จากอัตราผลตอบแทนของแต่ละหุ้น i ณ เวลา t คือ $r_i(t)$ และผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ณ เวลา t กับ $t - 1$ คือ $vc_i(t)$

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; vc_i(t) \geq 0 \text{ and } r_i(t) < r_{i,1/3} \\ 2 & ; vc_i(t) < 0 \text{ or } r_{i,1/3} \leq r_i(t) \leq r_{i,2/3} \\ 3 & ; vc_i(t) \geq 0 \text{ and } r_i(t) > r_{i,2/3} \end{cases} \quad (21)$$

โดย $r_{i,1/3}$ และ $r_{i,2/3}$ แทนค่าของอัตราผลตอบแทนที่มีความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของอัตราผลตอบแทน ของหุ้น i เท่ากับ $1/3$ และ $2/3$ ตามลำดับ

จากเงื่อนไขการแปลงข้างต้น สามารถแสดงผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6 พื้นที่ 3 ส่วนสำหรับเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 3

จากเงื่อนไขการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทั้ง 3 วิธี สอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางตลาดหุ้น [29, 30] คือ

สัญลักษณ์ “1” แทนภาวะตลาดหุ้นที่ราคาหลักทรัพย์โดยทั่วไปมีระดับลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณการซื้อขายมาก ซึ่งจะเป็นทิศทางขาลง ที่ผู้เล่นหุ้นส่วนใหญ่มีความต้องการขายและแย่งกันขาย ดังนั้นจะมีปริมาณการขายสูงมากกว่าปริมาณการซื้อ

สัญลักษณ์ “2” แทนภาวะที่บ่งบอกถึงการที่ไม่สามารถตัดสินใจของนักลงทุนเมื่อราคาตลาดหลักทรัพย์ไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงและสูงขึ้นในช่วงใกล้จุดต่ำสุดของตลาด โดยปกติจะเป็นภาวะที่ไม่มีแนวโน้ม หรือเป็นภาวะที่ปริมาณการซื้อขายน้อย

สัญลักษณ์ “3” แทนภาวะตลาดหุ้นที่ราคาหลักทรัพย์โดยทั่วไปมีระดับเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณการซื้อขายมาก ซึ่งจะเป็นทิศทางขาขึ้น ที่ผู้เล่นหุ้นส่วนใหญ่มีความต้องการซื้อและแย่งกันเข้ามาซื้อ ดังนั้นจะมีปริมาณการซื้อสูงมากกว่าปริมาณการขาย

2.3.3 ฟังก์ชันระยะห่างระหว่างหุ้น [6] ที่ใช้วัดความคล้ายคลึงกันของหุ้นแต่ละคู่ในกรณีที่มีข้อมูลอยู่ในรูปสัญลักษณ์ มีดังนี้

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{t=1}^{t=T} (s_i(t) - s_j(t))^2} \quad (22)$$

โดย $\{s_i(1), s_i(2), \dots, s_i(T)\}$ และ $\{s_j(1), s_j(2), \dots, s_j(T)\}$ แทนลำดับสัญลักษณ์สำหรับหุ้นที่ i และ j ตามลำดับ

- ถ้า $s_i(t) \neq s_j(t)$ จะได้ค่าผลต่างของ $|s_i(t) - s_j(t)|$ สามารถเป็นไปได้ 2 ค่า คือ
กรณีที่ 1 : $|s_i(t) - s_j(t)| = |3 - 1| = |1 - 3| = 2$
กรณีที่ 2 : $|s_i(t) - s_j(t)| = |2 - 1| = |1 - 2| = |3 - 2| = |2 - 3| = 1$

นั่นคืออัตราผลตอบแทนและลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย (หรือผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย) ของหุ้น i และ j อยู่ในบริเวณที่แตกต่างกัน โดยกรณีที่ 1 หุ้นทั้งสองอยู่ในบริเวณที่ไม่ติดต่อกัน และกรณีที่ 2 หุ้นทั้งสองอยู่ในบริเวณที่ติดกัน ณ เวลา t

- ถ้า $s_i(t) = s_j(t)$ จะได้ค่าผลต่างของ $s_i(t) - s_j(t) = 0$

นั่นคืออัตราผลตอบแทนและลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย (หรือผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย) ของหุ้น i และ j อยู่ในบริเวณเดียวกัน ณ เวลา t [25]

2.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเส้นเชื่อมใน MST และ HT ด้วยเทคนิคบูทสตรอป

เทคนิคบูทสตรอป (Bootstrap Technique) เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบแทนที่คืน เพื่อประมาณค่าทางสถิติที่สนใจ โดยปราศจากข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) เกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูล ซึ่งเทคนิคบูทสตรอปสามารถถูกใช้ร่วมกับทุกๆสถิติ โดยการศึกษาครั้งนี้เทคนิคนี้ถูกใช้เพื่อวัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมใน MST และเส้นเชื่อมใน HT

2.4.1 Minimum Spanning Tree with Bootstrap Technique [6, 7, 31]

ผู้วิจัยหลายท่านได้ใช้เทคนิคบูทสตรอปวัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST เทคนิคบูทสตรอป พัฒนาโดย Efron (1979) มีขั้นตอนพื้นฐานดังนี้

ขั้นที่ 1: ให้เมทริกซ์ของข้อมูลอนุกรมเวลา (X) ขนาด $T \times 3N$ ซึ่งเป็นเมทริกซ์อัตราผลตอบแทน (r) ลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย (v) และผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย (vc) ของแต่ละหุ้นที่นำมาพิจารณา แสดงดังนี้

$$X = \begin{bmatrix} [r_1(1) & v_1(1) & vc_1(1)] & \cdots & [r_N(1) & v_N(1) & vc_N(1)] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ [r_1(T) & v_1(T) & vc_1(T)] & \cdots & [r_N(T) & v_N(T) & vc_N(T)] \end{bmatrix}_{T \times 3N}$$

โดยที่ T แทนความยาวของอนุกรมเวลา และ N แทนจำนวนหุ้นที่นำมาพิจารณา

ขั้นที่ 2: ทำการสร้างแผนภาพ MST ตามขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งจะได้แผนภาพ MST หลัก

ขั้นที่ 3: ใช้เทคนิคบูทสตรอป วัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST หลัก โดยทำการสุ่มแถวแบบแทนที่คืนจากเมทริกซ์ X ขนาด T แถว ซึ่งจะได้เมทริกซ์ข้อมูลสำหรับเทคนิคบูทสตรอปที่มีขนาด $T \times 3N$ แทนสัญลักษณ์ด้วย $X^{*(i)}$

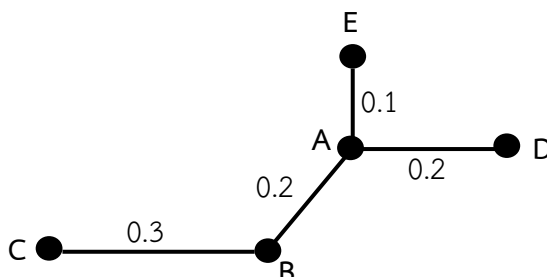
ขั้นที่ 4: นำเมทริกซ์ $X^{*(i)}$ มาสร้างแผนภาพ MST แทนด้วย MST_i^*

ขั้นที่ 5: ทำขั้นที่ 3 และ 4 ซ้ำ จำนวน R ครั้ง

ขั้นที่ 6: จะได้แผนภาพ MST_i^* ; $i = 1, 2, \dots, R$ จำนวน R แผนภาพ วัดความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST หลักด้วยการหาสัดส่วนระหว่างจำนวนเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST_i^* ที่ปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST หลัก หาด้วยจำนวนการทำซ้ำ R ครั้ง ดังนี้

$$\text{ค่าบูทสตรอป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่ปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน } MST \text{ หลัก}}{R}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าสัดส่วนหรือค่าบูทสเตรปของแต่ละเส้นเชื่อมที่แสดงการจัดกลุ่ม โดยยกตัวอย่าง เช่น ต้องการคำนวณสัดส่วนของเส้นเชื่อม (B, C) ซึ่งกำหนดให้แผนภาพ MST หลัก ดังนี้



จากแผนภาพ MST หลักจะพบว่า เส้นเชื่อม (B, C) เชื่อมต่อกันโดยตรง ถ้าในแผนภาพ MST_i^* มีเส้นเชื่อม (B,C) ที่เชื่อมกันโดยตรงตามแผนภาพ MST หลัก จะนับเป็น 1 ครั้ง จากนั้นทำเช่นนี้ไปในทุกๆ แผนภาพ $MST_i^*; i = 1, 2, \dots, R$ เพื่อหาจำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่ปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST หลัก เพื่อนำมาคำนวณค่าบูทสเตรป

ถ้าค่าบูทสเตรปที่ได้เข้าใกล้ 1 นั่นคือเส้นเชื่อมนั้นมีความน่าเชื่อถือมาก แสดงว่าหุ้ันทั้ง 2 ตัวนั้นมีโอกาสถูกเชื่อมเข้าหากันสูง แต่ถ้าค่าบูทสเตรปที่ได้เข้าใกล้ 0 นั่นคือ เส้นเชื่อมนั้นมีความน่าเชื่อถือน้อย แสดงว่าหุ้ันทั้ง 2 ตัวนั้นมีโอกาสถูกเชื่อมเข้าหากันน้อย

2.4.2 Hierarchical Tree with Bootstrap Technique [6, 7]

ขั้นที่ 1: จากขั้นที่ 2 ของ Minimum Spanning Tree with Bootstrap Technique ซึ่งจะได้ MST หลัก จากนั้นหา Ultrametric distance matrix ($D^<$) เพื่อทำการสร้างแผนภาพ HT หลัก

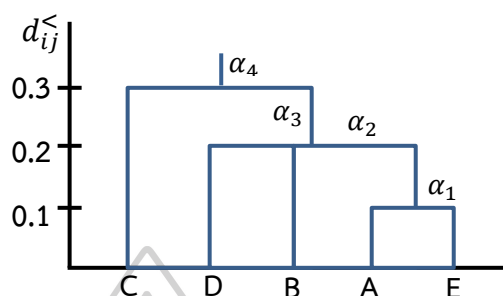
ขั้นที่ 2: วัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT หลัก ดำเนินการดังนี้ จากขั้นที่ 4 ของ MST ซึ่งจะได้ MST_i^* นำมาสร้าง Ultrametric distance matrix (D_i^*) เพื่อสร้างแผนภาพ HT_i^*

ขั้นที่ 3: ทำขั้นที่ 2 ซ้ำ จำนวน R ครั้ง

ขั้นที่ 4: ดังนั้น จะได้แผนภาพ $HT_i^*; i = 1, 2, \dots, R$ จำนวน R แผนภาพ ทำการวัดความน่าเชื่อถือของแต่ละเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT หลัก ด้วยการหาสัดส่วนระหว่างจำนวนเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT_i^* ที่มีสมาชิกในกลุ่มปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT หลัก ทำซ้ำจำนวนการซ้ำ R ครั้ง ดังนี้

$$\text{ค่าบูทสเตรป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่สมาชิกในกลุ่มปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน } HT \text{ หลัก}}{R}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าสัดส่วนหรือค่าบุทสเตรปของแต่ละเส้นเชื่อมที่แสดงลำดับการจัดกลุ่ม โดยยกตัวอย่าง เช่น ต้องการคำนวณสัดส่วนของเส้นเชื่อม α_2 โดยกำหนดให้มีแผนภาพ HT หลัก ดังนี้



จากแผนภาพ HT หลัก จะพบว่าเส้นเชื่อม α_2 มีสมาชิกคือ A, B และ E ถ้าในแผนภาพ HT_i^* เส้นเชื่อม α_2 มีสมาชิกตรงตาม HT หลัก จะนับเป็น 1 ครั้ง จากนั้นทำเช่นนี้ไปในทุกๆ แผนภาพ HT_i^* ; $i = 1, 2, \dots, R$ เพื่อหาจำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่สมาชิกปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT หลัก เพื่อนำมาคำนวณค่าบุทสเตรป

ถ้าค่าบุทสเตรปที่ได้เข้าใกล้ 1 นั่นคือเส้นเชื่อมนั้นมีความน่าเชื่อถือมาก แสดงว่าหุ่นกลุ่มนั้นมีโอกาสถูกเชื่อมเข้าหากันสูง แต่ถ้าค่าบุทสเตรปที่ได้เข้าใกล้ 0 นั่นคือ เส้นเชื่อมนั้นมีความน่าเชื่อถือน้อย แสดงว่าหุ่นกลุ่มนั้นมีโอกาสถูกเชื่อมเข้าหากันน้อย

ส่วนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

R.N. Mantegna (1999) [2] ได้นำเสนอการสร้างเครือข่ายหุ่นสำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นในตลาดการเงินด้วยวิธีแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) ภายใต้เมตริกซ์ระยะห่าง (Distance matrix) และแสดงลำดับการจัดกลุ่มหุ่นด้วยแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) ภายใต้เมตริกซ์ Ultrametric distance โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ชุด ประกอบด้วย 30 หุ้นใน Dow Jones Industrial Average (DJIA) index และ 443 หุ้นใน Poor's 500 (S&P 500) index โดยใช้ข้อมูลราคาปิดหุ้น ในช่วงเดือนกรกฎาคม ปี 1989 ถึงเดือนตุลาคม ปี 1995

M. Tumminello, F. Lillo, and R.N. Mantegna (2010) [6] ได้นำเสนอการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นด้วยแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และถัดมาแสดงลำดับการจัดกลุ่มหุ่นด้วยวิธีแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) ภายใต้เมตริกซ์ Ultrametric distance ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Average linkage และใช้เทคนิคบุทสเตรปในการวัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST และเส้นเชื่อมในแผนภาพ

HT ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แสดงตัวอย่างการสร้างเครือข่ายแสดงความสัมพันธ์ของหุ้น 10 หุ้น ใน New York Stock Exchange ระหว่างเดือนมกราคม ปี 2001 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2003 โดยพิจารณาจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของผลตอบแทนการซื้อขายหุ้น จากผลลัพธ์พบว่าแผนภาพ HT ที่สร้างจากวิธีจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Average linkage มีลำดับการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน

M. Kazemilari, and M.A. Djauhari (2015) [24] ได้ทำการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของราคาหุ้นระหว่างบริษัทหุ้นใน 30 Dow-Jones ในช่วง 7 พ.ค. 2007 ถึง 30 เม.ย. 2012 โดยประยุกต์ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ในการกำหนดเครือข่ายหุ้น ซึ่งแต่ละเครือข่ายถูกนำเสนอด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาหลายมิติ จากราคาเปิด (O), ราคาสูงสุด (H), ราคาต่ำสุด (L) และราคาปิด (C) โดยเครือข่ายความสัมพันธ์หุ้นถูกนำเสนอในรูปแบบของแผนภาพ MST เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบเครือข่ายในแง่ของคุณสมบัติทางโครงสร้างระหว่างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นกรณีข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series) ภายใต้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยวิเคราะห์จากราคาปิด และเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นกรณีข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series) ภายใต้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

ผลลัพธ์จากแผนภาพ MST พบว่าโครงสร้างของเครือข่ายหุ้นมีรูปแบบการเชื่อมโยงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้ข้อมูลที่แตกต่างออกไป นั่นคือกราฟระหว่างข้อมูลมิติเดียวและข้อมูลหลายมิติตรวจพบรูปแบบการเชื่อมโยงที่แตกต่างกัน

จากการตรวจสอบคุณสมบัติของโครงสร้าง ด้วยค่าความเป็นศูนย์กลางของเครือข่าย (Network centrality measures) จากผลลัพธ์สรุปได้ว่า

1) การตรวจสอบคุณสมบัติทางโครงสร้างของหุ้นที่ถูกเปรียบเทียบภายใต้ข้อมูลมิติเดียวและข้อมูลหลายมิติ พบว่าทั้ง 2 กรณีมีคุณสมบัติโครงสร้างที่แตกต่างกัน

2) การใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV วัดความคล้ายคลึงกันในกลุ่มหุ้นหลายมิติของราคา OHLC ซึ่งทำให้สามารถหาข้อเท็จจริงที่ซ่อนอยู่ในตลาดหุ้น ซึ่งในกรณีที่ใช้ราคาปิดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถตรวจพบได้ และระบบที่ซับซ้อนของหุ้นหลายมิติจะแสดงเครือข่ายที่ซับซ้อนในรูปแบบของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากความสำคัญของข้อมูลหลายมิติมีความจำเป็น ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลหลายมิติจึงมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลที่มีเพียงมิติเดียว นั่นคือจากผลลัพธ์บ่งชี้ว่าประสิทธิภาพของหุ้นที่วัดจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ของข้อมูลราคาหุ้นหลายมิติ OHLC มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรณีที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันบนข้อมูลมิติเดียว

3) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันสามารถใช้วัดความคล้ายคลึงกันในกลุ่มหุ้นในกรณีข้อมูลมิติเดียวและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV สามารถใช้วัดในกรณีข้อมูลหลายมิติ

J.G. Brida, D. Matesanz, and M.N. Seijas (2016) [21] ได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่าย (Network analysis) ในการวิเคราะห์โครงสร้างของตลาด Euro Stoxx จำนวน 50 บริษัท ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม ปี 2002 ถึงวันที่ 19 ธันวาคม ปี 2014 โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยบนเครือข่ายตลาดหุ้น ซึ่งได้รวมผลตอบแทนสินทรัพย์ (Asset return) และปริมาณการซื้อขาย (Volume trading) เป็นตัวแปรหลัก เพื่อทำการศึกษาตลาดการเงิน โดยแนวคิดของแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) ได้ถูกนำมาใช้ โดยการเพิ่มกฎของปริมาณการซื้อขายลงในวิธีเดิมที่มีเพียงผลตอบแทน นอกจากนี้ยังใช้วิธีสัญลักษณ์ (Symbolic methods) กับข้อมูลดิบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างตลาดในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน (สถานการณ์ปกติ และวิกฤต) และแสดงลำดับการจัดกลุ่มโดยการสร้างแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) ด้วยวิธี Complete linkage ที่สร้างขึ้นภายใต้ระยะห่างบนแผนภาพ MST และได้ประยุกต์ใช้เทคนิคบูตสตรัป (Bootstrap Technique) ในการวัดความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST

การสร้างแผนภาพ MST และแผนภาพ HT ซึ่งค่าระยะห่างระหว่างโหนดจะดำเนินการภายใต้วิธีสัญลักษณ์ โดยมีขั้นตอนคือ

- 1) แปลงราคาปิดให้อยู่ในรูปของอัตราผลตอบแทน ($r_i(t)$) และปริมาณการซื้อขายให้อยู่ในรูปลอการิทึม ($v_i(t)$)
- 2) ทำการรวมสองตัวแปรหลักด้วย $R_i(t) = r_i(t) * V_i(t)$ เพื่อให้อยู่ในรูปข้อมูลมิติเดียว
- 3) แปลง R_i ให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ (S_i) ซึ่งแบ่งเป็น 3 สัญลักษณ์คือ 0, 1, 2 โดยเกณฑ์การแปลงอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของ R_i สำหรับกรณีที่ข้อมูลอยู่ในช่วงสถานการณ์ปกติ จะพิจารณาที่ตำแหน่งความน่าจะเป็นสะสม 1/3 และ 2/3 แต่กรณีที่ข้อมูลอยู่ในช่วงสถานการณ์วิกฤต จะพิจารณาที่ตำแหน่งความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับ 0.15 และ 0.85
- 4) คำนวณค่าระยะห่างระหว่างโหนด
- 5) สร้างแผนภาพ MST และแผนภาพ HT

P. Coletti (2016) [28] ทำการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของเครือข่ายหุ้นในตลาดหุ้นอิตาลีจำนวน 100 บริษัท ในปี 2001 ถึง 2011 โดยใช้วิธีการคำนวณระยะห่างที่แตกต่างกัน 4 วิธี แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) ซึ่งวิธีทั้ง 4 ประกอบด้วย

กรณีข้อมูลมิติเดียว (Univariate time series)

- 1) วิธีอิงค่าสหสัมพันธ์ เป็นวิธีพื้นฐานของ Mantegna (1999) ภายใต้ Peason's correlation ของอัตราผลตอบแทน
- 2) วิธีอิงค่าสัญลักษณ์ เป็นวิธีการแปลงอัตราผลตอบแทนหุ้น (r_i) ให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ (s_i) 3 สัญลักษณ์ (1, 2, 3) โดยมีหลักการแปลงดังสมการ (17)

กรณีข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series)

3) โดยการขยายอนุกรมของอัตราผลตอบแทนที่แปลงอยู่ในรูปสัญลักษณ์ด้วยมูลค่าการซื้อขาย (m_i) ที่แปลงอยู่ในรูปสัญลักษณ์มาต่อท้ายข้อมูล ดังนั้นจะได้อนุกรมที่ยาวขึ้น

4) โดยการใช้อัตราผลตอบแทน (r_i) ร่วมกับมูลค่าการซื้อขาย (m_i) ในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ 3 สัญลักษณ์ (1, 2, 3) โดยวิธีนี้มีหลักการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ ดังสมการ (19)

จากการเปรียบเทียบแผนภาพ MST โดยใช้ค่าระยะห่างตาม 4 วิธีข้างต้น พบว่าวิธีที่ 4 มีโครงสร้างที่เหมาะสมกว่าอีก 3 วิธี ซึ่งมีโครงสร้างที่แตกต่างจากวิธีอื่นมากที่สุด โดยแผนภาพ MST ในวิธีที่ 4 แสดงจำนวนกลุ่มหุ้มน้อยกว่า ถึงแม้โดยทั่วไปไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีใดเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการนำมาคำนวณหาค่าระยะห่างระหว่างหุ้เพื่อสร้างแผนภาพ MST เนื่องจากตลาดหุ้มีการเปลี่ยนแปลงเสมอ โดยผู้วิจัยสามารถเลือกวิธีที่สอดคล้องกับทฤษฎีที่ใช้หรือสอดคล้องกับข้อมูลทางการเงินที่ทำการศึกษา จากงานวิจัยของ Paolo Coletti พบว่าวิธีที่ 4 เป็นวิธีการคำนวณระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของเครือข่ายหุ้ในตลาดหุ้ อิตาลีจำนวน 100 บริษัท ในปี 2001 ถึง 2011 นี้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ที่มีความเสถียรมาก เนื่องจากสะท้อนให้เห็นถึงการมีแนวโน้มร่วมกันของราคาหุ้และมูลค่าการซื้อขายในการวิเคราะห์ตลาดการเงินที่สมเหตุสมผล



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มหุ้นใน SET50 โดยวิธี Minimum Spanning Tree (MST) และวิธี Hierarchical Tree (HT) โดยมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ของราคาปิด (closing price) และปริมาณการซื้อขาย (volume – trading) รายวันของหุ้นใน SET50 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 โดยเก็บข้อมูลมาจาก www.settrade.com (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย) โดยรายชื่อหุ้นและกลุ่มอุตสาหกรรมแสดงในตาราง 1

หมายเหตุ: 1. รายการหุ้นใน SET50 จะเปลี่ยนแปลงทุก 6 เดือน โดยงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาหุ้นที่อยู่ใน SET50 ช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559

2. เนื่องจากหุ้น PS หรือบริษัท พกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ได้ออกจากตลาดหลักทรัพย์ในช่วงช่วงเวลาเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่พิจารณาหุ้น PS นั่นคือทำให้เหลือหุ้นในการวิเคราะห์ทั้งหมด 49 หุ้น

ตาราง 1 รายชื่อหลักทรัพย์ที่อยู่ใน SET50

ชื่อย่อหลักทรัพย์ (symbol)	ชื่อเต็มบริษัท/หลักทรัพย์จดทะเบียน	กลุ่มอุตสาหกรรม/หมวดธุรกิจ
ADVANC	บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
AOT	บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด(มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
BA	บริษัท การบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์

ชื่อย่อหลักทรัพย์ (symbol)	ชื่อเต็มบริษัท/หลักทรัพย์จดทะเบียน	กลุ่มอุตสาหกรรม/หมวดธุรกิจ
BANPU	บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
BBL	ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
BCP	บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
BDMS/BGH	บริษัท กรุงเทพดุสิตเวชการ จำกัด (มหาชน)	บริการ/การแพทย์
BEC	บริษัท บีอีซี เวิลด์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/สื่อและสิ่งพิมพ์
BEM	บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
BH	บริษัท โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/การแพทย์
BLA	บริษัท กรุงเทพประกันชีวิต จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ประกันภัยและ ประกันชีวิต
BTS	บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
CBG	บริษัท คาราบาวกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรม อาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
CENTEL	บริษัท โรงแรมเซ็นทรัลพลาซา จำกัด (มหาชน)	บริการ/การท่องเที่ยวและ สันทนาการ
CK	บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
CPALL	บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
CPF	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรม อาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม

ชื่อย่อหลักทรัพย์ (symbol)	ชื่อเต็มบริษัท/หลักทรัพย์จดทะเบียน	กลุ่มอุตสาหกรรม/หมวดธุรกิจ
CPN	บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
DELTA	บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์(ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/ชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์
DTAC	บริษัท โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร
EGCO	บริษัท ผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
GLOW	บริษัท โกลว์ พลังงาน จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
GPSC	บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
HMPRO	บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
INTUCH	บริษัท อินทัช โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร
IRPC	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
IVL	บริษัท อินโดรามา เวนเจอร์ส จำกัด (มหาชน)	สินค้าอุตสาหกรรม/ปิโตรเคมี และเคมีภัณฑ์
KBANK	ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
KEC	บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/ชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์
KTB	ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
LH	บริษัท แลนด์แอนด์เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์

ชื่อย่อหลักทรัพย์ (symbol)	ชื่อเต็มบริษัท/หลักทรัพย์จดทะเบียน	กลุ่มอุตสาหกรรม/หมวดธุรกิจ
MINT	บริษัท ไมเนอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรม อาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
MTLS	บริษัท เมืองไทย ลิสซิ่ง จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/เงินทุนและ หลักทรัพย์
PS	บริษัท พุกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
PTT	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
PTTEP	บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
PTTGC	บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	สินค้าอุตสาหกรรม/ปิโตรเคมี และเคมีภัณฑ์
ROBINS	บริษัท ห้างสรรพสินค้าโรบินสัน จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
SAWAD	บริษัท ศรีสวัสดิ์ พาวเวอร์ 1979 จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/เงินทุนและ หลักทรัพย์
SCB	ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
SCC	บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ วัสดุก่อสร้าง
TASCO	บริษัท ทีบีเคแอสฟัลท์ จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ วัสดุก่อสร้าง
TCAP	บริษัททุนธชาติ จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
TMB	ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
TOP	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค

ชื่อย่อหลักทรัพย์ (symbol)	ชื่อเต็มบริษัท/หลักทรัพย์จดทะเบียน	กลุ่มอุตสาหกรรม/หมวดธุรกิจ
TPIPL	บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน)	วัสดุก่อสร้าง/อสังหาริมทรัพย์ และก่อสร้าง
TRUE	บริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร
TTW	บริษัท น้ำประปาไทย จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและ สาธารณูปโภค
TU	บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรม อาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
WHA	บริษัท ดับบลิวเอชเอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/ พัฒนาอสังหาริมทรัพย์

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ใช้วิธี Minimum Spanning Tree (MST) และการวิเคราะห์ลำดับชั้น Hierarchical Tree (HT) ประกอบด้วย

1. โปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และเมตริกซ์ระยะห่างของทั้ง 2 กรณี คือ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสหสัมพันธ์ และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ และใช้โปรแกรม MATLAB หา MST ตามวิธีการ Kruskal's algorithm คำสั่งในการคำนวณ (Code) เขียนโดย Georgios Papachristoudis จาก <http://www.mathworks.com/matlabcentral/Fileexchange/41963-kruskal-s-algorithm/content/kruskal.m> และใช้ในการทำเทคนิคบูทสเตรปสำหรับแผนภาพ MST
2. โปรแกรมสำเร็จรูป PAJEK ใช้ในการวาดรูปกราฟ MST โดยโปรแกรมนี้สามารถดาวน์โหลดได้จาก http://download.cnet.com/Pajek/3000-2076_4-10662544.html
3. โปรแกรม MATLAB ใช้ในการวิเคราะห์ลำดับการจัดกลุ่มด้วยแผนภาพ HT
4. โปรแกรมสำเร็จรูป R ใช้ในการสร้างเมตริกซ์ Ultrametric distance และคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อม (Bootstrap value) บนแผนภาพ HT

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เก็บรวบรวมข้อมูลราคาปิด (closing price) และปริมาณการซื้อขายของหุ้น (volume trading) รายวันของหุ้นใน SET50 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 จำนวน 243 ค่า
2. นำข้อมูลมาคำนวณหาอัตราผลตอบแทนรายวัน จากผลต่างของ natural logarithm ราคาปิดหุ้นในแต่ละวันของหุ้น i ณ เวลา t ดังนี้

$$r_i(t) = \ln Z_i(t) - \ln Z_i(t-1)$$

โดย $Z_i(t)$ แทนราคาปิดของหุ้น i ในวันที่ t โดย $i = 1, 2, \dots, N$

N แทนจำนวนของหุ้นทั้งหมดที่ทำการศึกษา

คำนวณลอการิทึมของปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ณ เวลา t ดังนี้

$$v_i(t) = \ln V_i(t)$$

โดย $V_i(t)$ แทนปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ในวันที่ t ; $i = 1, 2, \dots, N$

ผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i ณ เวลา t กับ $t-1$ ดังนี้

$$vc_i(t) = \ln V_i(t) - \ln V_i(t-1)$$

3. คำนวณหาเมทริกซ์ระยะห่าง (Distance matrix) โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

3.1 กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

- 3.1.1 นำค่าอัตราผลตอบแทนและค่าลอการิทึมปริมาณการซื้อขายที่ได้จากข้อ 2. มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างหุ้น i และ j แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$RV_{ij} = \frac{Tr(S_{ij}S_{ji})}{\sqrt{Tr(S_{ii}^2)Tr(S_{jj}^2)}}$$

โดย $Tr(*)$ คือค่าผลรวมของสมาชิกในแนวทแยงมุมของเมทริกซ์จัตุรัส *

S_{ij} เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ของอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายระหว่างหุ้น i และ j และ $S_{ji} = S_{ij}^T$

S_{ii} เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้น i

- 3.1.2 นำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ที่ได้จากข้อ 3.1.1 มาแปลงเป็นค่าระยะห่าง ดังนี้

$$d_{ij} = \sqrt{2(1 - RV_{ij})}$$

เมื่อ d_{ij} คือ ระยะห่างระหว่างหุ้น i กับหุ้น j

3.2 กรณีวัดระยะห่างของหุ่นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (Symbolization methods)

3.2.1 นำค่าอัตราผลตอบแทน ลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขายที่ได้จากข้อ 2. มาแปลงให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์โดยแบ่งการแปลงเป็น 3 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 : เป็นวิธีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน โดยมีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) < \bar{r}_i - \sigma_i/2 \\ 2 & ; v_i(t) < \bar{v}_i \text{ or } \bar{r}_i - \sigma_i/2 \leq r_i(t) \leq \bar{r}_i + \sigma_i/2 \\ 3 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) > \bar{r}_i + \sigma_i/2 \end{cases}$$

โดย \bar{v}_i แทนค่าเฉลี่ยของลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ่นที่ i สำหรับทุกๆเวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$

\bar{r}_i แทนค่าเฉลี่ยอัตราผลตอบแทนของหุ่นที่ i สำหรับทุกๆเวลา t

σ_i แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลตอบแทนของหุ่นที่ i

วิธีที่ 2 : วิธีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน โดยมีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) < r_{i,1/3} \\ 2 & ; v_i(t) < \bar{v}_i \text{ or } r_{i,1/3} \leq r_i(t) \leq r_{i,2/3} \\ 3 & ; v_i(t) \geq \bar{v}_i \text{ and } r_i(t) > r_{i,2/3} \end{cases}$$

โดย \bar{v}_i แทนค่าเฉลี่ยของลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ่นที่ i สำหรับทุกๆเวลา t เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N$

$r_{i,1/3}$ และ $r_{i,2/3}$ แทนค่าของอัตราผลตอบแทนที่ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของหุ่นที่ i เท่ากับ $1/3$ และ $2/3$ ตามลำดับ

วิธีที่ 3 : วิธีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน โดยมีเงื่อนไขการแปลงดังนี้

$$s_i(t) = \begin{cases} 1 & ; vc_i(t) \geq 0 \text{ and } r_i(t) < r_{i,1/3} \\ 2 & ; vc_i(t) < 0 \text{ or } r_{i,1/3} \leq r_i(t) \leq r_{i,2/3} \\ 3 & ; vc_i(t) \geq 0 \text{ and } r_i(t) > r_{i,2/3} \end{cases}$$

โดย $r_{i,1/3}$ และ $r_{i,2/3}$ แทนค่าของอัตราผลตอบแทนที่มีความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของอัตราผลตอบแทนของหุ้น i เท่ากับ $1/3$ และ $2/3$ ตามลำดับ

3.2.2 นำค่าสัญลักษณ์ที่ได้จาก 3.2.1 มาแปลงเป็นค่าระยะห่าง ดังนี้

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{t=1}^{t=T} (s_i(t) - s_j(t))^2}$$

โดย $\{s_i(1), s_i(2), \dots, s_i(T)\}$ และ $\{s_j(1), s_j(2), \dots, s_j(T)\}$ แทนลำดับสัญลักษณ์สำหรับหุ้นที่ i และ j ตามลำดับ

4. นำระยะห่าง d_{ij} ในข้อ 3.2.2 มาสร้างแผนภาพ MST
5. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ MST โดยใช้เทคนิคบุทสเตรป ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้
 - 5.1 สุ่มข้อมูลอัตราผลตอบแทน ($r_i(t)$) ลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย ($v_i(t)$) และผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย ($vc_i(t)$) แบบแทนที่คั่นขนาด 243 ครั้ง หลังจากนั้น
 - 5.2 นำข้อมูลที่สุ่มได้มาสร้างแผนภาพ MST ตามขั้นตอน 3.1-3.2 และ 4
 - 5.3 ทำขั้นตอนที่ 5.1 และ 5.2 ซ้ำ 1,000 รอบ
 - 5.4 ในแต่ละเส้นเชื่อม ทำการนับจำนวนครั้งที่เส้นเชื่อมในแผนภาพ MST ปรากฏซ้ำตรงกับแผนภาพ MST หลักที่ได้จากขั้นตอนที่ 4
 - 5.5 คำนวณค่าบุทสเตรป โดยใช้

$$\text{ค่าบุทสเตรป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่ปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน MST หลัก}}{1,000}$$

6. คำนวณค่าเฉลี่ยค่าบุทสเตรปของ MST ในข้อ 5 เพื่อเปรียบเทียบความแกร่งของ MST แต่ละวิธีตามข้อ 4 ซึ่งจะได้ MST ทั้งหมด 4 แผนภาพจากวิธีการวัดระยะห่างที่แตกต่างกัน คือ
 1. กรณิวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

2. กรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย โดยวิธีการแปลงที่อยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 1)

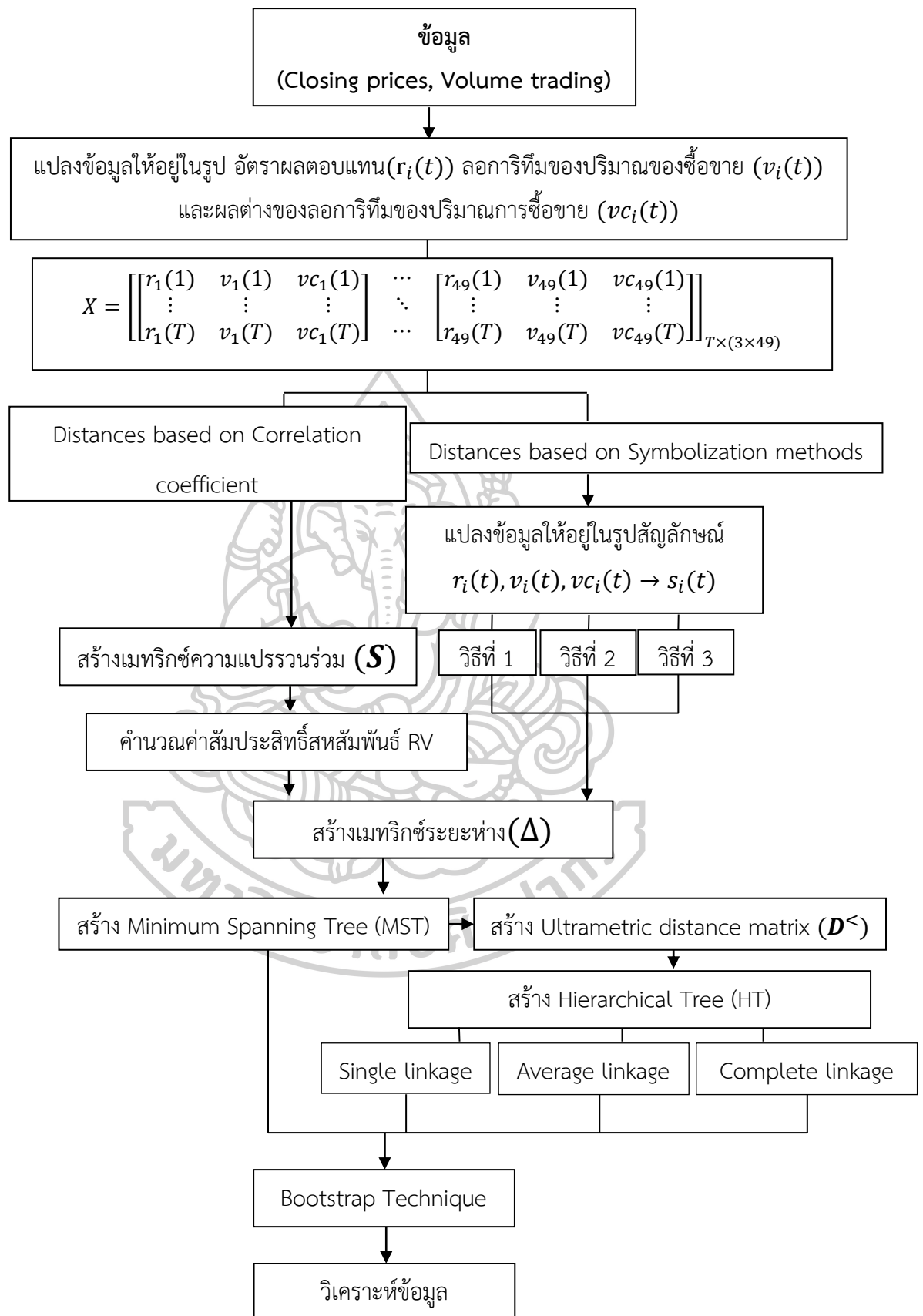
3. กรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย โดยวิธีการแปลงที่อยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 2)

4. กรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ่นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนและผลต่างของลอการิทึมของปริมาณการซื้อขาย โดยวิธีการแปลงที่อยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 3)

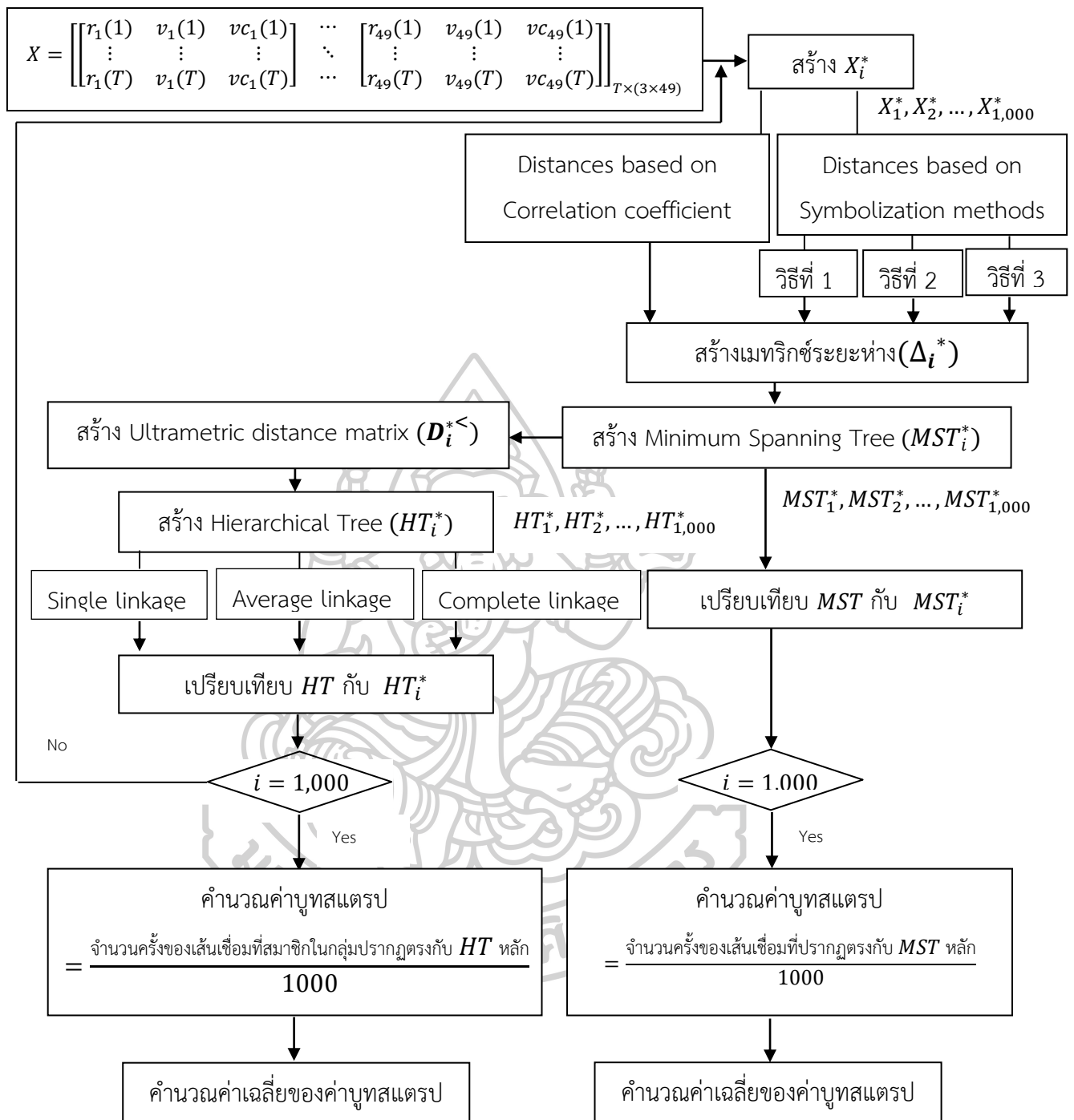
7. สร้าง Ultrametric distance Matrix จากแผนภาพ MST ที่ได้ในขั้นตอนที่ 4
8. สร้างแผนภาพ HT ทั้ง 3 วิธี ประกอบด้วย วิธี Single linkage วิธี Complete linkage และวิธี Average linkage โดยใช้ Ultrametric distance Matrix
9. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT โดยใช้เทคนิคบูทสเตรป ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้
 - 9.1 จากข้อ 5.2 ซึ่งจะได้แผนภาพ MST ที่สร้างจากเทคนิคบูทสเตรป จากนั้นทำการสร้างแผนภาพ HT ที่สร้างจากเทคนิคบูทสเตรป โดยเริ่มจากหา Ultrametric distance Matrix ตามขั้นตอน 7-8
 - 9.2 ทำขั้นตอนที่ 9.1 ทำซ้ำ 1,000 รอบ
 - 9.3 นับจำนวนครั้งที่เส้นเชื่อมในแผนภาพ HT ที่สร้างจากเทคนิคบูทสเตรปมีสมาชิกในกลุ่ม (cluster) ปรากฏซ้ำตรงกับเส้นเชื่อมในแผนภาพ HT หลักที่ได้จากขั้นตอนที่ 8
 - 9.4 คำนวณค่าบูทสเตรป โดยใช้

$$\text{ค่าบูทสเตรป} = \frac{\text{จำนวนครั้งของเส้นเชื่อมที่สมาชิกในกลุ่มปรากฏตรงกับเส้นเชื่อมใน } HT \text{ หลัก}}{1,000}$$

10. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าบูทสเตรปของแผนภาพ HT ในข้อ 9 เพื่อเปรียบเทียบความแกร่งของแผนภาพ HT ทั้งวิธี ประกอบด้วย วิธี Single linkage วิธี Complete linkage และวิธี Average linkage
11. สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 8 ขั้นตอนดำเนินงานสำหรับเทคนิคบูทสเตรป
 (Bootstrap Technique)

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 โดยใช้วิธี Minimum Spanning Tree (MST) และวิธี Hierarchical Tree (HT) ที่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยการนำเสนอผลการวิจัยจะแบ่งเป็น 5 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และการวิเคราะห์ลำดับการจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Hierarchical Tree (HT)

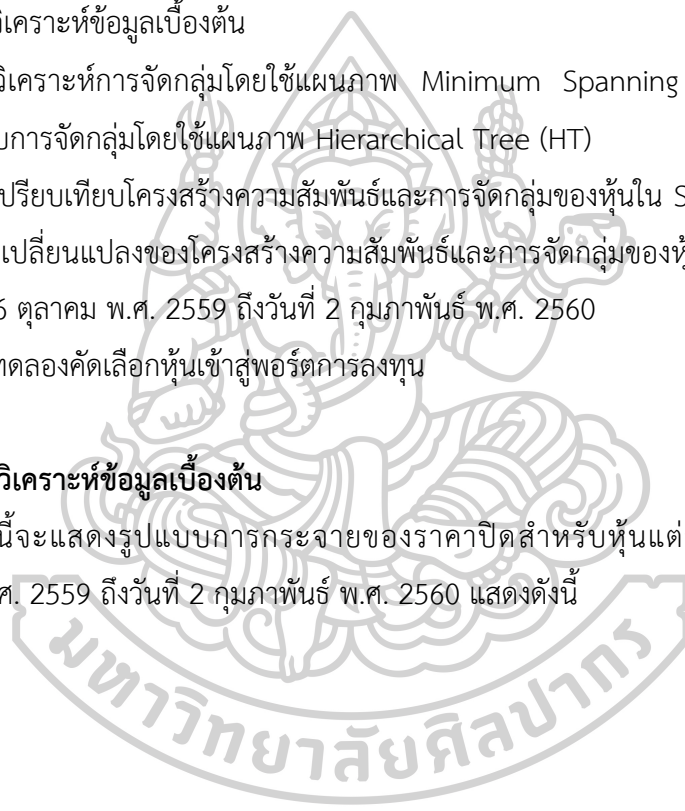
ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50

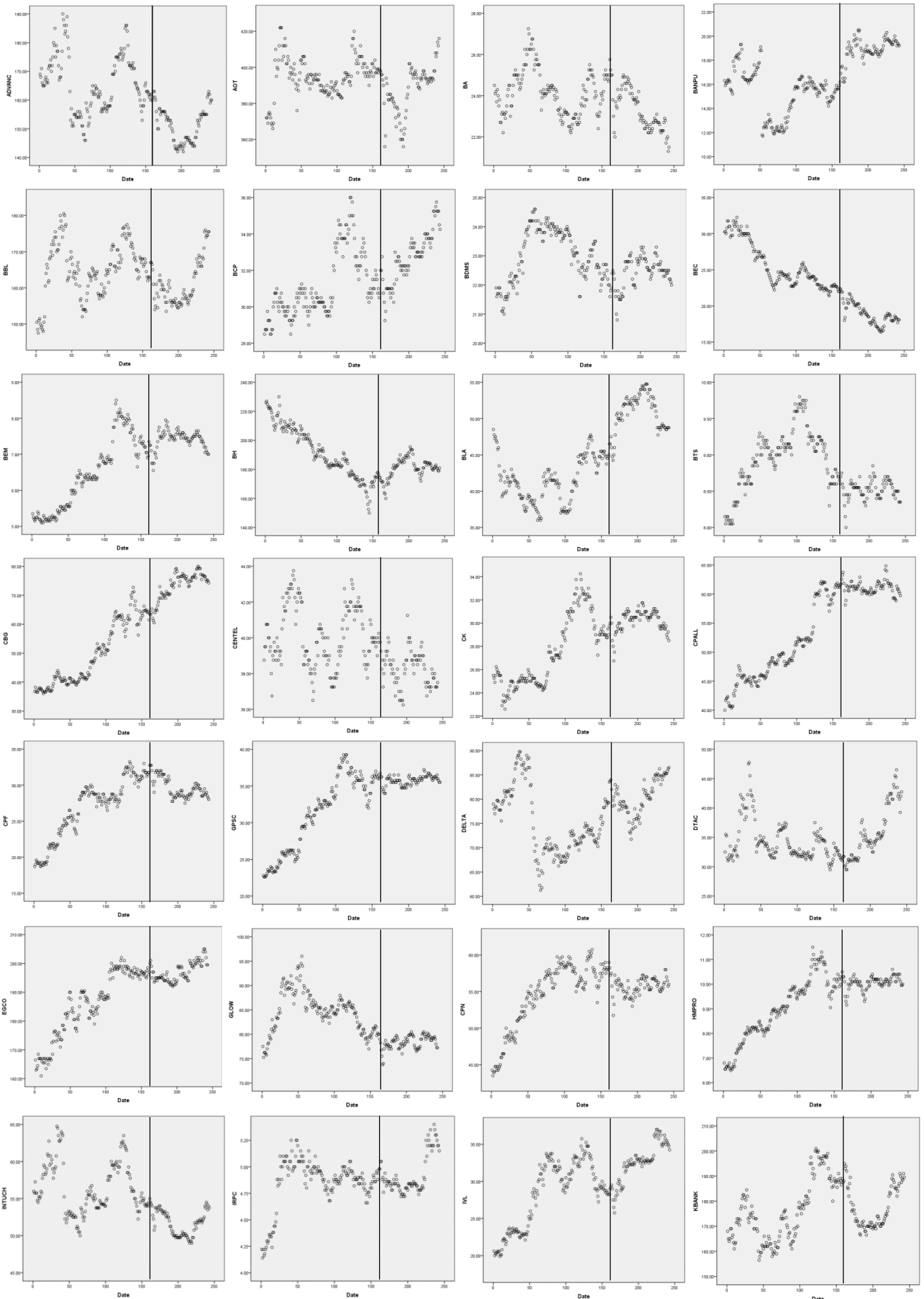
ส่วนที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ช่วงวิกฤตระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

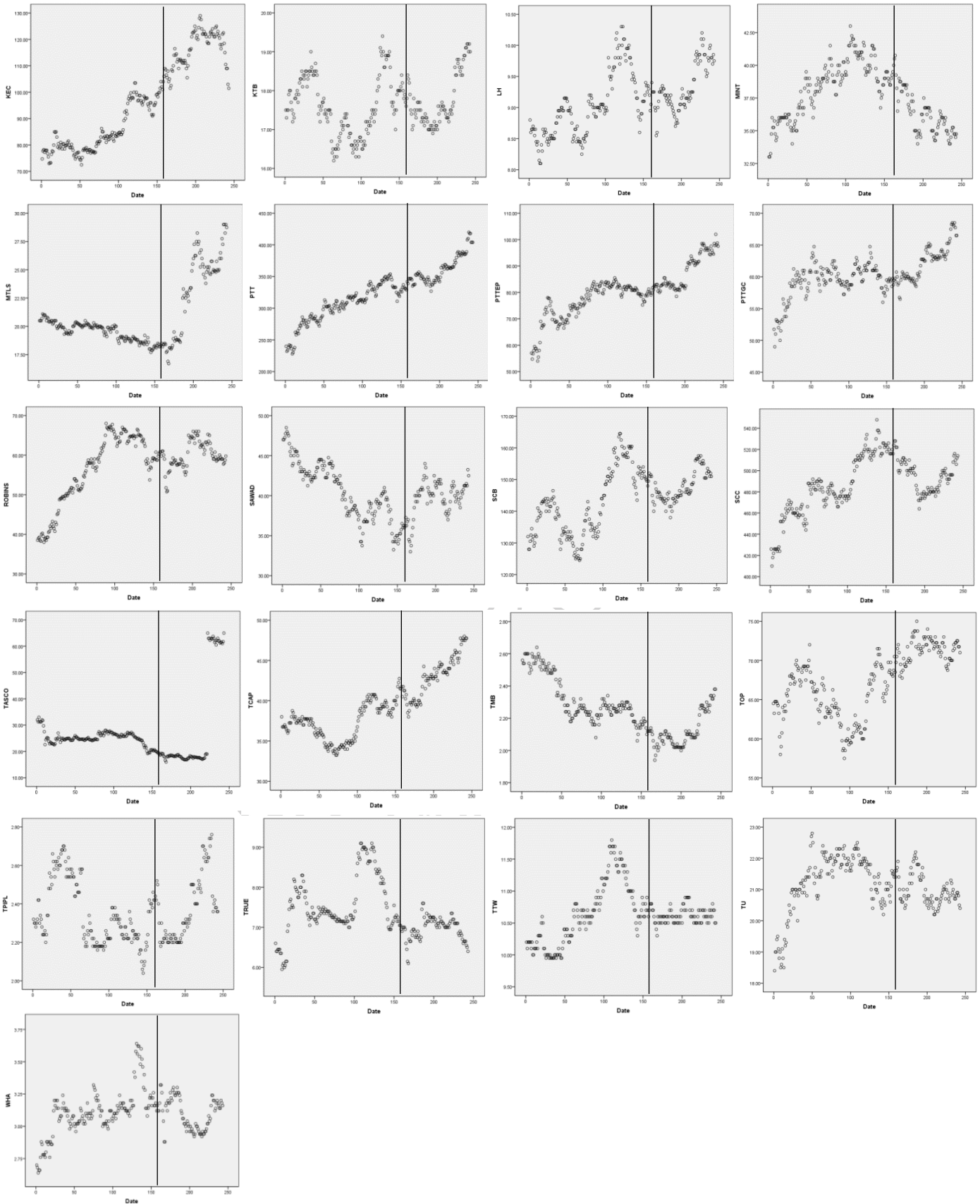
ส่วนที่ 5 การทดลองคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ส่วนนี้จะแสดงรูปแบบการกระจายของราคาปิดสำหรับหุ้นแต่ละหุ้น ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 แสดงดังนี้







ภาพที่ 9 Scatter plot ของราคาปิดของแต่ละหุ้นใน SET50
ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

ภาพที่ 9 แสดงแผนภาพการกระจายของราคาปิดของแต่ละหุ้น ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 พบว่าหุ้นหลายหุ้นมีรูปแบบการกระจายของราคาปิดในรูปแบบเดียวกัน โดยในช่วงแรกราคาปิดมีทิศทางเพิ่มขึ้นและค่อยๆลดลง แต่ช่วงหลังเดือนตุลาคม ราคาปิดหุ้นมีรูปแบบการกระจายที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีความผันแปรของราคาปิดเกิดขึ้นในหุ้นส่วนใหญ่ เนื่องจากตลาดหุ้นไทยในสัปดาห์ที่สองของเดือนตุลาคม SET Index มีความผันผวนสูงมากจากเหตุการณ์กังวลของนักลงทุนภายในประเทศ ซึ่งทำให้มีแรงขายหุ้นออกมามาก และปริมาณการซื้อขายสูงขึ้นมาก ก่อนการสูญเสียครั้งยิ่งใหญ่ของประเทศในการสวรรคตของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในวันที่ 13 ตุลาคม 2559 อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายสัปดาห์ได้มีแรงซื้อหุ้นจากนักลงทุนสถาบันเข้ามา และทำให้ตลาด Rebound กลับขึ้นในวันสิ้นสัปดาห์ [32] จากเหตุการณ์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาการกระจายของราคาปิดในช่วงวิกฤตระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 โดยเส้นตรงบนกราฟแสดงเส้นแบ่งของช่วงเวลา พบว่ารูปแบบการกระจายของราคาปิดของหุ้นหลายหุ้นมีทิศทางต่างจากช่วงเวลาก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤต โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะไม่มีแนวโน้ม (sideway) ดังนั้นจึงทำการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ช่วงวิกฤตระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ซึ่งได้แสดงไว้ในส่วนที่ 4 (การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ช่วงวิกฤต ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) และการวิเคราะห์ลำดับการจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Hierarchical Tree (HT)

จากการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 โดยใช้แผนภาพ Minimum Spanning Tree (MST) ที่ได้จาก Kruskal's Algorithm และแผนภาพ Hierarchical Tree (HT) ที่ใช้วิธีรวมกลุ่มที่แบบ Single linkage, Complete linkage และ Average linkage ได้แบ่งการวัดระยะห่างระหว่างหุ้นออกเป็น 2 กรณี คือ

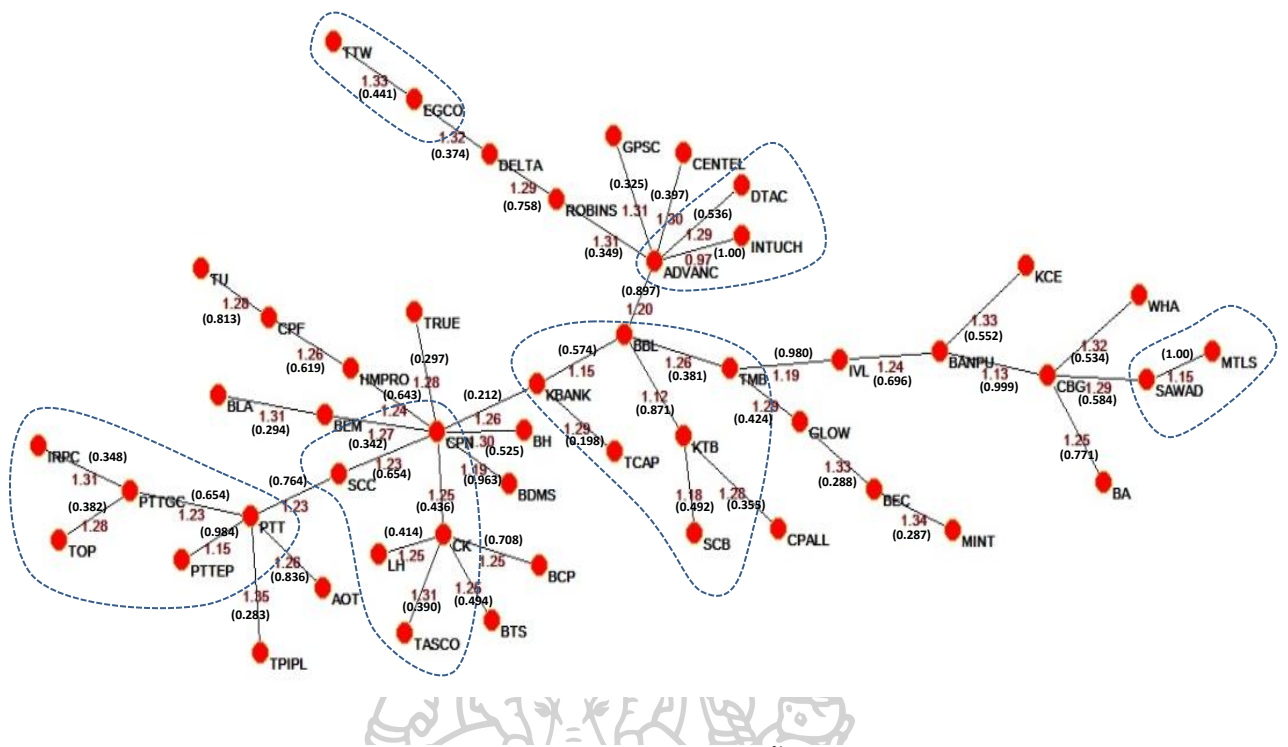
กรณีที่ 1: วัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขายของหุ้นแต่ละคู่ใน SET50

ตาราง 2 คู่ของหุ้นที่มีความสัมพันธ์สูงสุดและต่ำสุดแบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

ความสัมพันธ์สูงสุด				ความสัมพันธ์ต่ำสุด			
คู่ของหุ้น	RV_{ij}	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บุทสเตรป	คู่ของหุ้น	RV_{ij}	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บุทสเตรป
ADVANC-INTUCH	0.5283	0.9713	1.00	PTT-TPIPL	0.0854	1.3525	0.283
BBL-KTB	0.3742	1.1188	0.871	BEC-MINT	0.1044	1.3384	0.287
BANPU-CBG	0.3560	1.1349	0.999	BEC-GLOW	0.1118	1.3328	0.288
BBL-KBANK	0.3402	1.1349	0.574	BANPU-KCE	0.1165	1.3293	0.552
PTT-PTTEP	0.3374	1.1512	0.984	EGCO-TASCO	0.1204	1.3263	0.441
ค่าเฉลี่ยบุทสเตรป	0.565						

จากตาราง 2 จะเห็นคู่ของหุ้นมีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด 5 คู่อันดับแรก (มีสหสัมพันธ์สูงสุดหรือค่าระยะห่างสั้นสุด) โดยคู่ของหุ้นที่อยู่ในกลุ่ม เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ADVANC – INTUCH) เป็นคู่ที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV เท่ากับ 0.5283 ซึ่งถือว่าอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นทั้ง 2 หุ้นนี้มีความสัมพันธ์กันปานกลาง คือการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัว ถัดมาเป็นคู่ของหุ้นในกลุ่มธนาคาร (BBL-KTB) คู่ของหุ้นในกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม-กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (BANPU-CBG) คู่ของหุ้นในกลุ่มธนาคาร (BBL-KBANK) และคู่ของหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (PTT-PTTEP) ซึ่งเป็นหุ้นในเครือบริษัท ปตท. ส่วนหุ้นที่มีลักษณะคล้ายกันน้อยที่สุด 5 คู่อันดับ (มีสหสัมพันธ์น้อยสุดหรือค่าระยะห่างมากที่สุด) เป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจต่างกัน โดยคู่ของหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค-กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (PTT-TPIPL) เป็นคู่ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยสุด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV เท่ากับ 0.0854 ซึ่งถือว่าอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นทั้ง 2 หุ้นนี้มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก คือการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัวน้อย ถัดมาเป็นคู่หุ้นกลุ่มสื่อและสิ่งพิมพ์-กลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร (BEC-MINT) คู่หุ้นกลุ่มสื่อและสิ่งพิมพ์-กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (BEC-GLOW) คู่หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค-กลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (BANPU-KCE) และคู่หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค-หุ้นธุรกิจวัสดุก่อสร้างในกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ (EGCO-TASCO)



ภาพที่ 10 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวิเคราะห์ห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

- หมายเหตุ: 1. ตัวเลขบนเส้นเชื่อมแสดงค่าระยะห่างระหว่างหุ้นแต่ละคู่
2. ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าบุทสเตรปของเส้นเชื่อมระหว่างหุ้นแต่ละคู่

จากภาพที่ 10 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นกรณีวิเคราะห์ห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV โดยจุดแทนหุ้น ตัวเลขบนเส้นเชื่อมระหว่างหุ้นแทนระยะห่างและตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าบุทสเตรปของหุ้นแต่ละคู่ จาก MST จะเห็นการจัดกลุ่มของหุ้นมีลักษณะแบ่งเป็นประเภทของธุรกิจ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆได้ ดังนี้ กลุ่มธนาคารมีการเชื่อมต่อกันในทุกๆหุ้นที่อยู่ในกลุ่มประเภทธุรกิจนี้ ซึ่งมีระยะห่างการเชื่อมต่อในช่วง 1.12 ถึง 1.29 โดยหุ้น BBL เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม และการเชื่อมกันระหว่างหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูง โดยเส้นเชื่อมระหว่างหุ้น BBL-KTB มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในกลุ่มธุรกิจนี้ ค่าบุทสเตรป 0.871

กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง หุ้น SCC, CPN, CK, LH และTASCO มีการเชื่อมต่อกัน มีระยะห่างการเชื่อมต่อในช่วง 1.23 ถึง 1.31 โดยมีหุ้น CK เป็นหุ้นศูนย์กลางของกลุ่ม และการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือปานกลาง โดยเส้นเชื่อมระหว่างหุ้น CPN-SCC มีความน่าเชื่อถือสูงสุด ด้วยค่าบุทสเตรป 0.654 และมีการผสมผสานกับหุ้นในธุรกิจอื่นๆ เช่น หุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ ได้แก่ หุ้น BTS และBEM หุ้นกลุ่มการแพทย์ ได้แก่ หุ้น BH และหุ้น BDMS และหุ้นกลุ่มพาณิชย์ หุ้น HMPRO เป็นต้น

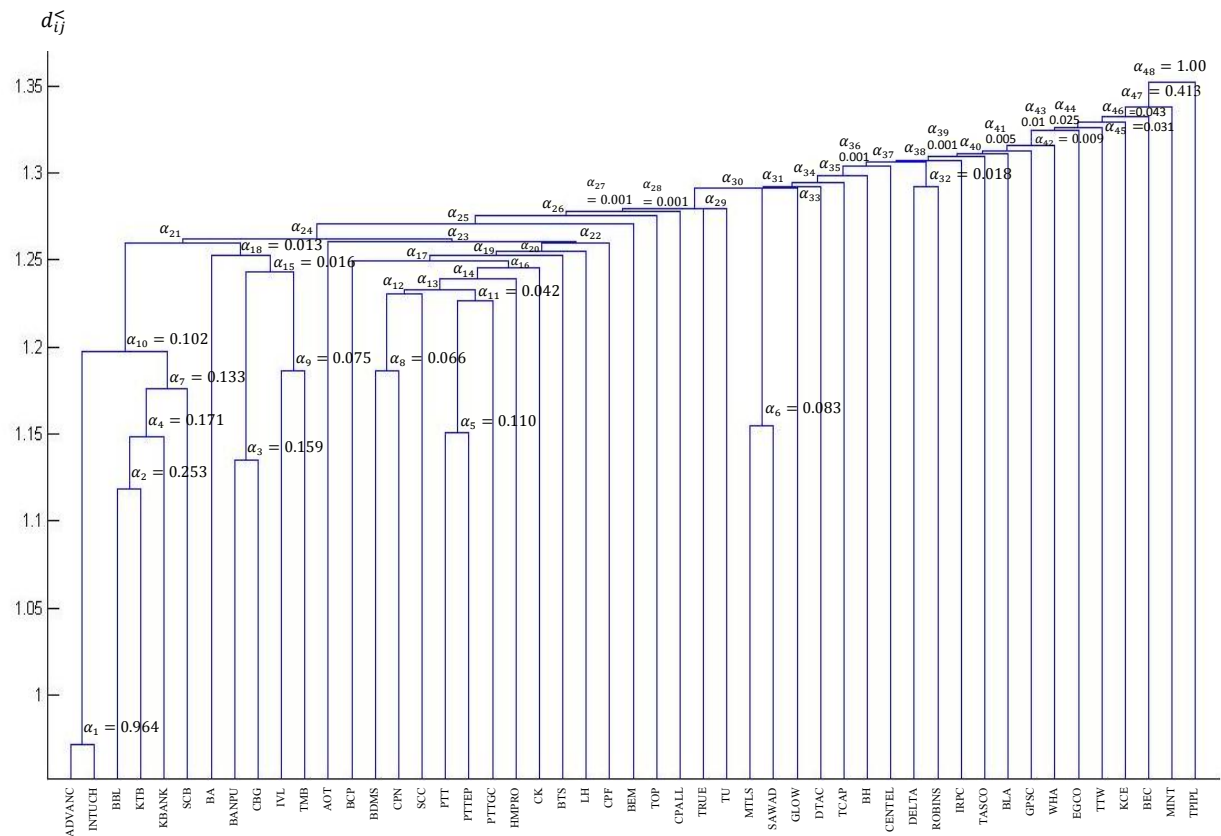
กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC

และ DTAC โดยหุ้น ADVANC-INTUCH มีการเชื่อมต่อกันด้วยระยะทางที่สั้นสุดและเส้นเชื่อมที่มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในเครือข่าย ค่าบุทสเตรป 1.00 และนั่นคือการเชื่อมต่อหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือมาก โดยหุ้น TRUE ไม่ได้รวมอยู่ในกลุ่ม

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) และกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และเคมีภัณฑ์ มีการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น PTT, PTTEP, PTTGC, TOP และ IRPC ด้วยความน่าเชื่อถือในการเชื่อมต่อสูง โดยหุ้น PTT-PTTEP เป็นเส้นเชื่อมที่มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในกลุ่ม ค่าบุทสเตรป 0.984 และพบว่าหุ้น PTTGC ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ มีการเชื่อมต่อกับหุ้น PTT-PTTEP เนื่องจากเป็นหุ้นที่อยู่ในเครือบริษัท ปตท. เหมือนกันจึงมีความสัมพันธ์กันโดยตรง และหุ้นพลังงานอื่นๆ EGCO-TTW ถูกเชื่อมต่อกันด้วยความน่าเชื่อถือในการเชื่อมปานกลาง ค่าบุทสเตรป 0.457 โดยหุ้น BANPU ซึ่งเป็นพลังงานถ่านหิน และหุ้น GLOW ซึ่งเป็นหุ้นโรงผลิตไฟฟ้าถูกแยกออกจากหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค

นอกจากนี้พบว่า การเชื่อมต่อของหุ้นที่น่าสนใจคือ กลุ่มธุรกิจการเงินและหลักทรัพย์ มีการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น MTL-SAWAD ด้วยความน่าเชื่อถือในการเชื่อมต่อสูงที่สุด ค่าบุทสเตรป 1.00 โดยแผนภาพ MST กรณีวัดระยะทางบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมโยงปานกลาง ค่าเฉลี่ยบุทสเตรป 0.565





ภาพที่ 11 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

หมายเหตุ: α_i แทนค่าบุทสเตรปของการเชื่อมต่อหุ้นในลำดับที่ $i; i = 1, 2, \dots, 48$

จากภาพที่ 11 แสดงแผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV โดยจากผลการวิเคราะห์ พบว่าแผนภาพ HT ที่ใช้วิธีการรวมกลุ่มแบบ Single linkage, Complete linkage และ Average linkage มีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นเหมือนกัน ดังนั้นในที่นี้จึงแสดงเพียงหนึ่งแผนภาพ โดยหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น ADVANC และ INTUCH เชื่อมต่อกันเป็นลำดับแรกของเครือข่าย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในลำดับนี้อย่างมาก ค่าบุทสเตรป 0.964 ($\alpha_1 = 0.964$) ส่วนหุ้น TRUE และหุ้น DTAC มีการเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มนี้ในลำดับหลังที่ไกลออกไปมาก (ลำดับที่ 28 และ 33 ตามลำดับ)

กลุ่มธนาคาร จะเห็นการเชื่อมต่อระหว่างหุ้นของธนาคารขนาดใหญ่ก่อน โดยหุ้น BBL, KTB, KBANK และ SCB มีการเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นในลำดับที่ 2, 4 และ 7 บนเครือข่าย ด้วยความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในแต่ละอยู่ขั้นเท่ากับ 0.253 (α_2), 0.171 (α_4) และ 0.133 (α_7) หลังจากนั้นจึงมีการเชื่อมต่อกับธนาคารขนาดเล็กในลำดับที่ไกลขึ้น ซึ่งหุ้น TMB และหุ้น TCAP ถูกเชื่อมเข้ากลุ่มในลำดับที่ไกลออกไปมาก

กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง หุ้น CPN และSCC ถูกเชื่อมต่อกันก่อนในลำดับที่ 12 หุ้น CK และหุ้น LH ถูกเชื่อมต่อเข้ากลุ่มในลำดับ 16 และ 20 ตามลำดับ สำหรับหุ้นTASCO, WHA และTPIPL ถูกเชื่อมต่อเข้ากลุ่มในลำดับท้ายที่ไกลมาก นั่นคือมีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ค่อนข้างมาก

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค หุ้น PTT และPTTEP ถูกเชื่อมต่อกันก่อนในลำดับที่ 5 ด้วยค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในลำดับนี้ ด้วยค่าบุทสเตรป 0.110 จากนั้นจึงเชื่อมต่อหุ้น PTTGC ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ที่มีการเชื่อมต่อกับหุ้น PTT และ PTTEP โดยตรงในลำดับที่ 11 ด้วยค่าบุทสเตรป 0.042 (α_{11}) เนื่องจากเป็นหุ้นที่อยู่ในเครือบริษัท ปตท. เหมือนกัน และเชื่อมกับหุ้น TOP ในลำดับ 26 สำหรับหุ้น GLOW, IRPC, GPSC, EGCO และ TTW ถูกเชื่อมต่อในลำดับท้ายๆที่ไกลจากกลุ่มค่อนข้างมาก ในลำดับ 31 38 41 43 และ 44 ตามลำดับ

กลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ หุ้น MTLs และSAWAD ถูกเชื่อมต่อกันในลำดับที่ 6 ด้วยความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อหุ้นในลำดับนี้ค่อนข้างน้อย ค่าบุทสเตรป 0.083 (α_6)

นอกจากนั้นหุ้นกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม กลุ่มพาณิชย์ กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ มีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันค่อนข้างมาก ซึ่งจะไม่แสดงการเชื่อมต่อแบบลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง

กรณีที่ 2: วัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 บนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (Symbolization methods)

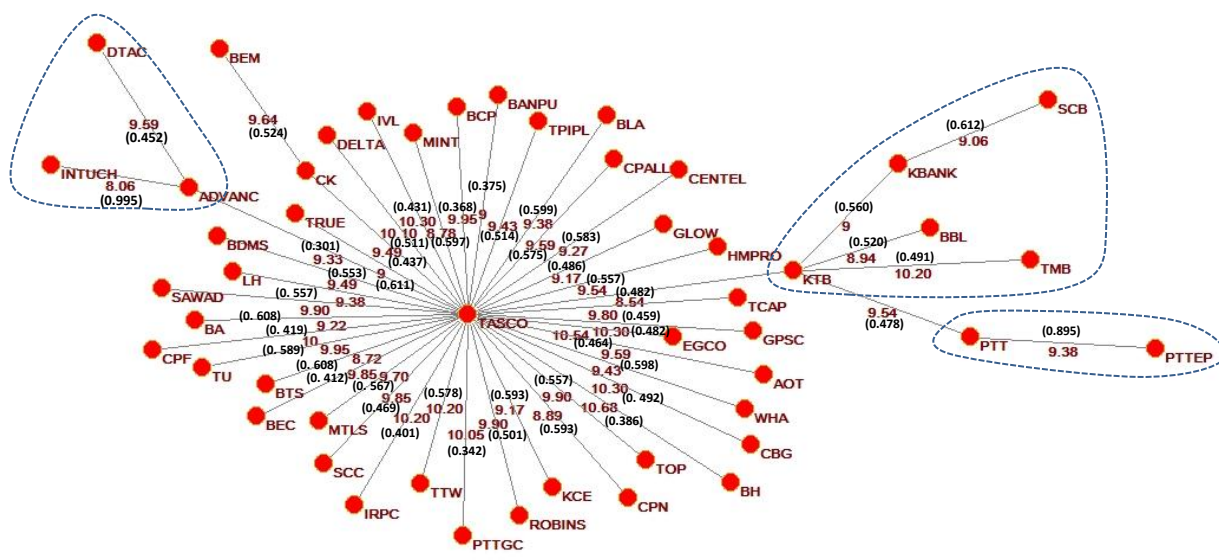
จากการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งแบ่งการแปลงข้อมูลออกเป็น 3 วิธี

วิธีที่ 1: พิจารณาจากอนุกรมอัตราผลตอบแทนควบคู่กับลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน

ตาราง 3 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1

ระยะห่างสูงสุด			ระยะห่างต่ำสุด		
คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บูทสเตรป	คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บูทสเตรป
ADVANC - INTUCH	8.0623	0.995	BH - TESCO	10.6771	0.387
KTB - TESCO	8.544	0.482	EGCO - TESCO	10.5357	0.482
BTS - TESCO	8.7178	0.608	IVL - TESCO	10.2956	0.431
MINT - TESCO	8.775	0.597	GPSC - TESCO	10.2956	0.459
CPN - TESCO	8.888	0.593	CBG - TESCO	10.2956	0.492
ค่าเฉลี่ยบูทสเตรป				0.529	

จากตารางที่ 3 จะเห็นคู่ของหุ้นมีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด 5 คู่อันดับแรก โดยคู่ของหุ้นที่อยู่ในกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ADVANC –INTUCH) เป็นคู่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด เช่นเดียวกับกรณีกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV โดยระยะห่างในการเชื่อมต่อเท่ากับ 8.0623 นั่นคืออัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นทั้ง 2 หุ้นนี้มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในเครือข่าย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัว และการเชื่อมต่อนี้มีความน่าเชื่อถือในเส้นเชื่อมสูงสุด ด้วยค่าบูทสเตรป 0.995 ถัดมาหุ้น TESCO ซึ่งเป็นหุ้นในกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง มีการเชื่อมกับหุ้นกลุ่มประเภทธุรกิจอื่น ประกอบด้วยหุ้น KTB, BTS, MINT และ CPN ตามลำดับ ส่วนหุ้นที่มีลักษณะคล้ายกันน้อยที่สุด 5 คู่อันดับ โดยเป็นคู่ของหุ้นที่มีความสัมพันธ์กันน้อยสุดและมักพบว่าเป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจต่างกัน ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัวค่อนข้างน้อย ซึ่งหุ้น TESCO จะเชื่อมต่อกับหุ้น BH, EGCO, IVL, GPSC และ CBG ซึ่งจะเห็นว่าหุ้น TESCO มีการเชื่อมต่อกับหุ้นอื่นๆหลายหุ้น นั่นคือหุ้น TESCO เป็นหุ้นศูนย์กลางในเครือข่าย

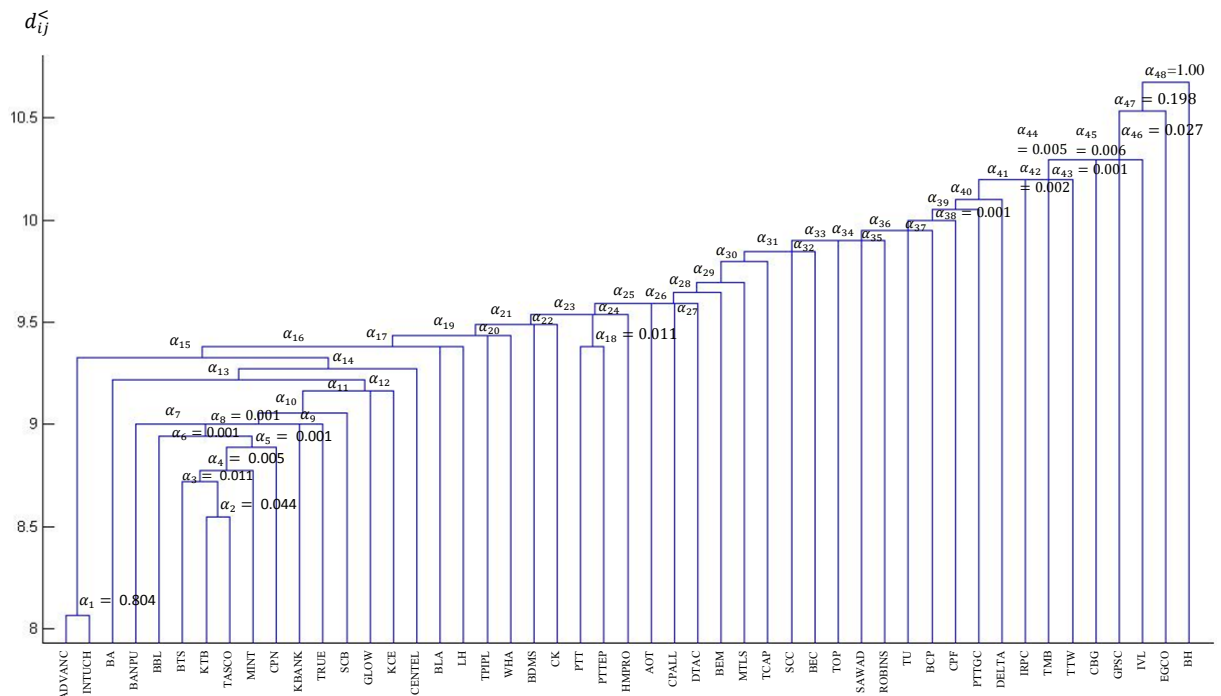


ภาพที่ 12 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1

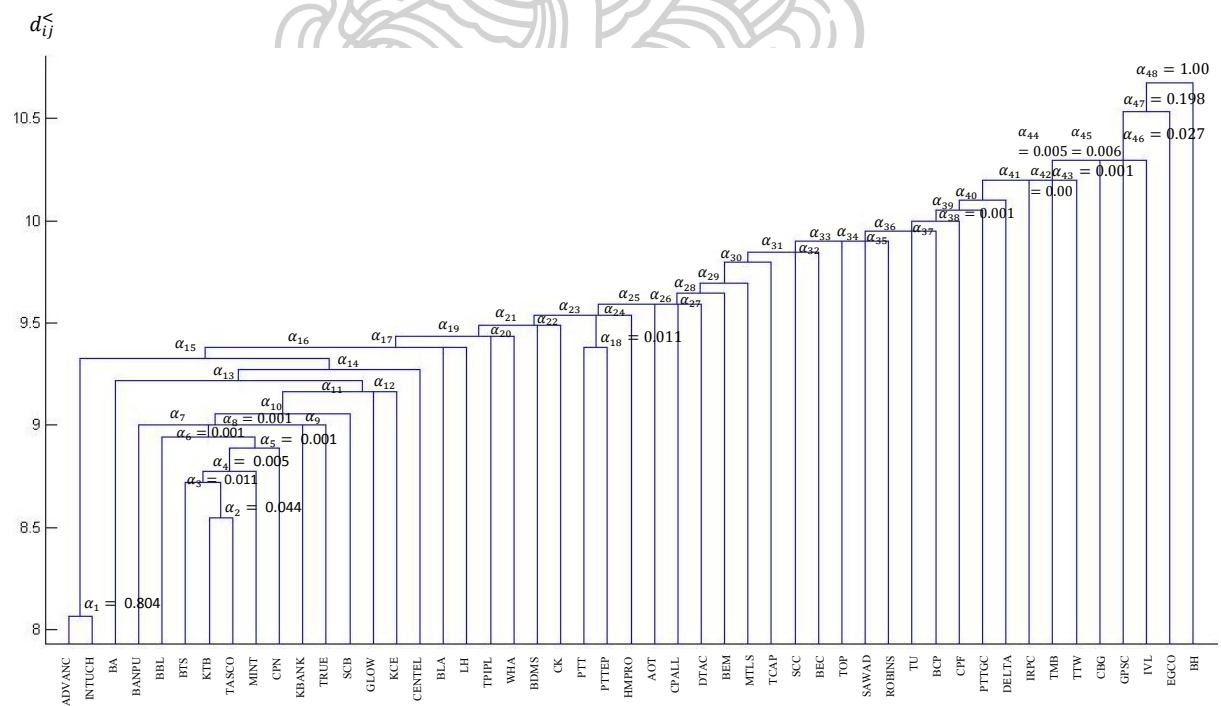
จากภาพที่ 12 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 พบว่าการจัดกลุ่มของหุ้นมีลักษณะรวมกันเป็นกลุ่มมาก มีหุ้น TASCO เป็นหุ้นศูนย์กลางที่มีหุ้นจำนวนมากเชื่อมต่อกับหุ้นนี้ นั่นคือเครือข่ายมีความเป็นศูนย์รวมมาก และมีการจัดกลุ่มของบางหุ้นที่แบ่งเป็นประเภทของธุรกิจ คือหุ้นกลุ่มธนาคาร มีการจัดกลุ่มรวมกัน โดยหุ้น KTB เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม และการเชื่อมต่อระหว่างหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือปานกลาง โดยเส้นเชื่อมระหว่างหุ้น KBANK-KTB มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในกลุ่มธุรกิจนี้ ด้วยค่าบูทสเตรป 0.612

กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC และ DTAC โดยหุ้น ADVANC-INTUCH มีการเชื่อมต่อกันด้วยระยะห่างที่สั้นสุดในเครือข่ายและมีเส้นเชื่อมที่มีความน่าเชื่อถือสูงสุด ค่าบูทสเตรป 0.995

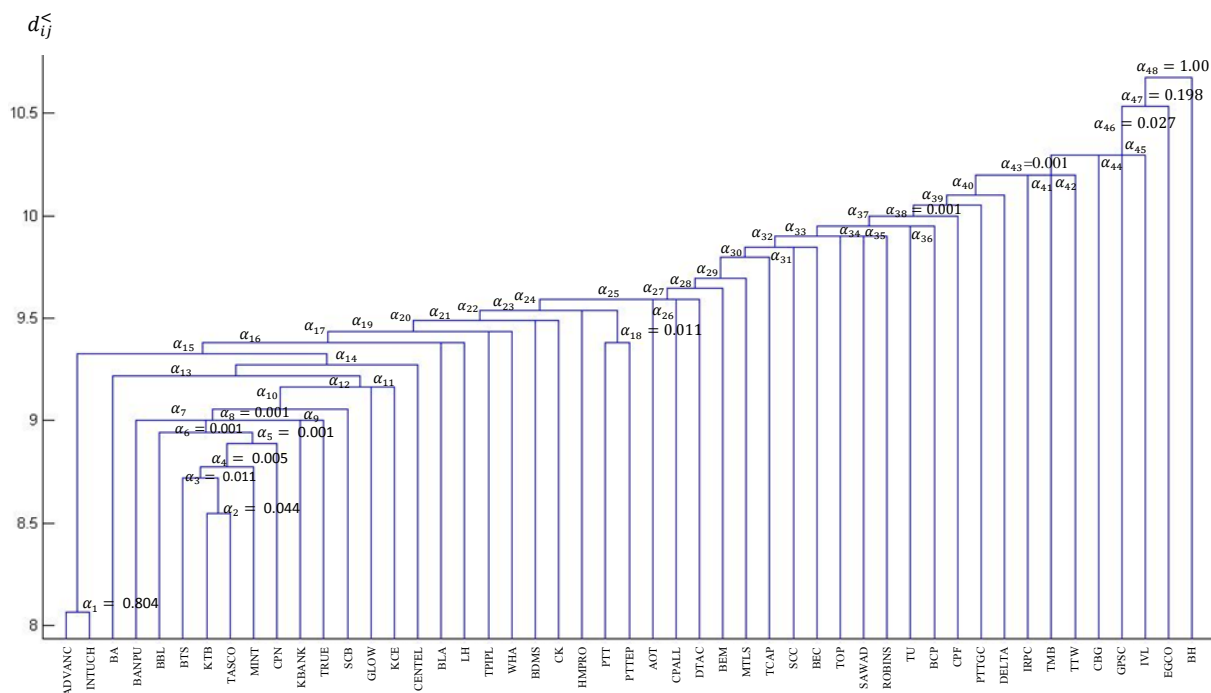
กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภคมีหุ้นที่เชื่อมต่อกันเพียง 2 หุ้น คือระหว่างหุ้น PTT-PTTEP มีความน่าเชื่อถือในเส้นเชื่อมสูงมาก ด้วยค่าบูทสเตรป 0.895 และจะเห็นได้ว่าหุ้นกลุ่มนี้มีการกระจายการเชื่อมต่อของหุ้นมาก นั่นคือหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค มีการเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธุรกิจอื่นมากกว่าเชื่อมภายในประเภทธุรกิจเดียวกัน และพบว่า MST กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมโยงปานกลาง ค่าเฉลี่ยบูทสเตรป 0.529 และเนื่องจากหุ้น TASCO เป็นหุ้นศูนย์กลางของเครือข่ายที่มีหุ้นจำนวนมากเชื่อมต่อกับหุ้นนี้ ซึ่งแยกกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ้นได้ไม่ชัดเจน ทำให้ยากต่อการตัดสินใจกระจายการลงทุน และยากต่อการคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน



(a) HT วิธี Single linkage



(b) HT วิธี Complete linkage



(c) HT วิธี Average linkage

ภาพที่ 13 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 1

จากภาพที่ 13 (a), (b), และ(c) แทนแผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage, Complete linkage และ Average linkage ตามลำดับ โดยทั้ง 3 วิธีมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นที่คล้ายคลึงกัน โดยแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage มีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นแต่ละชั้นเหมือนกัน โดยหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น ADVANC และINTUCH เชื่อมต่อกันเป็นลำดับแรกของเครือข่าย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อหุ้นในลำดับนี้อย่างมาก ค่าบุทสเตรป 0.804 (α_1) แต่หุ้น TRUE และDTAC ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธุรกิจอื่นก่อนที่จะเชื่อมกับหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในลำดับที่ 15 และ 27

กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์และวัสดุก่อสร้าง หุ้น TASC0 ถูกเชื่อมต่อกับหุ้น KTB ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มธนาคารในลำดับการเชื่อมโยงลำดับที่ 2 ด้วยความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อที่น้อย ค่าบุทสเตรปเท่ากับ 0.044 ก่อนที่จะเชื่อมต่อกับหุ้น CPN ในลำดับที่ 5 และถัดมาหุ้น LH, TPIPL WHA และ CK ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธุรกิจอื่นก่อนที่จะเชื่อมกับหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้างในลำดับที่ 17, 19, 20 และ 22 จากนั้นจึงมีการผสมผสานลำดับการเชื่อมต่อกับหุ้น SCC ภายหลังในลำดับที่ไกล ลำดับที่ 31

กลุ่มธนาคารมีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อกันของทุกๆหุ้นในกลุ่มธุรกิจนี้ ซึ่งไม่ได้เชื่อมต่อกันเป็นลำดับชั้นแบบต่อเนื่อง แต่จะค่อยๆมีการผสมผสานลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธนาคารนี้ โดยหุ้น KTB เชื่อมกับหุ้น BBL, KBANK, SCB, TCAP, และTMB ในลำดับที่ 6, 8, 10, 30 และ 42 ตามลำดับ

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค หุ้น PTT และPTTEP ถูกเชื่อมต่อกันในลำดับที่ 18 ด้วยความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อน้อย ค่าบูทสเตรปเท่ากับ 0.011 และมีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ค่อนข้างมาก

นอกจากนั้น หุ้นกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม กลุ่มพาณิชย์ กลุ่มขนส่ง และโลจิสติกส์ กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ มีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันค่อนข้างมาก ซึ่งจะไม่แสดงการเชื่อมต่อแบบลำดับชั้นอย่างต่อเนื่องกัน

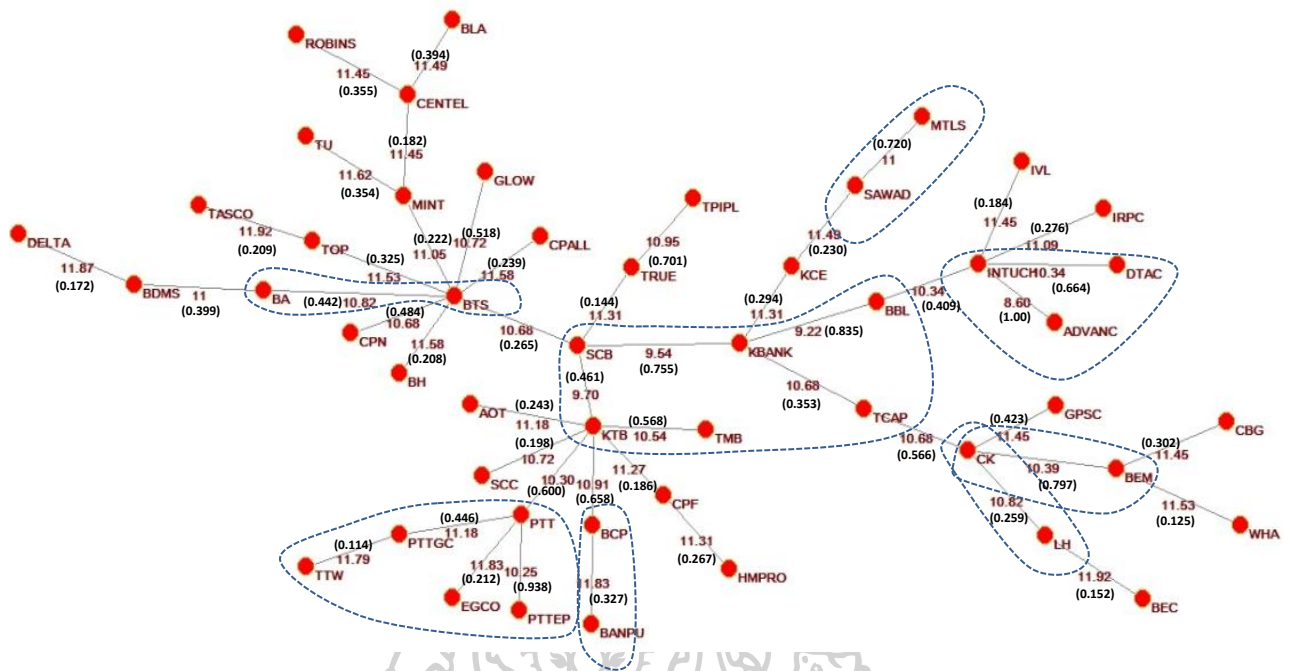
แผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage แสดงลำดับการจัดกลุ่มที่คล้ายคลึงกับวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และComplete linkage นั่นคือในช่วงแรกจะแสดงลำดับการจัดกลุ่มที่เหมือนกัน นั่นคือหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น ADVANC และINTUCH เชื่อมต่อกันเป็นลำดับแรกของเครือข่าย หุ้น TRUE และDTAC ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธุรกิจอื่นก่อนที่จะเชื่อมกับหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในลำดับหลัง และกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง มีการเชื่อมต่อเช่นเดียวกับวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และComplete linkage แต่แตกต่างกันที่ลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นบางคู่ เช่น บนแผนภาพ HT วิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น TU กับหุ้น BCP (TU-BCP) ในลำดับที่ 36 ก่อนที่จะไปเชื่อมกับหุ้นอื่นๆในลำดับที่ 37 เช่นเดียวกับหุ้น IRPC-TMB-TTW และ CBG-GPSC-IVL ที่แสดงลำดับการเชื่อมแตกต่างจากวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage

วิธีที่ 2: พิจารณาจากอนุกรมอัตราผลตอบแทนควบคู่กับลอการิทึมปริมาณการซื้อขายและภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน

ตาราง 4 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

ระยะห่างสูงสุด			ระยะห่างต่ำสุด		
คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บูทสเตรป	คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บูทสเตรป
ADVANC-INTUCH	8.6023	1.00	TASCO-TOP	11.9164	0.209
BBL-KBANK	9.2195	0.835	BEC-LH	11.9164	0.152
KBANK-SCB	9.5394	0.755	BDMS-DELTA	11.8743	0.172
KTB-SCB	9.6954	0.461	EGCO-PTT	11.8322	0.212
PTT-PTTEP	10.247	0.938	BANPU-BCP	11.8322	0.327
ค่าเฉลี่ยบูทสเตรป			0.400		

จากตารางที่ 4 จะพบคู่ของหุ้นมีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด 5 คู่อันดับแรก โดยคู่หุ้นที่มีความสัมพันธ์กันสูงจะเป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจเดียวกัน ประกอบด้วยหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ADVANC-INTUCH) เป็นคู่ที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด เช่นเดียวกับ 2 กรณีแรก มีค่าระยะห่างเท่ากับ 8.6023 นั่นคืออัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นทั้ง 2 หุ้นนี้มีความสัมพันธ์สูงสุดในเครือข่าย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัวมากที่สุด ถัดมาเป็นคู่ของหุ้นในกลุ่มธนาคาร คือ (BBL-KBANK) , (KBANK-SCB) และ (KTB-SCB) และคู่หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (PTT-PTTEP) ส่วนหุ้นที่มีลักษณะคล้ายกันน้อยที่สุด 5 คู่อันดับ จะเป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจต่างกัน โดยหุ้น TASCO (กลุ่มวัสดุก่อสร้าง) จะเชื่อมต่อกับหุ้น TOP (กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค) นั่นคืออัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นทั้ง 2 หุ้นนี้มีความสัมพันธ์น้อยสุดในเครือข่าย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลตอบแทนและปริมาณการซื้อขายของหุ้นตัวหนึ่งจะส่งผลกับหุ้นอีกตัวน้อยที่สุด และคู่ของหุ้นกลุ่มสื่อสิ่งพิมพ์-กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (BEC-LH) เชื่อมต่อกันด้วยระยะห่างที่มากที่สุด 11.9164 ถัดมาเป็นคู่ของหุ้นกลุ่มการแพทย์-กลุ่มเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (BDMS-DELTA) และคู่หุ้นกลุ่มพลังงานน้ำมันและโรงกลั่นกับกลุ่มพลังงานประเภทอื่นๆ ((EGCO-PTT), (BANPU-BCP))



ภาพที่ 14 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

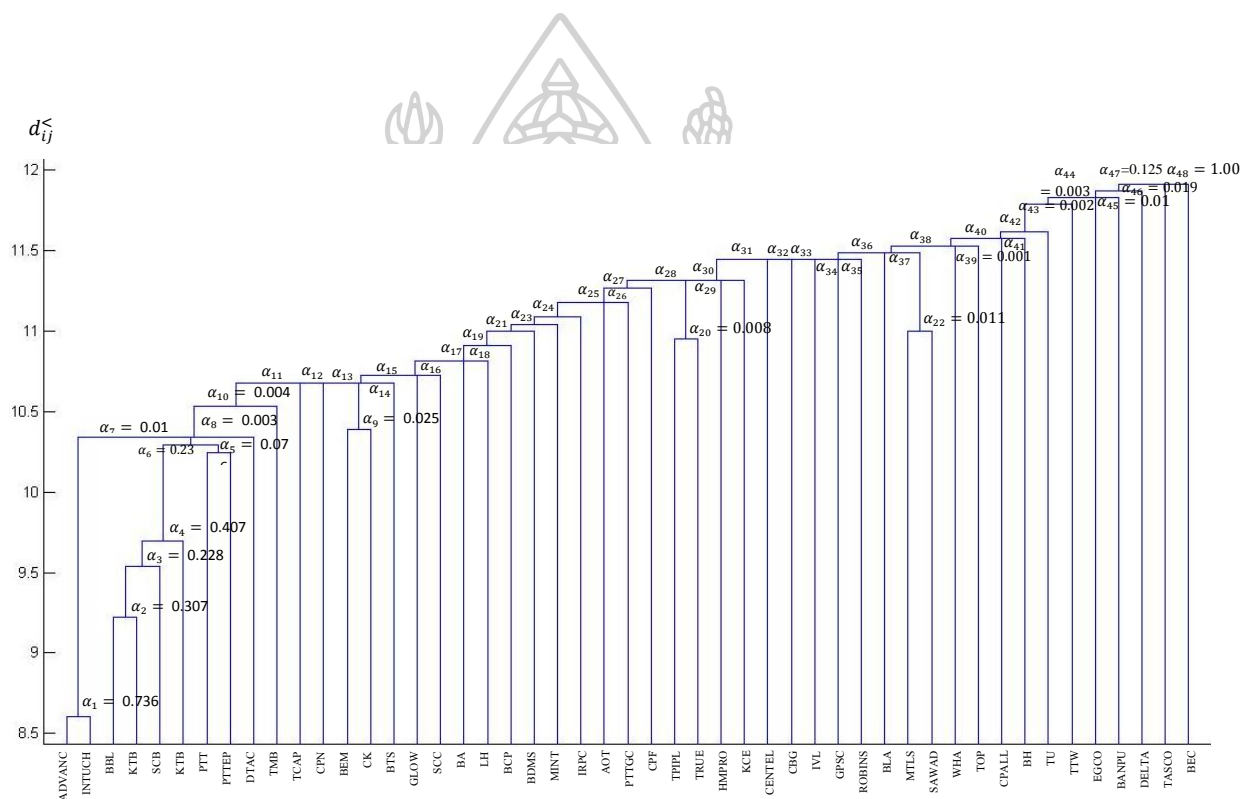
จากภาพที่ 14 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 จะเห็นการจัดกลุ่มของหุ้นที่มีลักษณะแบ่งเป็นประเภทของธุรกิจ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆ ได้ ดังนี้ กลุ่มธนาคารมีการจัดกลุ่มในกลุ่มเดียวกันทั้งหมด โดยหุ้น KBANK เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม และการเชื่อมต่อหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างมากโดยเส้นเชื่อมระหว่างหุ้น BBL-KBANK มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในธุรกิจนี้ ด้วยค่าบุทสเตรป 0.835

กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC, และ DTAC โดยหุ้น ADVANC-INTUCH มีการเชื่อมต่อกันด้วยระยะห่างที่สั้นที่สุดและเส้นเชื่อมมีความน่าเชื่อถือสูงสุดในเครือข่าย ค่าบุทสเตรป 1.00 โดยการเชื่อมต่อหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างมาก โดยหุ้น TRUE ไม่ได้รวมอยู่ในกลุ่มการเชื่อมต่อ

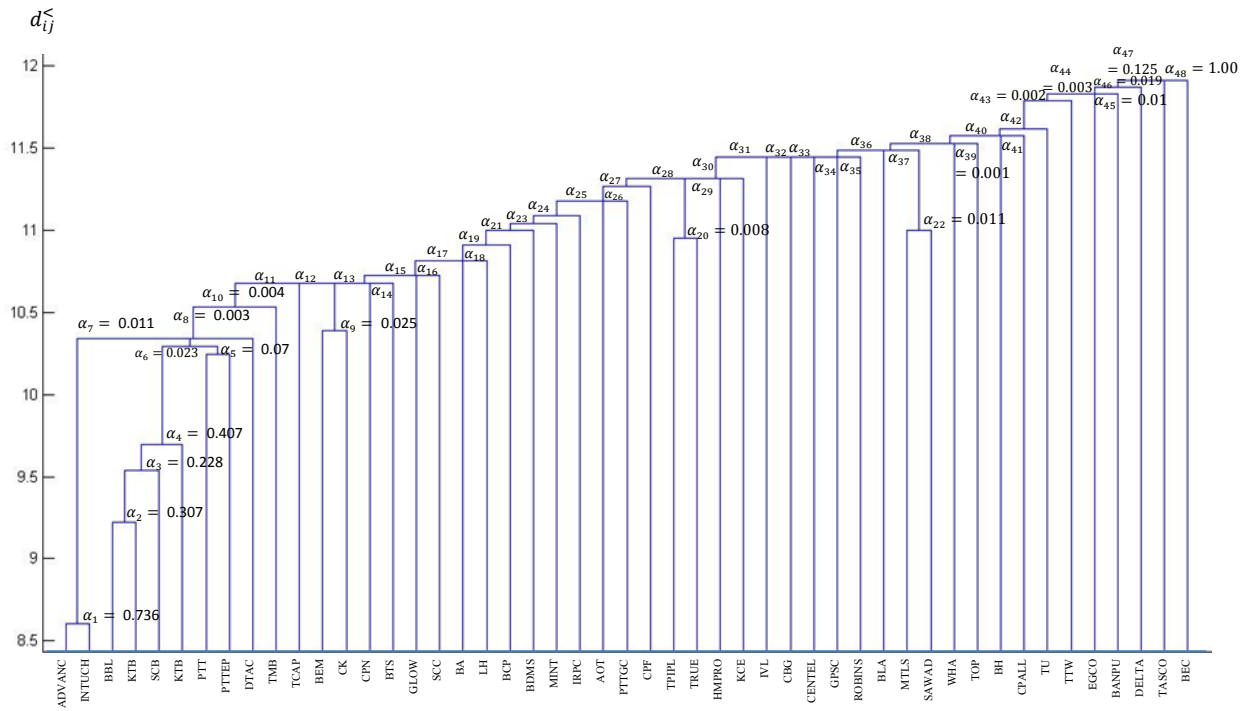
กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค ซึ่งแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น PTT, PTTEP, EGCO, PTTGC และ TTW โดยหุ้น PTT เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม และเส้นเชื่อม PTT-PTTEP มีความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมสูงสุดในกลุ่ม ค่าบุทสเตรป 0.938 ซึ่งการเชื่อมต่อหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างมาก และพบว่าหุ้น PTTGC ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์มีการเชื่อมต่อกับหุ้น PTT-PTTEP เนื่องจากเป็นหุ้นที่อยู่ในเครือบริษัท ปตท. เหมือนกันจึงมีความสัมพันธ์กันโดยตรง และกลุ่มสอง มีการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น BCP และ BANPU

นอกจากนั้นพบว่า การเชื่อมต่อของหุ้นที่น่าสนใจคือ กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์และวัสดุก่อสร้าง มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น CK-LH ด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมที่ค่อนข้างน้อย ค่า

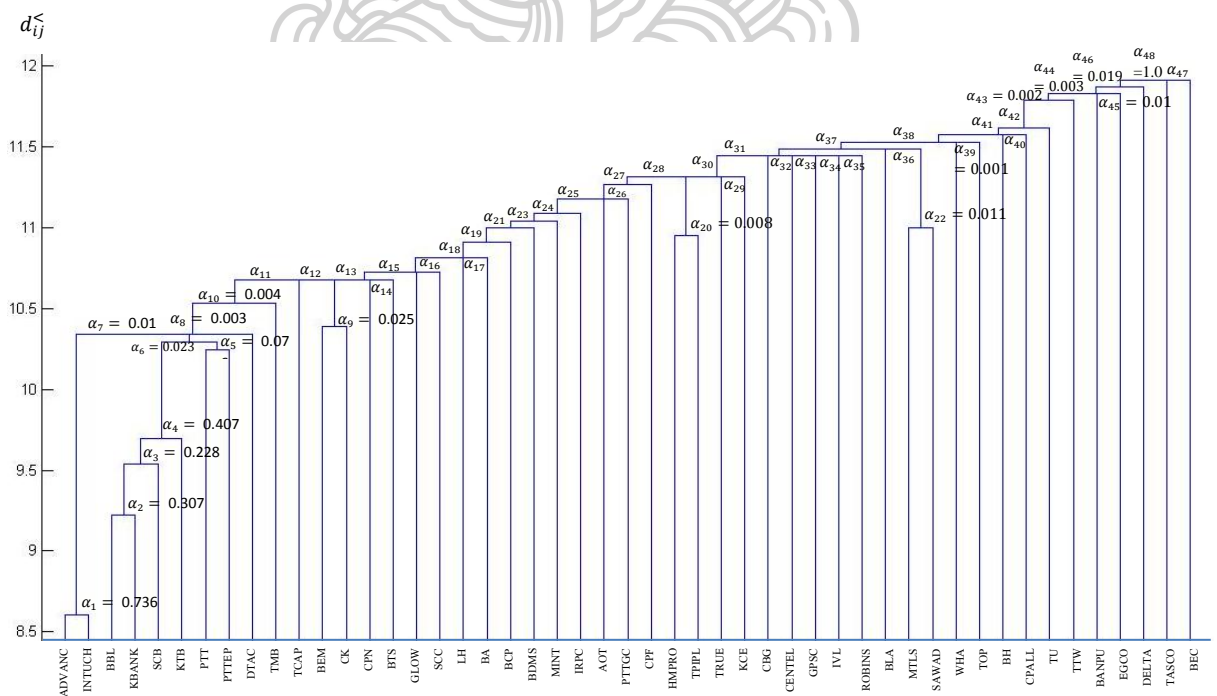
บุทสเตรป 0.259 กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น BA-BTS ด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมปานกลาง ค่าบุทสเตรป 0.442 กลุ่มธุรกิจการเงินและหลักทรัพย์ มีการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น MTL-SAWAD และมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กับหุ้น BEM ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ เนื่องจาก CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) โดยแผนภาพ MST นี้มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมโยงค่อนข้างปานกลาง ค่าเฉลี่ยบุทสเตรป 0.400



(a) HT วิธี Single linkage



(b) HT วิธี Complete linkage



(c) HT วิธี Average linkage

ภาพที่ 15 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

จากภาพที่ 15 (a), (b), และ(c) แทนแผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage, Complete linkage และ Average linkage ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 วิธีมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นที่คล้ายคลึงกัน โดยแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage มีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นส่วนมากเหมือนกัน โดยหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น ADVANC และ INTUCH เชื่อมต่อกันเป็นลำดับแรกๆของเครือข่าย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในลำดับนี้อย่างมาก ค่าบุทสเตรป 0.736 (α_1) ส่วนหุ้น DTAC ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธนาคาร และกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภคก่อนเชื่อมกับหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในลำดับที่ 8 ด้วยค่าบุทสเตรป 0.003 (α_8) สำหรับหุ้น TRUE ถูกเชื่อมกับหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ในลำดับที่ 28 ซึ่งอยู่ไกลออกไปมาก

กลุ่มธนาคาร หุ้นธนาคารขนาดใหญ่ หุ้น BBL, KBANK, SCB และ KTB มีการเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นในลำดับต้นๆของเครือข่าย โดยหุ้น BBL-KTB เชื่อมกันเป็นลำดับที่ 2 ด้วยความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในลำดับขั้นนี้ค่อนข้างน้อย ค่าบุทสเตรป 0.307 (α_2) จากนั้นมีการเชื่อมต่อกับหุ้น SCB และ KTB ในลำดับที่ 3 และ 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นหุ้นธนาคารขนาดเล็ก TMB และ TCAP ถูกเชื่อมต่อในลำดับที่ไกลออกไป (ลำดับที่ 10 และ 11 ตามลำดับ)

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภคและกลุ่มปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ หุ้น PTT และ PTTEP ถูกเชื่อมต่อกันก่อนในลำดับแรกๆของเครือข่ายในลำดับที่ 5 ซึ่งมีค่าบุทสเตรปเท่ากับ 0.070 (α_5) และจากนั้นมีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ค่อนข้างมาก โดยหุ้น PTT-PTTEP จะเชื่อมต่อกับหุ้น GLOW, BCP, IRPC, PTTGC, GPSC, TOP, TTW, EGCO และ BANPU ในลำดับที่ 15, 19, 24, 26, 34, 39, 43, 44 และ 45 ตามลำดับ

กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง ประกอบด้วยหุ้น CPN, CK, SCC, LH, TPIPL, WHA และ TASC0 มีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของทุกๆหุ้นในกลุ่มธุรกิจนี้ค่อนข้างมาก ซึ่งไม่ได้เชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นแบบต่อเนื่อง แต่ค่อยๆมีการผสมผสานลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ ซึ่งหุ้นกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อกันในลำดับที่ 13, 16, 18, 28, 38 และ 47 และหุ้นกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ หุ้น MTLs และ SAWAD ถูกเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นในลำดับที่ 22 มีค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อในลำดับนี้เท่ากับ 0.011 (α_{22})

นอกจากนั้น หุ้นกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม กลุ่มพาณิชย์ และกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ มีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันค่อนข้างมาก ซึ่งจะไม่แสดงการเชื่อมต่อแบบลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องกัน

โดยแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage มีการเชื่อมต่อของหุ้นบางลำดับต่างกัน เช่น บนแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage มีลำดับการเชื่อมต่อกันของหุ้น CENTEL-CBG-IVL ในลำดับที่ 31, 32 และ 33 ตามลำดับ แต่วิธีการจัด

กลุ่มแบบ Complete linkage มีลำดับการเชื่อมต่อกันของหุ้นเป็น IVL-CBG-CENTEL ในลำดับที่ 31, 32 และ 33 ตามลำดับ

ส่วนแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage แสดงลำดับการจัดกลุ่มที่คล้ายคลึงกับวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage แต่จะแตกต่างกันอย่างมากบางลำดับการเชื่อมต่อกันของหุ้น เช่น บนแผนภาพ HT วิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage หุ้น TRUE และ KCE ถูกเชื่อมต่อกันโดยตรงในลำดับที่ 29 ก่อนที่จะเชื่อมกับหุ้นอื่นในเครือข่ายในลำดับที่ 30 ทำนองเดียวกันกับหุ้น BLA-MTLS-SAWAD, BH-CPALL และ TASCO-BEC

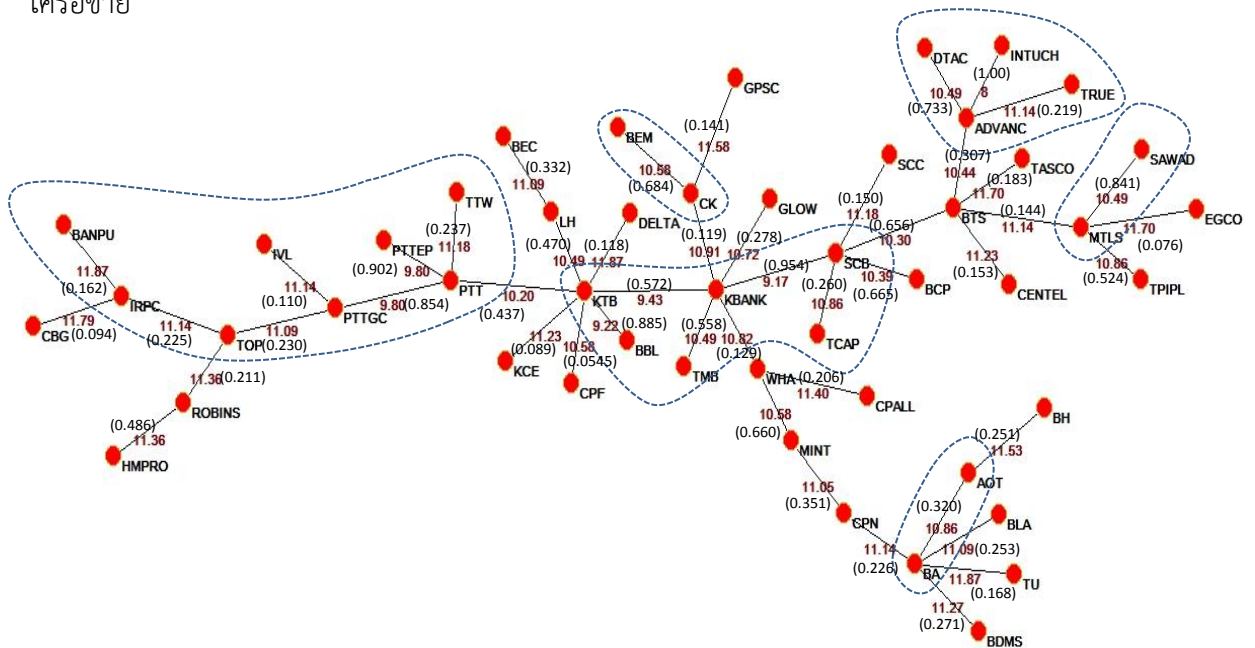
วิธีที่ 3: พิจารณาจากอนุกรมอัตราผลตอบแทนควบคู่กับผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน

ตาราง 5 คู่ของหุ้นที่มีระยะห่างสูงสุดและต่ำสุด แบบละ 5 อันดับ กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3

ระยะห่างสูงสุด			ระยะห่างต่ำสุด		
คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บวทศตรง	คู่ของหุ้น	ระยะห่าง (d_{ij})	ค่า บวทศตรง
ADVANC-INTUCH	8.0000	1.000	DELTA-KTB	11.8743	0.118
KBANK-SCB	9.1652	0.954	BANPU-IRPC	11.8743	0.162
BBL-KTB	9.2195	0.885	BA - TU	11.8743	0.168
KBANK-KTB	9.4340	0.572	CBG-IRPC	11.7898	0.094
PTT-PTTEP	9.7980	0.902	EGCO-LH	11.7047	0.076
ค่าเฉลี่ยบวทศตรง				0.384	

จากตารางที่ 5 จะเห็นคู่ของหุ้นมีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด 5 คู่อันดับแรก (มีสหสัมพันธ์สูงสุดหรือค่าระยะห่างสั้นสุด) โดยคู่ของหุ้นที่มีความสัมพันธ์กันสูงจะเป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจเดียวกัน ประกอบด้วย คู่ของหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ADVANC-INTUCH) เป็นคู่ที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด ค่าระยะห่างเท่ากับ 8.000 ถัดมาเป็นคู่ของหุ้นในกลุ่มธนาคาร คือ (KBANK-SCB), (BBL-KTB) และ (KBANK-KTB) จากนั้นเป็นคู่หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (PTT-PTTEP) ส่วนหุ้นมีลักษณะคล้ายกันน้อยที่สุด 5 คู่อันดับ ซึ่งเป็นคู่ของหุ้นที่อยู่ประเภทธุรกิจต่างกัน ประกอบด้วยคู่หุ้นในกลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์-กลุ่มธนาคาร (DELTA-KTB) คู่ของหุ้นกลุ่ม

พลังงานถ่านหิน-กลุ่มปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (BANPU-IRPC) คู่ของหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์-กลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร (BA-TU) ซึ่งมีระยะห่าง 11.8743 ต่อมาเป็นคู่ของหุ้นกลุ่มกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร-กลุ่มปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (CBG-IRPC) และคู่หุ้นกลุ่มพลังงานโรงผลิตไฟฟ้า-กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ (EGCO-LH) นั่นคือหุ้นทั้ง 5 คู่นี้มีความสัมพันธ์กันน้อยสุดในเครือข่าย



ภาพที่ 16 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 3

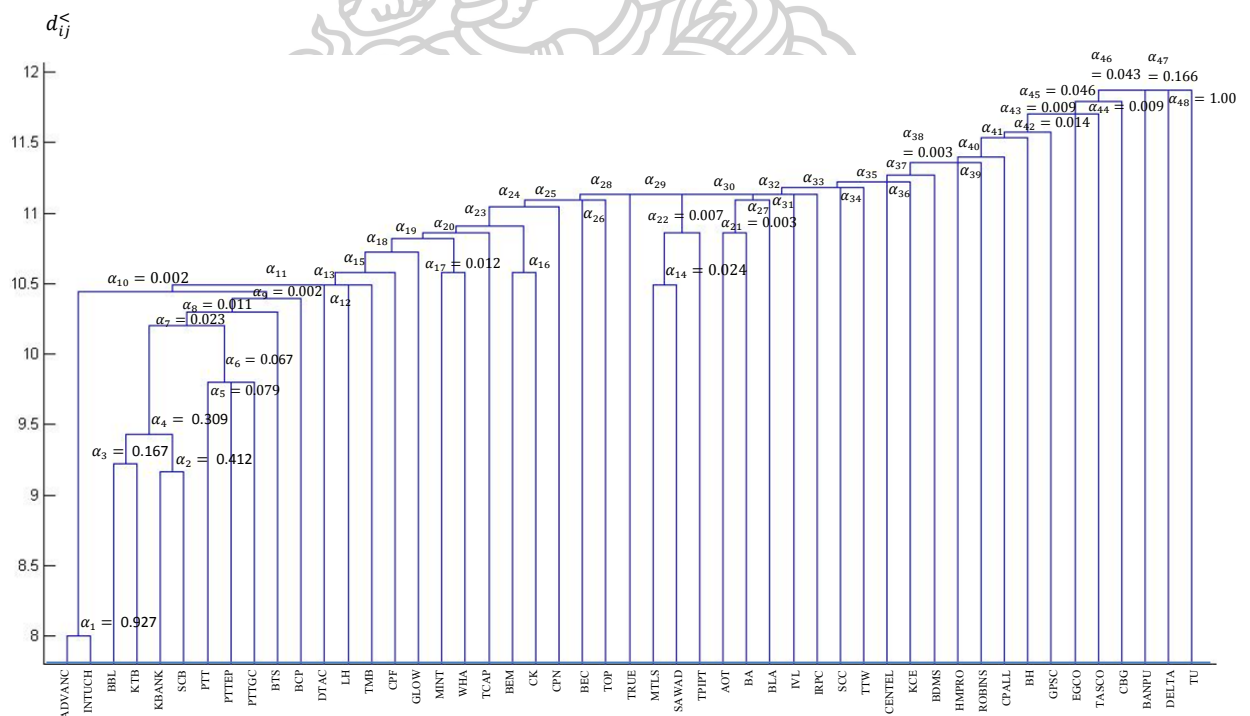
จากภาพที่ 16 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้น กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 3 จะเห็นการจัดกลุ่มของหุ้นที่มีลักษณะแบ่งตามประเภทของธุรกิจเช่นเดียวกัน สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆได้ คือกลุ่มธนาคารมีการจัดกลุ่มในกลุ่มเดียวกันทั้งหมด นั่นคือมีการเชื่อมต่อกันในทุกๆหุ้นที่อยู่ในกลุ่มประเภทธุรกิจนี้ โดยหุ้น KBANK เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม ซึ่งหุ้นกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือของการเชื่อมโยงค่อนข้างมาก โดยเส้นเชื่อมระหว่างหุ้น KBANK-SCB มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในกลุ่ม ด้วยค่าบุทสเตรป 0.954

กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC, TRUE และ DTAC โดยหุ้น ADVANC เป็นศูนย์กลางของกลุ่ม โดยหุ้น ADVANC -INTUCH มีการเชื่อมต่อกันด้วยระยะห่างที่สั้นสุดและเส้นเชื่อมที่มีความน่าเชื่อถือสูงสุดในเครือข่าย ค่าบุทสเตรป 1.00 และนั่นคือการเชื่อมต่อหุ้นในกลุ่มนี้มีความน่าเชื่อถือมาก ส่วนหุ้น TRUE แยกออกไปจากกลุ่ม

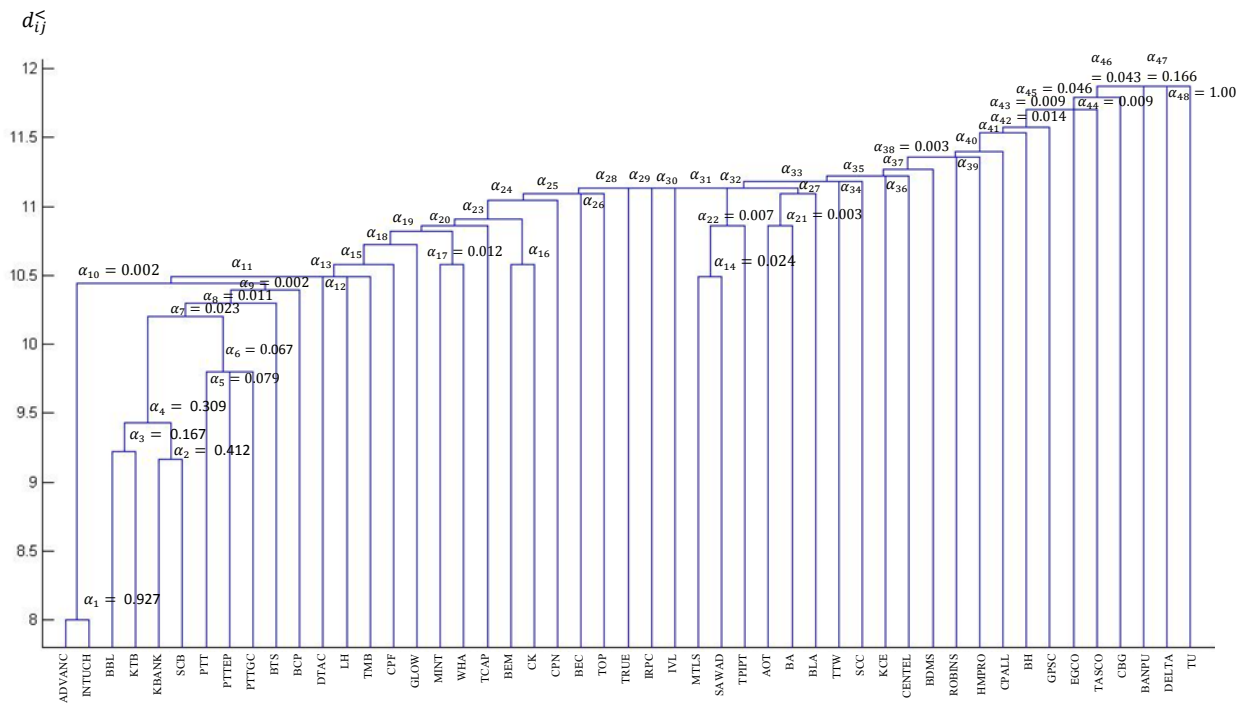
กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) มีการรวมกันของหุ้นในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ โดยหุ้น PTT-PTTEP มีการเชื่อมต่อกันด้วยเส้นเชื่อมที่มีความ

นำเชื่อถือสูง ค่าบุทสเตรป 0.902 เนื่องจากหุ้น PTT, PTTEP และ PTTGC เป็นหุ้นในเครือบริษัท ปตท. เหมือนกัน ทำให้มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก โดยหุ้น PTT และ PTTGC ถูกเชื่อมต่อกันด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมมาก ค่าบุทสเตรป 0.854 ส่วนหุ้นพลังงานอื่นๆ หุ้น BANPU, IRPC และ TOP เชื่อมต่อกัน แต่มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมต่อน้อย และกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและ เคมีภัณฑ์ มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น IVL และ PTTGC โดยมีความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมค่อนข้างน้อย ค่าบุทสเตรป 0.110

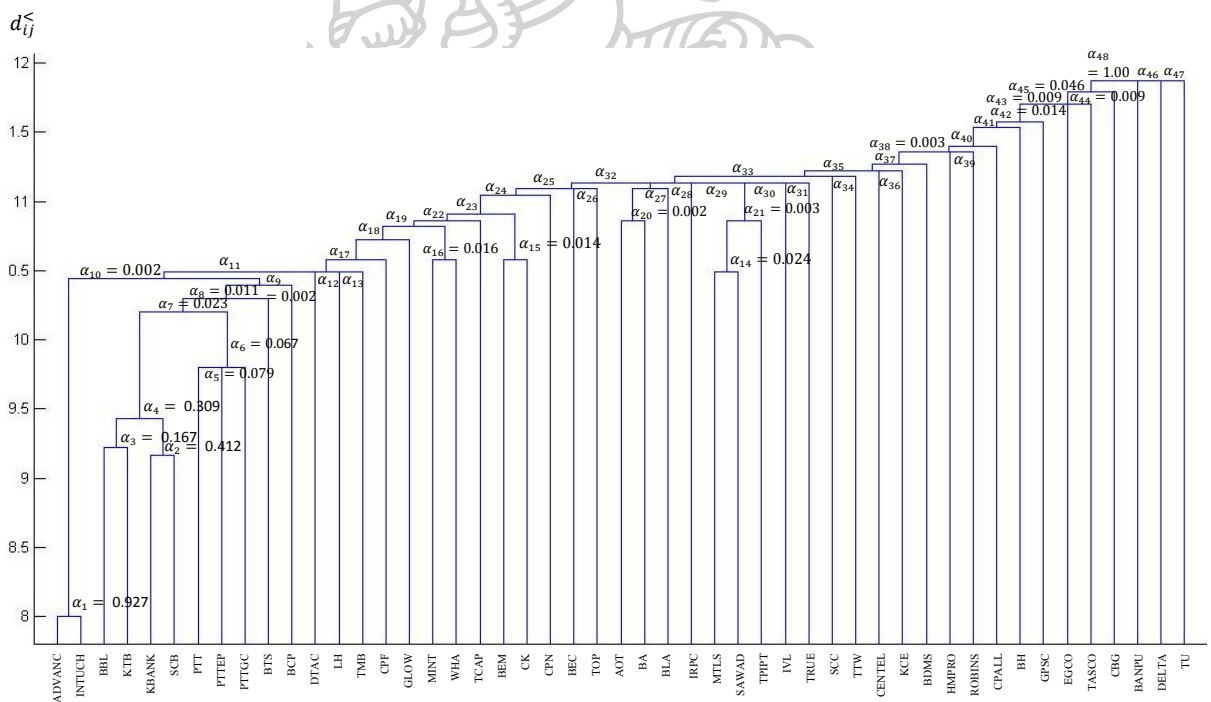
นอกจากนี้พบว่า การเชื่อมต่อของหุ้นที่น่าสนใจคือ กลุ่มธุรกิจการเงินและหลักทรัพย์ (MTLS-SAWAD) ซึ่งมีความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมค่อนข้างมาก ค่าบุทสเตรป 0.841 กลุ่มขนส่ง และโลจิสติกส์ (BA-AOT) และมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กับหุ้น BEM ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ เนื่องจาก CK หรือบริษัท ข.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร จำกัด (มหาชน) โดย MST กรณีวิเคราะห์ทางบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 3 มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมโยงปานกลาง ค่าเฉลี่ยบุทสเตรป 0.384



(a) HT วิธี Single linkage



(b) HT วิธี Complete linkage



(c) HT วิธี Average linkage

ภาพที่ 17 แผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3

จากภาพที่ 17 (a), (b), และ (c) แทนแผนภาพ HT ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณะ วิธีที่ 3 ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage, Complete linkage และ Average linkage ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 วิธีมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นที่คล้ายคลึงกัน โดยแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage มีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นส่วนมากเหมือนกัน โดยหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น ADVANC และ INTUCH เชื่อมต่อกันเป็นลำดับแรกของเครือข่าย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อหุ้นในลำดับนี้มาก ค่าบุทสเตรป 0.927 ส่วนหุ้น DTAC มีการเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มนี้ในลำดับหลัง และถึงแม้หุ้น TRUE ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แต่เป็นการเชื่อมต่อในลำดับที่ไกลมาก (ลำดับที่ 28)

กลุ่มธนาคาร หุ้น BBL, KTB, KBANK, และ SCB มีการเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นในลำดับต้นของเครือข่าย โดยหุ้น KBANK และ SCB ถูกเชื่อมต่อกันก่อนในลำดับการเชื่อมต่อที่ 2 จากนั้นหุ้น BBL และ KTB เชื่อมต่อกันในลำดับที่ 3 มีค่าบุทสเตรปเท่ากับ 0.412 และ 0.167 ตามลำดับ ซึ่งหุ้น TMB ถูกเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มธุรกิจอื่นก่อนถูกเชื่อมกับหุ้นกลุ่มธนาคารในลำดับที่ 13 และจากนั้นมีการผสมผสานลำดับการเชื่อมต่อของหุ้น TCAP กับหุ้นกลุ่มธนาคารในลำดับที่ 20

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค หุ้น PTT และ PTTEP ถูกเชื่อมต่อกันในลำดับที่ 5 ด้วยค่าบุทสเตรปเท่ากับ 0.079 และ PTTGC (กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์) ถูกเชื่อมต่อกันในลำดับที่ 6 จากนั้นมีการผสมผสานลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธุรกิจนี้ภายหลัง ประกอบด้วยหุ้น BCP, TOP, IRPC, TTW, GPSC, EGCO และ BANPU โดยถูกเชื่อมในลำดับที่ 9, 26, 32, 34, 42, 43 และ 46 ตามลำดับ นั่นคือมีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจนี้ค่อนข้างมาก

กลุ่มพาณิชย์ หุ้น HMPRO, ROBINS และ CPALL ถูกเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องในลำดับที่ 38, 39 และ 40 เช่นเดียวกับหุ้นกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ หุ้น MTLs และ SAWAD เชื่อมต่อกันในลำดับที่ 14 ด้วยค่าความน่าเชื่อถือของการเชื่อมต่อเท่ากับ 0.024 (α_{14})

นอกจากนั้น หุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม และกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ มีการกระจายลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันค่อนข้างมาก ซึ่งจะไม่แสดงการเชื่อมต่อแบบลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องกัน

โดยแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage มีการเชื่อมต่อของหุ้นบางลำดับต่างกัน เช่นบนแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage มีลำดับการเชื่อมต่อกันของหุ้น IVL-IRPC และ TTW-CENTEL ในลำดับที่ 32 และ 35 ตามลำดับ แต่ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Complete linkage มีลำดับการเชื่อมต่อกันของหุ้น IRPC-IVL และ SCC-KCE ในลำดับที่ 30 และ 35 เป็นต้น

ส่วนแผนภาพ HT ตามวิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage แสดงลำดับการจัดกลุ่มที่คล้ายคลึงกับวิธีการจัดกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage แต่จะแตกต่างกันบางลำดับการเชื่อมต่อของหุ่น เช่นบนแผนภาพ HT วิธีการจัดกลุ่มแบบ Average linkage หุ่น (AOT-BA), BLA IRPC (MTLS-SAWAD) TPIPT IVL TRUE ถูกเชื่อมต่อกันโดยตรงในลำดับที่ 27, 28, 29, 30 และ 31 ตามลำดับ ก่อนที่จะเชื่อมกับหุ่นอื่นในเครือข่ายในลำดับที่ 32



ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50

ตาราง 6 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นบนแผนภาพ MST ระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (วิธีที่1, วิธีที่2 และวิธีที่3)

คุณสมบัติ	วิธีการคำนวณระยะห่างระหว่างหุ้น			
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	วิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1	วิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 2	วิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 3
1.ค่าเฉลี่ยบุทศตรงบนเครือข่าย MST	0.565	0.529	0.400	0.384
2.หุ้นศูนย์กลางบนเครือข่าย MST	CNP (8 เส้นเชื่อม)	TASCO (40 เส้นเชื่อม)	BTS (8 เส้นเชื่อม)	KTB (8 เส้นเชื่อม)
3.การเชื่อมโยงภายในกลุ่มธุรกิจ	1. ธนาคาร (KBANK, TCAP, BBL, KTB, SCB,TMB) 2. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTOUCH, ADVANC, DTAC) 3. พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (SCC, CPN, CK, LH, TASCO) 4. พลังงานและสาธารณูปโภค (PTT, PTTEP) 5. โทรคมนาคมและเคเบิลทีวี (PTT, PTTEP, TOP, IRPC) และ (EGCO, TTW) 6. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD)	1.ธนาคาร (KBANK, BBL, KTB, SCB,TMB) 2.เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTOUCH, ADVANC, DTAC) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค (PTT, PTTEP) ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (CK, LH)	1. ธนาคาร (KBANK, TCAP, BBL, KTB, SCB,TMB) 2. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTOUCH, ADVANC, DTAC, TRUE) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค ก่อสร้างและสาธารณูปโภค &อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTT, PTTEP, PTTGC, IVL, TTW, TOP, IRPC, BANPU) 4. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD)	1. ธนาคาร (KBANK, TCAP, BBL, KTB, SCB,TMB) 2. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTOUCH, ADVANC, DTAC, TRUE) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค &อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTT, PTTEP, PTTGC, IVL, TTW, TOP, IRPC, BANPU) 4. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) 5. ขนส่งและโลจิสติกส์ (BA, AOT) 6. ขนส่งและโลจิสติกส์ & พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ และก่อสร้าง (CK, BEM)

ตาราง 7 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ่นบนแผนภาพ HT ระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ (วิธีที่1, วิธีที่2 และวิธีที่3)

คุณสมบัติ	วิธีการคำนวณระยะห่างระหว่างหุ่น			
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	วิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1	วิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 2	วิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 3
1. ค่าเฉลี่ยชุดสแตรปบนเครือข่าย HT	0.0787	Single linkage = 0.0441 Complete linkage = 0.0441 Average linkage = 0.0439	Single linkage = 0.0625 Complete linkage = 0.0625 Average linkage = 0.0599	Single linkage = 0.0697 Complete linkage = 0.0697 Average linkage = 0.0654
2. คู่หุ่นที่เชื่อมต่อกันอย่างง่าย	ADVANC-INTUCH	ADVANC-INTUCH	ADVANC-INTUCH	ADVANC-INTUCH
3. กลุ่มหุ่นธุรกิจที่แสดงลำดับการเชื่อมต่อกันอย่างต่อเนื่อง	1. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTUCH-ADVANC) 2. ธนาคาร (BBL, KTB, KBANK, SCB) 3. พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (CPN-SCC) 4. พลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) & อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTT-PTTEP-PTTGC, (GPSC-EGCO) 5. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS-SAWAD)	1. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTUCH-ADVANC) 2. พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (LH-TPIPL-WHA) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) (PTT-PTTEP)	1. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTUCH-ADVANC) 2. ธนาคาร (BBL-KBANK-SCB-KTB), (TMB-TCAP) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค (PTT-PTTEP), (TTW-EGCO-BANPU) 4. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS-SAWAD)	1. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTUCH-ADVANC) 2. ธนาคาร (BBL-KTB-KBANK-SCB) 3. พลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) & อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTT-PTTEP-PTTGC, (GPSC-EGCO) 4. เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS-SAWAD) 5. พาณิชยกรรม (HMPRO-ROBINS-CPALL)

จากตารางที่ 6 และ 7 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ตามวิธีการแปลงข้อมูลที่แตกต่างกัน (วิธีที่ 1, วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3) บนแผนภาพ MST และแผนภาพ HT ตามลำดับ พบว่าค่าเฉลี่ยบุทสเตรปบนแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีค่าเฉลี่ยบุทสเตรป 0.565 ซึ่งมากกว่ากรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์เล็กน้อย นั่นคือเส้นเชื่อมบนเครือข่าย MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีความน่าเชื่อถือมากกว่ากรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์เล็กน้อย และแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ที่พิจารณาจากอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 1) มีค่าเฉลี่ยบุทสเตรปสูงกว่ากรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์อีก 2 วิธี

แผนภาพ MST สำหรับการวัดระยะห่างแต่ละวิธี พบว่ามีหุ้นศูนย์กลางของเครือข่ายแตกต่างกัน โดยบนแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีหุ้น CPN (บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน)) ซึ่งเป็นหุ้นในกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง เป็นบริษัทสำหรับการพัฒนา ดูแล และบริหารโครงการอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ทั้งในและต่างประเทศ ภายใต้การดำเนินการของกลุ่มเซ็นทรัล จะเป็นหุ้นศูนย์กลางของเครือข่าย MST ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับหุ้นในกลุ่มธุรกิจอื่นๆ จำนวน 8 เส้นเชื่อม ประกอบด้วยการเชื่อมต่อกับหุ้นกลุ่มการแพทย์ (BDMS, BH) กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ (BEM) กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ADVANC) กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (CK, SCC) กลุ่มธนาคาร (KNANK) และกลุ่มพาณิชย์ (HMPRO) ส่วนแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 1 มีหุ้น TASCO (บริษัท ทีบีไอแอสฟัลท์ จำกัด (มหาชน)) ซึ่งดำเนินธุรกิจค้าวัสดุก่อสร้างโดยจำหน่ายผลิตภัณฑ์ยางมะตอย เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย MST โดยมีเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อกับหุ้นอื่นๆ จำนวน 40 เส้นเชื่อม จะเห็นได้ว่ามีหุ้นจำนวนมากเชื่อมต่อกับหุ้นนี้โดยตรง นั่นคือแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ที่พิจารณาจากอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน เป็นเครือข่ายที่มีความเป็นศูนย์กลางมาก ซึ่งแยกความแตกต่างของหุ้นได้น้อย ส่งผลต่อการตัดสินใจกระจายการลงทุน เนื่องจากทำให้ยากต่อการตัดสินใจเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน นอกจากนั้นแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 2 พบว่าหุ้นที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายคือหุ้น BTS (บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)) ซึ่งเป็นหุ้นในกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ โดยมีเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อกับหุ้นอื่นๆ จำนวน 8 เส้นเชื่อม ประกอบด้วยหุ้นกลุ่มการแพทย์ (BH) กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (CPN) กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ (BA) กลุ่มพลังงานและ

สาธารณูปโภค (GLOW, TOP) กลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร (MINT) กลุ่มพาณิชย์ (CPALL) และกลุ่มธนาคาร (SCB) และแผนภาพ MST กรณีวิเคราะห์ทางความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ตามวิธีที่ 3 พบว่าหุ้นที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายคือหุ้น KTB (ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน)) ซึ่งเป็นหุ้นในกลุ่มธนาคาร โดยมีเส้นเชื่อมที่เชื่อมต่อกับหุ้นอื่นๆจำนวน 8 เส้นเชื่อม ประกอบด้วยหุ้นการท่องเที่ยวและสหนาการ (CENTEL) กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (TPIPL) กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ (BEM) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (GLOW, TOP) และกลุ่มธนาคาร (KBANK, SCB, TCAP)

แผนภาพ MST จะพบการเชื่อมโยงของหุ้นภายในกลุ่มประเภทธุรกิจเดียวกัน โดยแผนภาพ MST กรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV จะแสดงการจัดกลุ่มหุ้นตามประเภทธุรกิจเดียวกันจำนวน 5 ธุรกิจ ส่วนแผนภาพ MST กรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ตามวิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 จะแสดงการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจเดียวกัน จำนวน 3, 7 และ 6 ธุรกิจ ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 6) นั่นคือการสร้างแผนภาพ MST ด้วยการวิเคราะห์ทางบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ กรณีพิจารณาอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 2) มีการจัดกลุ่มของหุ้นโดยแบ่งตามประเภทของอุตสาหกรรมได้มากกว่าวิธีอื่น

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยบูทสเตรปบนแผนภาพ HT พบว่ากรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมที่แสดงลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นมากกว่ากรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยวิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 1 เส้นเชื่อมมีความน่าเชื่อถือเฉลี่ยน้อยสุด และวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 เส้นเชื่อมมีความน่าเชื่อถือไม่แตกต่างกัน และพบว่าทุกแผนภาพ HT คู่ของหุ้น ADVANC และ INTUCH ถูกเชื่อมต่อกันเป็นอันดับแรกของเครือข่าย ด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมที่ค่อนข้างมาก และจะพบว่าแผนภาพ HT กรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยวิธีการรวมกลุ่มแบบ Average linkage ของทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยบูทสเตรปต่ำกว่าวิธีการรวมกลุ่มแบบ Single linkage และ Complete linkage เล็กน้อย

จากแผนภาพ HT ซึ่งแสดงลำดับการเชื่อมต่อของหุ้น โดยพบว่าแผนภาพ HT กรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV แสดงลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันแบบเป็นขั้นอย่างต่อเนื่องจำนวน 5 ธุรกิจ ประกอบด้วย กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มธนาคาร กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ ส่วนแผนภาพ HT กรณีวิเคราะห์ทางของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 จะแสดงลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในกลุ่มธุรกิจเดียวกันแบบเป็นขั้นอย่างต่อเนื่องจำนวน 3, 4 และ 5 ธุรกิจ ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 7) ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางทั้ง 4 วิธี พบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมหลักที่แสดงการเชื่อมต่อของหุ้นแบบลำดับขั้นจำนวน 5

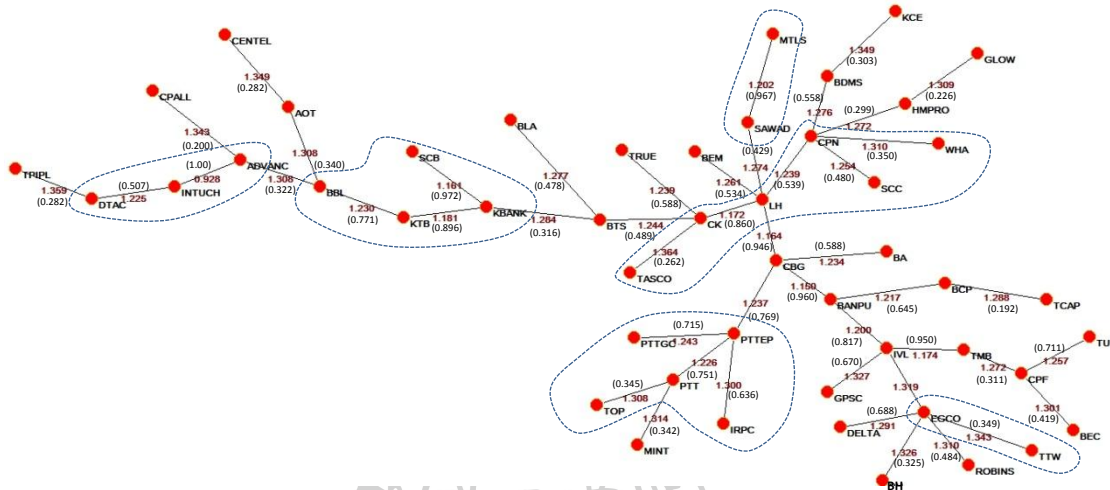
อุตสาหกรรม ประกอบด้วย กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มธนาคาร กลุ่มสินค้า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค และเงินทุนและหลักทรัพย์ ซึ่ง แผนภาพ HT กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 จะแสดงการเชื่อมต่อของหุ้น ในกลุ่มธนาคาร และกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค แบบเป็นลำดับขั้นและต่อเนื่องมากกว่าวิธีอื่น

นอกจากนี้พบว่าแผนภาพ MST และแผนภาพ HT กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธี สัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 2) และกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธี สัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 3) มีโครงสร้างความสัมพันธ์ และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 คล้ายคลึงกัน โดยหุ้นมีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ และแสดง ลำดับการจัดกลุ่มหุ้นคล้ายคลึงกัน และค่าเฉลี่ยบูทสเตรปบนแผนภาพ MST และแผนภาพ HT มีค่า ใกล้เคียงกัน

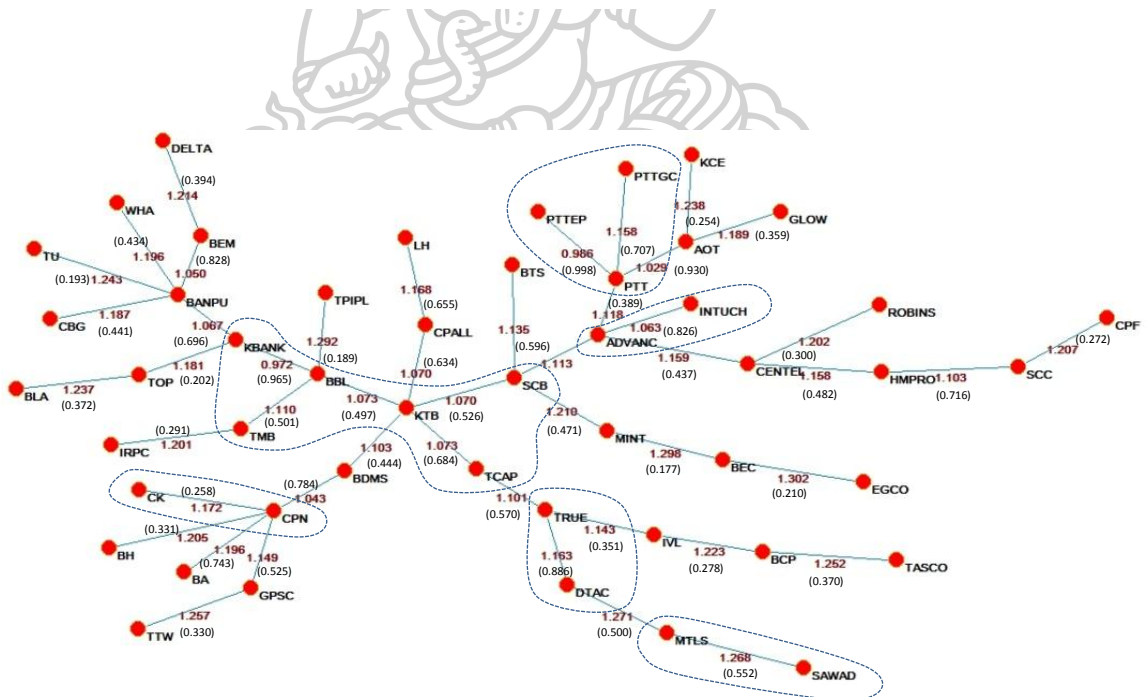
ส่วนที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 ช่วง วิกฤต ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

จากการพิจารณาแผนภาพการกระจายของราคาปิดหุ้นต่างๆใน SET50 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ดังภาพที่ 9 จะเห็นว่าหุ้นส่วนมากมีการ เปลี่ยนแปลงในรูปแบบความผันแปรของราคาปิดตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 โดยก่อนหน้านี้ราคา ปิดของหุ้นส่วนมากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและค่อยๆลดลง แต่หลังเดือนตุลาคมราคาปิดได้มีความผัน ผวนสูงมาก จากเหตุความกังวลของนักลงทุนภายในประเทศ ซึ่งทำให้มีแรงขายหุ้นออกมามาก และ ปริมาณการซื้อขายสูงขึ้นมาก ก่อนการสูญเสียครั้งยิ่งใหญ่ของประเทศในการสวรรคตของ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในวันที่ 13 ตุลาคม 2559 อย่างไรก็ตาม ในช่วง ปลายสัปดาห์ ได้มีแรงซื้อหุ้นจากนักลงทุนสถาบันเข้ามามาก และทำให้ตลาด Rebound กลับขึ้นใน วันสิ้นสัปดาห์ [32] หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของราคาปิดเป็นไปในลักษณะไม่มีแนวโน้ม (sideway) ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งข้อมูลเป็น 2 ช่วง คือระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559 (ก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤต) และระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (หลังเกิดสถานการณ์วิกฤต) เพื่อศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงในตลาดหุ้นครั้งนี้ ส่งผลต่อโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 หรือไม่อย่างไร โดยพิจารณาผ่านโครงสร้าง ความสัมพันธ์ของหุ้นระหว่างกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัด ระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV



ภาพที่ 18 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559



ภาพที่ 19 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

จากภาพที่ 18 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559 (ก่อนเกิดเหตุการณ์วิกฤต) พบว่ามีรูปแบบการจัดกลุ่มกันในหุ้นกลุ่มธนาคารขนาดใหญ่ (BBL, KBANK, KTB และ SCB) ส่วนธนาคารขนาดเล็ก (TMB และ TCAP) แยกออกจากกลุ่ม กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ ((PTTGC, PTTEP, PTT, TOP และ IRPC) และ (EGCO, TTW)) กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมกันของหุ้น DTAC, INTUCH และ ADVANC ส่วนหุ้น TRUE แยกออกจากกลุ่ม กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (TASCO, CK, LH, CPN, SCC และ WHA) และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD)

ส่วนภาพที่ 19 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (หลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต) พบการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจธนาคารทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (BBL, KBANK, KTB, SCB, TMB และ TCAP) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์เห็นการรวมของหุ้น PTTGC, PTTEP และ PTT ส่วนปิโตรเคมีและพลังงานอื่นแยกออกจากกลุ่ม กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ INTUCH-ADVANC และ TRUE-DTAC กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง มีการเชื่อมต่อเพียงหุ้น CK และ CPN และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD)

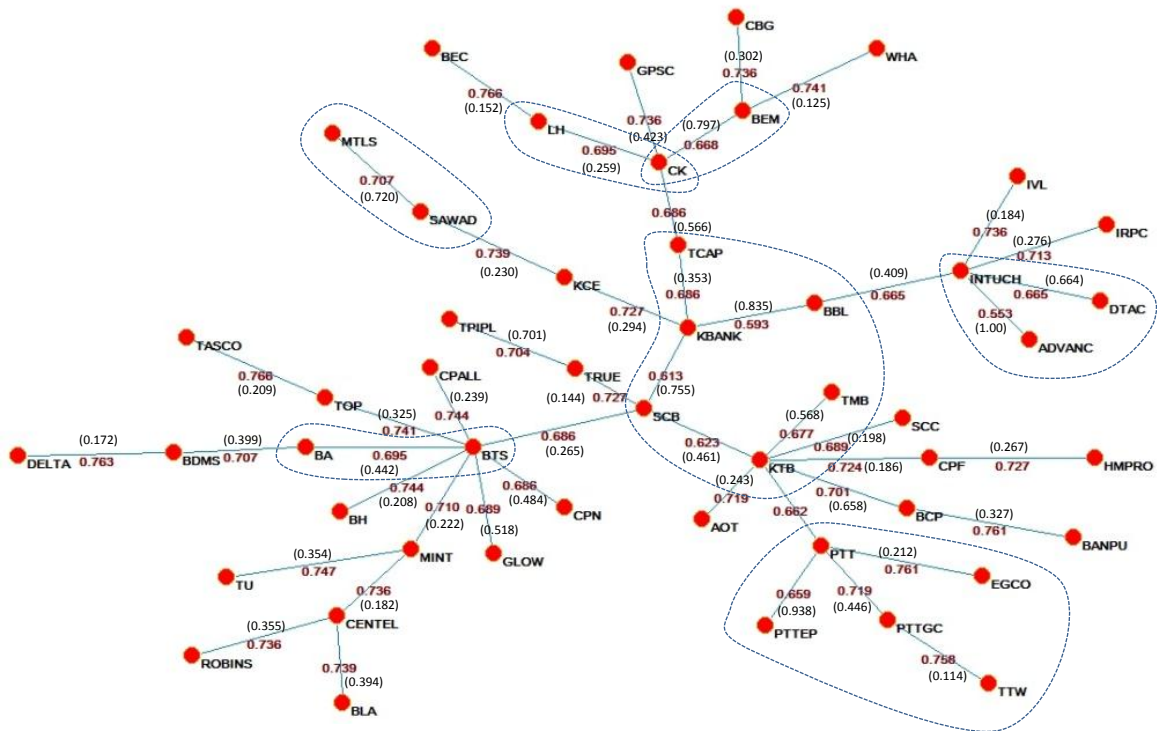
จากโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 (ภาพที่ 10) พบการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ ประกอบด้วยหุ้นกลุ่มธนาคารขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (BBL, KBANK, KTB, SCB, TMB และ TCAP) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือหุ้น PTT-PTTEP-PTTGC-TOP-IRPC และหุ้น EGCO-TTW กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC และ DTAC ส่วนหุ้น TRUE แยกออกจากกลุ่ม กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง (SCC, CPN, CK, LH และTASCO) และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD)

จากผลลัพธ์ข้างต้นพบว่าช่วงก่อนเกิดเหตุการณ์วิกฤตและหลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต ยังคงมีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจเช่นเดียวกับช่วงข้อมูลทั้งหมด แต่ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤตมีโครงสร้างการจัดกลุ่มคล้ายคลึงกับกรณีข้อมูลทั้งหมด โดยพบว่าช่วงหลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง มีการกระจายการเชื่อมต่อมากขึ้น แต่มีการเชื่อมต่อของหุ้นกลุ่มธนาคารมากกว่าช่วงก่อนเกิด

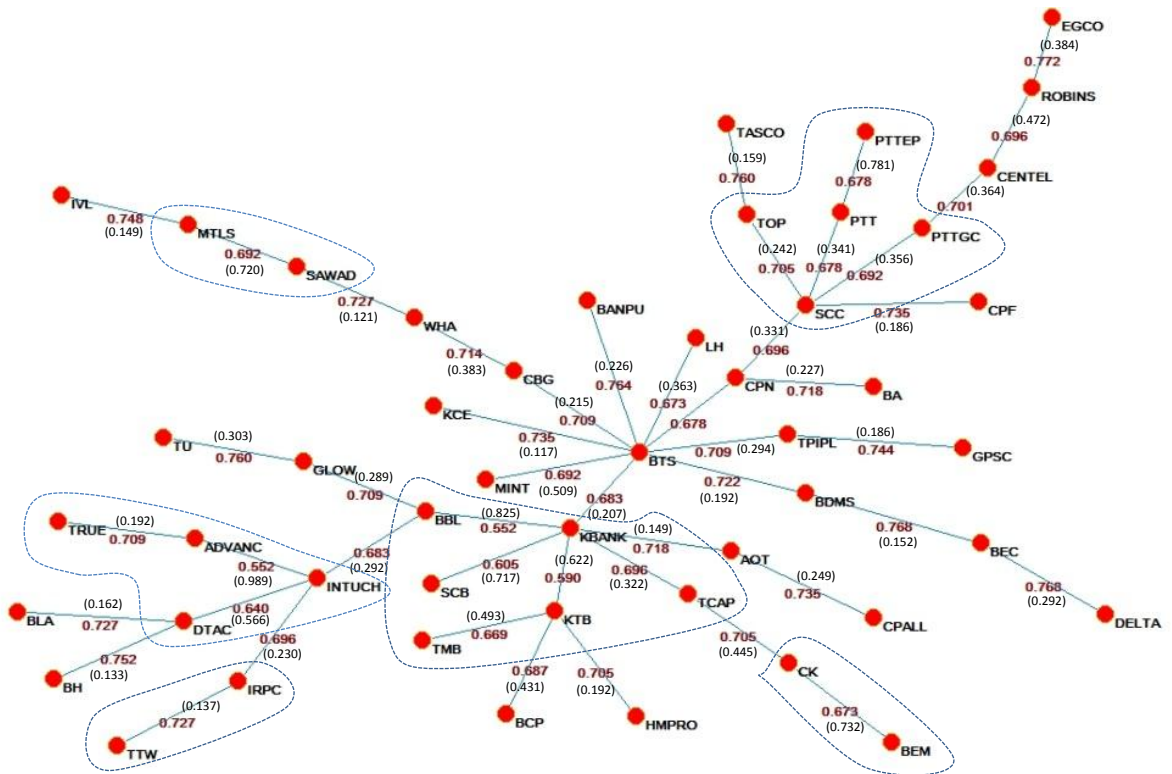
เหตุการณ์วิกฤต และหุ้นส่วนมากมีระยะห่างในการเชื่อมต่อสั้นลง นั่นคือหลังเกิดสถานการณ์วิกฤตหุ้นส่วนมากมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น

กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

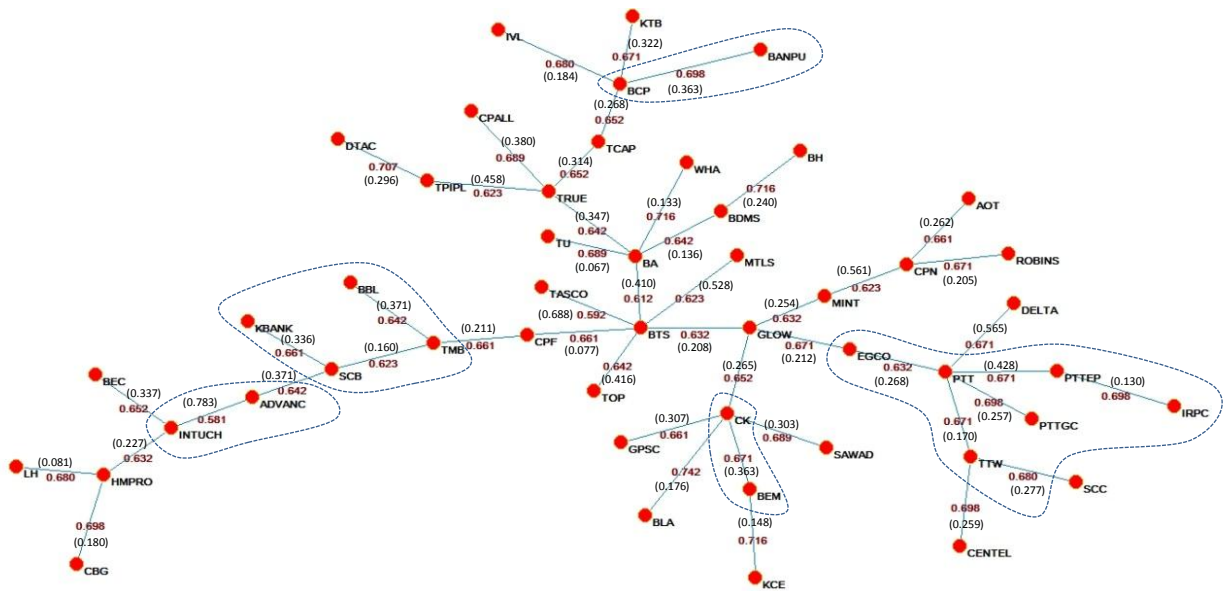
ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งมีการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ช่วง ผู้วิจัยคำนวณระยะห่างระหว่างหุ้นแบบถ่วงน้ำหนักด้วยเวลาที่ทำการแบ่ง $(d_{ij} = \sqrt{(\sum_{t=i}^{t=T_k} (s_i(t) - s_j(t))^2) / T_k}; k = 1, 2)$ เพื่อเปรียบเทียบระยะห่างของหุ้นระหว่างกรณีที่มีการแบ่งข้อมูลและไม่มีการแบ่งข้อมูล



ภาพที่ 20 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560



ภาพที่ 21 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559



ภาพที่ 22 แผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

จากภาพที่ 20 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นเครือข่ายเดียวกับภาพที่ 12 ต่างกันที่การคำนวณค่าระยะห่างที่คำนวณแบบถ่วงน้ำหนักด้วยช่วงของเวลา พบการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ ประกอบด้วยหุ้นกลุ่มธนาคารขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (BBL, KBANK, KTB, SCB, TMB และ TCAP) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ มีการเชื่อมต่อกันของหุ้น PTT, PTTEP, EGCO, PTTGC และ TTW กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น INTUCH, ADVANC และ DTAC ส่วนหุ้น TRUE แยกออกจากกลุ่ม กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง มีการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น LH และ CK กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์มีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น BA และ BTS กลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) และมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK และ BEM เนื่องจาก CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

จากภาพที่ 21 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559 (ก่อนเกิดเหตุการณ์วิกฤต) พบว่ามีรูปแบบการจัดกลุ่มในหุ้นกลุ่มธนาคารทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (BBL, KBANK, KTB, TMB, TCAP และ SCB) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค&กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรก มีการจัดกลุ่มอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยมีหุ้น SCC ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง เป็นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น PTTGC, PTTEP, PTT และ TOP และกลุ่มที่สอง มีการเชื่อมของหุ้น EGCO และ TTW กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมกันของหุ้น DTAC, INTUCH, ADVANC และ TRUE กลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) และมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK และ BEM เนื่องจาก CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

ส่วนภาพที่ 22 แสดงแผนภาพ MST ของหุ้นใน SET50 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์ RV ระหว่างวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (หลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต) พบการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจธนาคารทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (BBL, KBANK, SCB และ TMB) กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค&กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ PTT-PTTEP-PTTGC- IRPC-EGCO -TTW และ BCP-BANPU กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีการเชื่อมระหว่างหุ้น INTUCH และ ADVANC ส่วนหุ้น TRUE และ DTAC แยกออกจากกลุ่ม และมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK และ BEM เนื่องจาก CK หรือ

บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

จากผลลัพธ์ข้างต้นพบว่าช่วงก่อนเกิดเหตุการณ์วิกฤตและหลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต มีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ โดยช่วงก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤตมีโครงสร้างการจัดกลุ่มไม่แตกต่างจากกรณีไม่แบ่งช่วงข้อมูลมากนัก ยังคงพบการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจหลัก แต่ช่วงหลังเกิดเหตุการณ์วิกฤต มีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจลดน้อยลง

ส่วนที่ 5 การทดลองคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 ผู้วิจัยจึงสนใจทำการทดลองคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุนเพื่อเปรียบเทียบผลกำไรที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนในหุ้นระหว่าง 2 วิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน คือ

1. การลงทุนในหุ้นที่อยู่ในประเภทธุรกิจเดียวกัน
2. การกระจายการลงทุนในหุ้นที่อยู่ต่างกลุ่มกัน โดยพิจารณาจากแผนภาพ MST และแผนภาพ HT และเพื่อทดลองลงทุนในหุ้น ได้กำหนดเงื่อนไขการลงทุน ดังนี้
 1. กำหนดเงินลงทุนในพอร์ต 100,000 บาท
 2. แบ่งลงทุนในหุ้นที่คัดเลือกมาตามเกณฑ์ข้างต้น 10 หุ้น เป็นจำนวนเงินเท่าๆกัน
 3. สุ่มวันลงทุน ในงานวิจัยนี้สุ่มได้ วันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2559
 4. ถือครองหุ้นเป็นเวลา 3 เดือน, 6 เดือน, 9 เดือน และ 1 ปี

วิธีที่ 1: การลงทุนในหุ้นที่อยู่ในประเภทธุรกิจเดียวกัน

จากรายชื่อหุ้นและประเภทธุรกิจของหุ้นใน SET50 ดังตารางที่ 1 นำมาพิจารณาคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุนได้ ดังนี้

ตาราง 8 รายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตลงทุนตามประเภทธุรกิจ

การคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตตามประเภทธุรกิจ						
รายชื่อ หุ้น	ราคาซื้อ	ราคาซื้อ หุ้น (บาท)	ราคาขาย	ราคาขาย	ราคาขาย	ราคาขาย
	9/6/2016		9/9/2016	9/12/2016	9/3/2017	9/6/2017
ADVANC	162.00	10,000	156.50	147.00	169.00	173.50
INTUCH	55.25	10,000	53.25	50.25	53.00	55.50
TRUE	7.15	10,000	6.95	7.00	6.40	6.05
KBANK	170.50	10,000	185.50	174.00	190.00	189.00
SCB	137.50	10,000	145.50	150.00	156.00	153.50
PTT	319.00	10,000	325.00	369.00	390.00	383.00
PTTEP	84.00	10,000	79.25	91.75	89.50	67.75
AOT	386.00	10,000	397.00	394.00	39.00	44.50
BTS	9.15	10,000	8.55	8.70	8.30	8.50
BEM	6.30	10,000	6.95	7.60	7.05	7.20
รวมราคา ขายหุ้น		100,000	100,763.96	103,342.64	95,617.40	93,408.13
กำไร			763.96	3,342.64	-4,382.60	-6,591.87

จากตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับวิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตลงทุนตามประเภทธุรกิจ โดยสนใจเลือกลงทุนในหุ้นตามประเภทธุรกิจ ดังนี้ กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประกอบด้วยหุ้น ADVANC, INTUCH และ TRUE เนื่องจาก หุ้น INTUCH และ ADVANC ซึ่งประกอบธุรกิจในรูปแบบเดียวกัน โดยเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายและบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศ นอกจากนี้หุ้น INTUCH หรือบริษัท อินทัชโฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว ยังมีการประกอบธุรกิจอื่นๆ เช่น ไทยคม เป็นผู้ให้บริการเช่าช่องสัญญาณดาวเทียม ซีเอสแอล เป็นผู้ให้บริการไอซีทีแบบครบวงจรสำหรับธุรกิจองค์กร เป็นต้น และหุ้น ADVANC หรือบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ยังเป็น

บริษัทลูกของบริษัท อินทัชโฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) ด้วย แต่หุ้น TRUE หรือบริษัท ทรูคอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) มีการดำเนินธุรกิจหลากหลายทั้งเป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ บรอดแบนด์ อินเทอร์เน็ตและเคเบิลทีวีรวมทั้งให้บริการดิจิทัลคอนเทนต์ต่างๆในโทรศัพท์เคลื่อนที่ [33-35]

กลุ่มธนาคาร ประกอบด้วยหุ้น KBANK หรือธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) และหุ้น SCB หรือธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) ซึ่งหุ้นทั้งสองตัวนี้เป็นหุ้นธนาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่อันดับต้นๆของประเทศไทยที่มีคนนิยมใช้ทำธุรกรรมทางการเงิน

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค ประกอบด้วยหุ้น PTT และPTTEP ซึ่งหุ้นทั้งสองตัวนี้เป็นธุรกิจน้ำมันขนาดใหญ่ ซึ่งหุ้น PTT หรือบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทพลังงานแห่งชาติ ประกอบธุรกิจก๊าซธรรมชาติครบวงจร รวมถึง ธุรกิจน้ำมัน ธุรกิจการค้าระหว่างประเทศ และหุ้น PTTEP หรือบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริษัทในเครือของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) โดยบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ดำเนินธุรกิจหลักคือสำรวจและผลิตปิโตรเลียมทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ [36, 37]

กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ ประกอบด้วยหุ้น AOT, BEM และBTS โดยหุ้น AOT หรือบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่ให้บริการจัดการท่าอากาศยาน ซึ่งในปัจจุบันมีความเจริญเติบโตขึ้นมาก หุ้น BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ให้บริการทางพิเศษ และระบบขนส่งมวลชนด้วยรถไฟฟ้า รวมถึงการพัฒนาเชิงพาณิชย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบรถไฟฟ้าและทางพิเศษ ซึ่งจะเป็พื้นฐานรากในการขยายธุรกิจผ่านการขยายเส้นทางโครงการให้บริการ ทั้งในระบบทางพิเศษและระบบขนส่งมวลชนด้วยรถไฟฟ้าในอนาคต ซึ่งจะส่งผลให้บริษัทสามารถเป็นผู้ดำเนินธุรกิจด้านการให้บริการระบบขนส่งมวลชนและการคมนาคมชั้นนำในประเทศ และในภูมิภาค นอกจากนั้นยังสามารถต่อยอดธุรกิจเพิ่มเติมไปยังธุรกิจอื่นที่มีอัตราการเติบโต และอัตราผลตอบแทนสูงได้ เช่น โครงการสาธารณูปโภคพื้นฐานอื่นๆ การพัฒนาเชิงพาณิชย์ หรือการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และ BTS หรือบริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) เป็นหนึ่งในบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งดำเนินงานอยู่ในธุรกิจระบบขนส่งมวลชน ธุรกิจสื่อโฆษณา ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ และธุรกิจบริการ [38-40]

จากการลงทุนในหุ้นทั้ง 10 หุ้นนี้ โดยซื้อหุ้นในวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2559 เป็นจำนวนเงิน 100,000 บาท และทำการถือครองหุ้นไว้เป็นเวลา 3 เดือน, 6 เดือน, 9 เดือน และ 1 ปี ก่อนทำการขาย เป็นจำนวนเงิน 100,763.96 บาท, 103,342.64 บาท, 95,617.40 บาท และ 93,408.13 บาท ตามลำดับ ซึ่งจากการลงทุนในหุ้นนี้ทำให้ได้ผลกำไร 763.96 บาท, 3,342.64 บาท, -4,382.60 บาท และ-6,591.87 บาท ตามลำดับ

วิธีที่ 2: การกระจายการลงทุนในหุ้นที่อยู่ต่างกลุ่มกัน โดยพิจารณาจากแผนภาพ MST และแผนภาพ HT

จากลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 ที่ได้จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยพิจารณาแผนภาพต้นไม้แผ่สิ้นสุด หรือ Minimum Spanning Tree (MST) และการวิเคราะห์ลำดับการจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพต้นไม้ลำดับชั้น หรือ Hierarchical Tree (HT) ทั้งกรณีวิเคราะห์ห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวิเคราะห์ห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ ซึ่งแสดงลักษณะการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกหุ้นโดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. พิจารณาหุ้นศูนย์กลางของเครือข่ายและศูนย์กลางของกลุ่มบนแผนภาพ MST เนื่องจากเป็นหุ้นที่มีความสัมพันธ์กับหุ้นต่างๆทั้งในประเภทธุรกิจเดียวกันและต่างธุรกิจกัน
 2. พิจารณาหุ้นบริเวณปลายสุดของแผนภาพ MST และแผนภาพ HT ซึ่งเป็นหุ้นที่มีลักษณะแตกต่างจากหุ้นส่วนใหญ่และมีความสัมพันธ์กับหุ้นอื่นๆน้อยแม้จะอยู่ในกลุ่มธุรกิจเดียวกัน นั่นคือจะเป็นหุ้นที่ไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากวิกฤตเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งเหมาะสมสำหรับซื้อไว้เพื่อหวังเงินปันผลและการลงทุนในระยะยาว
- ซึ่งผู้วิจัยทำการคัดเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุนได้ ดังนี้



ตาราง 9 รายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับวิธีการกระจายการลงทุนในหุ้นที่อยู่ต่างกลุ่มกัน โดยพิจารณาจากแผนภาพ MST และแผนภาพ HT

การคัดเลือกหุ้นแบบกระจายความเสี่ยง						
รายชื่อ หุ้น	ราคาซื้อ	ราคาซื้อ หุ้น (บาท)	ราคาขาย	ราคาขาย	ราคาขาย	ราคาขาย
	9/6/2016		9/9/2016	9/12/2016	9/3/2017	9/6/2017
INTUCH	55.25	10,000	53.25	50.25	53.00	55.50
CBG	46.50	10,000	60.00	77.50	60.25	73.50
KBANK	170.50	10,000	185.50	174.00	190.00	189.00
KTB	17.10	10,000	17.50	17.60	19.90	18.80
PTT	319.00	10,000	325.00	369.00	390.00	383.00
BTS	9.15	10,000	8.55	8.70	8.30	8.50
CK	27.00	10,000	28.50	31.75	27.50	27.25
MTLS	19.90	10,000	18.00	27.50	30.00	34.50
BANPU	12.00	10,000	14.50	18.50	19.50	17.50
DELTA	70.00	10,000	71.00	78.50	87.00	93.50
รวมราคา ขายหุ้น	100,000		105,014.24	119,544.27	120,566.75	124,596.54
กำไร			5,014.24	19,544.27	20,566.75	24,596.54

จากตารางที่ 9 แสดงรายชื่อหุ้น ราคาซื้อ ราคาขาย และกำไรจากการลงทุน สำหรับวิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตลงทุนที่อยู่ต่างกลุ่มกันเพื่อกระจายความเสี่ยง โดยพิจารณาจากแผนภาพ MST และ HT ทั้งกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยในที่นี้สนใจลงทุนในหุ้น ประกอบด้วยหุ้น INTUCH หรือบริษัท อินทัช โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เนื่องจากเป็นหุ้นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อระหว่างหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มธนาคาร กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค และกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ปีโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ บนแผนภาพ MST

หุ้น KBANK หรือธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) และหุ้น KTB หรือธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) เนื่องจากเป็นธนาคารขนาดใหญ่อันดับต้นๆของประเทศไทยที่มีคนนิยมใช้ทำธุรกรรมทางการเงิน และเป็นหุ้นศูนย์กลางของกลุ่มการเชื่อมต่อ โดยหุ้น KBANK เป็นหุ้นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อระหว่างหุ้นกลุ่มธนาคาร และหุ้น KTB เป็นหุ้นศูนย์กลางของกลุ่มที่ทำการเชื่อมต่อกับหุ้น

หลายธุรกิจ ประกอบด้วย หุ้นกลุ่มธนาคาร หุ้นกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม หุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค หุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง และหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ บนแผนภาพ MST

หุ้น PTT และ BANPU เป็นหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค ซึ่งหุ้น PTT หรือบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทพลังงานแห่งชาติ ประกอบธุรกิจก๊าซธรรมชาติครบวงจร และเป็นหุ้นศูนย์กลางของกลุ่มการเชื่อมต่อระหว่างหุ้นกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค บนแผนภาพ MST ส่วนหุ้น BANPU หรือบริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นพลังงานถ่านหิน ซึ่งเป็นหุ้นที่อยู่บริเวณปลายสุดของแผนภาพ MST และซึ่งมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในลำดับท้ายๆของแผนภาพ HT แสดงถึงลักษณะที่แตกต่างจากกลุ่มปิโตรเคมีและพลังงานอื่นๆ

หุ้น BTS หรือบริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ และเป็นหุ้นศูนย์กลางของเครือข่ายบนแผนภาพ MST ที่มีการเชื่อมต่อกับหุ้นต่างๆมากที่สุด ในเครือข่ายทั้งในประเภทธุรกิจเดียวกันและต่างธุรกิจกัน

หุ้น CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง ที่เป็นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อระหว่างหุ้น GPSC (กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค) หุ้น BEM (ขนส่งและโลจิสติกส์) หุ้น LH (กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์) และหุ้น TCAP (กลุ่มธนาคาร)

หุ้น CBG เป็นหุ้นในกลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่มที่แบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ ผลิตภัณฑ์จำหน่ายในประเทศ ผลิตภัณฑ์จำหน่ายต่างประเทศ และผลิตภัณฑ์รับจ้างจัดจำหน่ายให้แก่บุคคลภายนอก และได้เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นหุ้นที่อยู่บริเวณปลายสุดของแผนภาพ MST ซึ่งมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในลำดับท้ายๆของแผนภาพ HT

หุ้น MTLS หรือบริษัท เมืองไทย ลิสซิ่ง จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ และหุ้น DELTA หรือบริษัท เดลต้า อิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นหุ้นกลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทั้งสองหุ้นมีการเชื่อมต่ออยู่ต่างกลุ่มกันและเป็นหุ้นที่อยู่บริเวณปลายสุดของแผนภาพ MST ซึ่งมีลำดับการเชื่อมต่อของหุ้นในลำดับท้ายๆของแผนภาพ HT

จากการลงทุนในหุ้นทั้ง 10 หุ้นนี้ โดยซื้อหุ้นในวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2559 เป็นจำนวนเงิน 100,000 บาท และทำการถือครองหุ้นไว้เป็นเวลา 3 เดือน, 6 เดือน, 9 เดือน และ 1 ปี ก่อนทำการขาย เป็นจำนวนเงิน 105,014.24 บาท, 119,544.27 บาท, 120,566.75 บาท และ 124,596.54 บาท ตามลำดับ ซึ่งจากการลงทุนในหุ้นนี้ทำให้ได้ผลกำไร 5,014.24 บาท, 19,544.27 บาท, 20,566.75 บาท และ 24,596.54 บาท ตามลำดับ

โดยจากการลงทุนในหุ้นนี้ พบว่าวิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุนโดยพิจารณาจากหุ้นที่มีความสัมพันธ์ต่างกลุ่มกัน ซึ่งพิจารณาจากแผนภาพ MST และ HT ได้ผลกำไรจากการลงทุนมากกว่า

วิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุนตามประเภทธุรกิจ นั่นคือวิธีการคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุน โดยพิจารณาจากหุ้นที่มีความสัมพันธ์ต่างกลุ่มกัน ทำให้ผู้ลงทุนมีความเสี่ยงในการลงทุนลดน้อยลง และมีโอกาสได้รับกำไรจากการลงทุนในแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากได้มีการกระจายความเสี่ยงในการลงทุนในหุ้น เช่นการลงทุนในหุ้นกลุ่มเทคโนโลยีและการสื่อสาร หุ้น ADVANC, INTUCH และ TRUE มีราคาตลาดต่ำลง ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2559 และวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2559 ส่วนหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ หุ้น BTS มีราคาตลาดลงทั้งหมด ณ วันที่ทำการขาย และหุ้น AOT มีราคาตลาดต่ำลงอย่างมาก ณ วันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2559 และวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2560 นั่นคือถ้าทำการเลือกลงทุนในหุ้นกลุ่มนี้พร้อมกันทั้งหมด จะทำให้มีโอกาสขาดทุนจากการลงทุนครั้งนั้นๆ แต่ในทางตรงข้าม ถ้าทำการกระจายการลงทุนโดยเลือกลงทุนในบางหุ้นของหุ้นกลุ่มนี้ ซึ่งเป็นการกระจายความเสี่ยง นั่นคือ จะทำให้มีโอกาสได้รับผลกำไรมากขึ้นและมีโอกาสขาดทุนน้อยลง



บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 โดยวิธี Minimum Spanning Tree (MST) และวิธี Hierarchical Tree (HT) โดยใช้ข้อมูลราคาปิดและปริมาณการซื้อขาย ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 และเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 ระหว่างกรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ และประยุกต์เทคนิคบูตสตร้าป (Bootstrap Technique) ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมในเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้น

สรุปผล

การศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 โดยแผนภาพ MST และแผนภาพ HT ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 สำหรับกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 พบว่าบนแผนภาพ MST มีการแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ 5 กลุ่มธุรกิจอย่างชัดเจน ดังนี้ กลุ่มธนาคาร กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ นอกจากนี้กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 พบการจัดกลุ่มของหุ้นกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง สำหรับกรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 ยังพบการจัดกลุ่มของหุ้นกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ และกลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ & กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง โดยมีการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK และ หุ้น BEM เนื่องจาก CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ที่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (แสดงในตารางที่ 6) ซึ่งจะพบว่าแผนภาพ MST กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 แสดงการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจมากกว่าวิธีอื่น

แผนภาพ HT สำหรับการวัดค่าระยะห่าง 4 แบบ แสดงลำดับการเชื่อมต่อกันอย่างต่อเนื่องของหุ้นกลุ่มธุรกิจเดียวกัน 5 ธุรกิจหลัก ดังนี้ กลุ่มธนาคาร กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ และกลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ โดยมีการเชื่อมต่อกันระหว่างหุ้น ADVANC และหุ้น INTUCH ในลำดับแรก

ส่วนของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมบนแผนภาพ MST และแผนภาพ HT โดยใช้เทคนิคบูทสเตรป พบว่าการเชื่อมต่อของหุ้นภายในกลุ่มธุรกิจเดียวกันส่วนมากมีค่าบูทสเตรปค่อนข้างสูงและมีค่าระยะห่างสั้น แสดงถึงการมีโอกาสถูกเชื่อมต่อเข้าหากันมากด้วยความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมสูง และจากการพิจารณาค่าเฉลี่ยบูทสเตรปของแผนภาพ MST และแผนภาพ HT สำหรับแต่ละวิธีการคำนวณค่าระยะห่าง พบว่ากรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV มีค่าเฉลี่ยบูทสเตรปสูงกว่ากรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ทั้ง 3 วิธีเล็กน้อย นั่นคือการเชื่อมต่อกันของหุ้นมีความน่าเชื่อถือสูงกว่า

นอกจากนี้พบว่าแผนภาพ MST และแผนภาพ HT กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 2) และกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ โดยพิจารณาอัตราผลตอบแทนและผลต่างของลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 3) แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นใน SET50 คล้ายคลึงกัน ซึ่งหุ้นมีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจบนแผนภาพ MST และแสดงลำดับการจัดกลุ่มหุ้นบนแผนภาพ HT คล้ายคลึงกัน และค่าเฉลี่ยบูทสเตรปบนแผนภาพ MST และแผนภาพ HT มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 โดยวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 แม้จะดำเนินภายใต้ปริมาณการซื้อขายในรูปแบบที่ต่างกัน แต่แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์คล้ายคลึงกัน และมีความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

จากการเปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มหุ้น จากการแบ่ง 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤต (วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2559) และ หลังเกิดสถานการณ์วิกฤต (วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) และ ช่วงเวลาทั้งหมด (วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) (ส่วนที่ 4) สามารถสรุปโครงสร้างการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจ ดังนี้

ตาราง 10 เปรียบเทียบโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ่นบนแผนภาพ MST สำหรับช่วงก่อนเกิดสถานการณ์วิกฤต และหลังสถานการณ์วิกฤต

คุณสมบัติ	วิธีการคำนวณระยะห่างระหว่างหุ่น	
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV	วิธีสัญลักษณ์วิธีที่ 2
1.การเชื่อมโยงภายในกลุ่มธุรกิจ โดยพิจารณาช่วงวันที่ 1 ก.พ. 2559 ถึง 2 ก.พ. 2560	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคาร เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง พลังงานและสาธารณูปโภค&อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ เงินทุนและหลักทรัพย์ 	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคาร เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง พลังงานและสาธารณูปโภค&อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ เงินทุนและหลักทรัพย์ ขนส่งและโลจิสติกส์ ขนส่งและโลจิสติกส์&พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้าง
2. การเชื่อมโยงภายในกลุ่มธุรกิจ โดยพิจารณาช่วงวันที่ 1 ก.พ. 2559 ถึง 5 ต.ค. 2559	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคาร (BBL, KBANK, KTB, SCB) เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (DTAC, INTUCH, ADVANC) พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง (TASCO, CK, LH, CPN, SCC, WHA) พลังงานและสาธารณูปโภค&อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTTGC, PTTEP, PTT, TOP, IRPC) และ (EGCO, TTW) เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) 	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคารทั้ง (BBL, KBANK, KTB, TMB, TCAP, SCB) เทคโนโลยีสารสนเทศและการ (DTAC, INTUCH, ADVANC, TRUE) พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง ((PTTGC, PTTEP, PTT, TOP) และ(EGCO, TTW)) เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) ขนส่งและโลจิสติกส์&พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้าง (CK, BEM)
3. การเชื่อมโยงภายในกลุ่มธุรกิจ โดยพิจารณาช่วงวันที่ 6 ต.ค. 2559 ถึง 2 ก.พ. 2560	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคาร (BBL, KBANK, KTB, SCB, TMB, TCAP) เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ((INTUCH, ADVANC) และ (TRUE, DTAC)) พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุ ก่อสร้าง (CK, CPN) พลังงานและสาธารณูปโภค&สินค้า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ (PTTGC, PTTEP, PTT) เงินทุนและหลักทรัพย์ (MTLS, SAWAD) 	<ol style="list-style-type: none"> ธนาคาร (BBL, KBANK, SCB, TMB) เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (INTUCH, ADVANC) พลังงานและสาธารณูปโภค&สินค้า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ ((PTT, PTTEP, PTTGC, IRPC, EGCO, TTW) และ (BCP, BANPU)) ขนส่งและโลจิสติกส์ &พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้าง (CK, BEM)

จากตารางที่ 10 พบว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นในช่วงก่อนและหลังการเกิดสถานการณ์วิกฤต กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ยังคงแสดงการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจคล้ายคลึงกับกรณีช่วงเวลาทั้งหมด (วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) ซึ่งมากกว่ากรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 ที่มีการจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจที่ลดลง และช่วงหลังเกิดสถานการณ์วิกฤต กรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV พบการเชื่อมต่อของหุ้นส่วนมากมีระยะห่างสั้นลงเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์เครือข่ายหุ้นบนช่วงเวลาทั้งหมด นั่นคือพบโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อสถานการณ์ในตลาดเปลี่ยนไป โดยช่วงตลาดหุ้นผันผวนในลักษณะไม่มีแนวโน้ม หุ้นมีการเกาะกลุ่มกันมากขึ้น แต่การจัดกลุ่มตามประเภทธุรกิจน้อยลง และวิธีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์มีความไวต่อการแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นมากกว่ากรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV และหลังจากเกิดสถานการณ์วิกฤต ทำให้ผู้ลงทุนเกิดความวิตกกังวล จึงทำการขายหุ้นต่างๆที่ถืออยู่พร้อมกัน ส่งผลให้หุ้นในตลาดราคาตกลงอย่างมาก และส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์ของหุ้นมีค่าสูง นั่นคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความอ่อนไหวต่อค่าผิดปกติ ดังนั้นในสถานการณ์ที่ตลาดหลักทรัพย์มีความผันแปรสูงอาจส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์มีค่าสูงมากกว่าปกติ และอาจส่งผลให้หุ้นที่ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างแท้จริงถูกเชื่อมเข้าหากัน ซึ่งการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์เป็นวิธีที่ช่วยลดผลจากความผันแปรแบบผิดปกติที่เกิดในตลาดหลักทรัพย์ และวิธีสัญลักษณ์มีความยืดหยุ่นมากกว่าค่าสหสัมพันธ์เมื่อวิเคราะห์ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน และการคำนวณค่าระยะห่างความสัมพันธ์ของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ไม่สามารถบอกทิศทางของความสัมพันธ์ของหุ้นแต่ละคู่ได้ ดังนั้นการคำนวณค่าระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์จะทำให้เกิดการเชื่อมต่อหุ้นที่ผิดพลาดน้อยลง และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ชัดเจนขึ้น

อภิปรายผล

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยบุทสเตรปบนแผนภาพ MST สำหรับกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีที่พิจารณาจากอนุกรมอัตราผลตอบแทนควบคู่กับลอการิทึมปริมาณการซื้อขาย และอยู่ภายใต้การแรงจูงใจที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน (วิธีที่ 1) มีค่าเฉลี่ยบุทสเตรปมากกว่าวิธีการวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์อีก 2 วิธี และเมื่อพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มหุ้นบนแผนภาพ MST สำหรับกรณีวัดระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 พบว่าหุ้น TASCO ซึ่งเป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ยางมะตอยที่ใช้สำหรับงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงถนน รวมถึงทางวิ่งขึ้นลง (Runway) ของสนามบิน เป็นหุ้นศูนย์กลางของเครือข่าย โดยมีหุ้นจำนวนมากเชื่อมต่อกับหุ้นนี้ ซึ่งจากการพิจารณาการกระจายของ

ราคาปิดของหุ้น TASC0 พบว่ามีการกระจายค่อนข้างน้อย แต่ในช่วงต้นปี 2560 พบว่าราคาปิดหุ้นมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เนื่องจากราคายางมะตอยฟื้นตัว ซึ่งเกิดจากในปี 2560 รัฐบาลใช้งบประมาณสำหรับการซ่อมสร้างถนนอย่างต่อเนื่อง และอาจได้รับประโยชน์เพิ่มเติมหากรัฐบาลออกงบเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในภาคใต้ [41] จากรูปแบบการกระจายของราคาปิดดังกล่าวส่งผลให้การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์โดยพิจารณาภายใต้การแจกแจงที่สมมาตรของอัตราผลตอบแทน ทำให้ข้อมูลสัญลักษณ์ไม่ได้ถูกแบ่งอยู่ใน 3 บริเวณที่เท่าๆกัน โดยส่วนมากมีค่าอยู่บริเวณ 2 ซึ่งทำให้มีค่าระยะห่างระหว่างหุ้น TASC0 กับหุ้นอื่นๆน้อย จึงทำให้หุ้น TASC0 นั้นกลายเป็นหุ้นศูนย์กลางของเครือข่าย ที่แสดงลักษณะการรวมเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยแยกกลุ่มความสัมพันธ์ของหุ้นได้ไม่ชัดเจน ทำให้ยากต่อการตัดสินใจกระจายการลงทุนเพื่อเลือกหุ้นเข้าสู่พอร์ตการลงทุน

จากโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้นใน SET50 จะพบว่า หุ้นที่อยู่ในกลุ่มธุรกิจเดียวกัน มีแนวโน้มที่จะรวมกลุ่มกัน เนื่องจากบริษัทเหล่านี้ดำเนินธุรกิจคล้ายกัน และได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกพร้อมกัน จึงมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีกลุ่มหลักๆคือ กลุ่มธนาคาร กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (พลังงานน้ำมันและโรงกลั่น) & กลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์

โดยหุ้นกลุ่มธนาคารเปรียบเสมือนเป็นกลุ่มศูนย์กลางของเครือข่ายหุ้นเนื่องจากมีการเชื่อมโยงกับหลายธุรกิจ ประกอบด้วยกลุ่มธนาคารขนาดใหญ่ เช่น หุ้น KBANK (ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน)) หุ้น KTB (ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน)) หุ้น SCB (ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)) หุ้น BBL (ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)) และกลุ่มธนาคารขนาดเล็ก เช่น หุ้น TMB (ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)) และหุ้น TCAP (บริษัท ทูชนชาติ จำกัด (มหาชน)) ซึ่งหุ้นส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กันมาก และมีระยะห่างการเชื่อมต่อสั้น เนื่องจากธุรกิจธนาคารต่างๆ มีการให้บริการในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน เช่น ให้บริการรับฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน บริการด้านสินเชื่อ ประกันภัย บัตรเครดิต เป็นต้น แต่หุ้น TCAP มีการเชื่อมต่อด้วยระยะห่างที่ยาวขึ้น เป็นผลมาจากการประกอบธุรกิจที่หลากหลายขึ้น เช่น ทำธุรกิจโบรกเกอร์ ธุรกิจกฎหมายและประเมินราคา ธุรกิจการพัฒนาฝึกอบรม เป็นต้น [42]

กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประกอบด้วยหุ้น ADVANC (บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)) หุ้น INTUCH (บริษัท อินทัช โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)) หุ้น DTAC (บริษัท โทเทิลแอนด์คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)) และหุ้น TRUE (บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)) พบว่า หุ้น INTUCH หุ้น ADVANC และหุ้น DTAC ถูกเชื่อมเข้าหากัน เนื่องจากหุ้นทั้งสามตัวนี้ประกอบธุรกิจในรูปแบบเดียวกัน โดยเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายและบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศ ซึ่งหุ้น INTUCH และหุ้น ADVANC มีการเชื่อมต่ออย่างใกล้ชิด เนื่องจาก

หุ้นทั้งสองเป็นบริษัทในเครือเดียวกัน โดยหุ้น INTUCH เป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว ยังมีการประกอบธุรกิจอื่นๆ เช่น ไทยคม เป็นผู้ให้บริการเช่าช่องสัญญาณดาวเทียม ซีเอสแอล เป็นผู้ให้บริการไอซีทีแบบครบวงจรสำหรับธุรกิจองค์กร เป็นต้น และหุ้น ADVANC หรือบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ยังเป็นบริษัทลูกของบริษัท อินทัชโฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน) ด้วย แต่หุ้น TRUE ไม่ได้เชื่อมเข้าในกลุ่มนี้ เพราะหุ้น TRUE มีการดำเนินธุรกิจหลากหลายทั้งเป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตและเคเบิลทีวี รวมทั้งให้บริการดิจิทัลคอนเทนต์ต่างๆในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทั้งประกอบธุรกิจหลัก คือ โทรูฟ เป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่รายใหญ่อันดับสามของประเทศ ยังมี โทรูออนไลน์ เป็นผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต และบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตรายใหญ่ที่สุดของประเทศ รวมทั้งเป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานรายใหญ่ที่สุดในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โทรูวิชั่นส์ เป็นผู้ให้บริการโทรทัศน์ระบบบอกรับเป็นสมาชิกทั่วประเทศรายเดียวของประเทศไทย โทรูมันนี่ ซึ่งให้บริการ E-Commerce และทรูไลฟ์ ซึ่งให้บริการดิจิทัลคอนเทนต์ต่างๆ [33-35]

กลุ่มเงินทุนและหลักทรัพย์ มีการเชื่อมกันระหว่างหุ้น MTL5 (บริษัท เมืองไทย ลิสซิ่ง จำกัด (มหาชน)) และหุ้นSAWAD (บริษัท ศรีสวัสดิ์ พาวเวอร์ 1979 จำกัด (มหาชน)) เนื่องจากหุ้นทั้งสองหุ้นเน้นการปล่อยสินเชื่อทรัพย์สินต่างๆเหมือนกัน ทั้งรถยนต์ รถจักรยานยนต์ บ้าน และที่ดิน เป็นต้น [43, 44]

กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภค (น้ำมันและโรงกลั่น) และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ จะเห็นการเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดระหว่างธุรกิจพลังงานน้ำมันด้วยกัน ประกอบด้วยหุ้น PTT หุ้น PTTEP และ PTTGC ซึ่งเป็นธุรกิจน้ำมันขนาดใหญ่ โดยหุ้น PTT (บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)) เป็นบริษัทพลังงานแห่งชาติ ประกอบธุรกิจก๊าซธรรมชาติครบวงจร รวมถึงธุรกิจน้ำมัน ธุรกิจการค้าระหว่างประเทศ และหุ้น PTTEP (บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)) ซึ่งเป็นบริษัทในเครือของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) โดยบริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ดำเนินธุรกิจหลัก คือ สำรวจและผลิตปิโตรเลียมทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ส่วนหุ้น PTTGC (บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)) เป็นบริษัทที่แข็งแกร่งด้วยความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งสายโพลีเอทิลีนและอะโรเมติกส์และเป็นบริษัทในเครือของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เช่นกัน จึงถูกเชื่อมเข้าหากัน ด้วยระยะห่างที่สั้นและความน่าเชื่อถือของเส้นเชื่อมที่ค่อนข้างมาก และสำหรับหุ้นพลังงานประเภทอื่นๆ เช่น หุ้น TTW (พลังงานน้ำ) หุ้นในกลุ่มโรงงานผลิตไฟฟ้า คือหุ้น EGCO หุ้น GPSC และหุ้น GLOW เป็นหุ้นซึ่งนักลงทุนซื้อไว้เพื่อหวังเงินปันผล และเป็นหุ้นที่ไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากวิกฤตเศรษฐกิจต่างๆ จึงมีลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์ที่ต่างจากหุ้นอื่นๆ จึงมักอยู่ปลายสุดของแผนภาพ MST และยังพบการเชื่อมต่อกันของหุ้น CK ซึ่งเป็นหุ้นกลุ่มกลุ่มพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง กับหุ้น BEM ซึ่งเป็นหุ้น

กลุ่มขนส่งและโลจิสติกส์ เนื่องจาก CK หรือบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่สุดของ BEM หรือบริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) [36, 37, 39, 45]

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การพิจารณาเครือข่ายความสัมพันธ์ของหุ้นในการศึกษานี้ สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกหุ้นเข้าพอร์ตการลงทุนเพื่อลดความเสี่ยง ซึ่งผู้ลงทุนไม่ควรลงทุนในหุ้นที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันมากเกินไป และหุ้นที่อยู่ตำแหน่งปลายของ MST จะมีลักษณะแตกต่างจากหุ้นส่วนใหญ่ เช่น เป็นหุ้นที่ไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งหุ้นเหล่านี้มักเป็นหุ้นคุณค่าที่เน้นเงินปันผลเหมาะสำหรับลงทุนในระยะยาว หรือเป็นหุ้นตัวใหม่ที่เพิ่งเข้ามาอยู่ใน SET50 เป็นต้น

2. เนื่องจากลักษณะโครงสร้างความสัมพันธ์และการจัดกลุ่มของหุ้นมีความอ่อนไหวตามเวลาที่เปลี่ยนไปและสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้ที่นำวิธีนี้ไปใช้ในการตัดสินใจจะต้องมีการอัปเดตข้อมูลตลอดเวลา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการคำนวณค่าระยะห่างของหุ้นบนพื้นฐานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV ไม่สามารถบอกทิศทางของความสัมพันธ์ของหุ้นแต่ละคู่ได้ ดังนั้นอาจแนะนำเสนอสัมประสิทธิ์ตัวใหม่ที่ใช้วัดความสัมพันธ์ของหุ้นและสามารถบอกทิศทางความสัมพันธ์ได้ กรณีที่ข้อมูลหลายมิติ (Multivariate time series)

2. ในงานวิจัยนี้แนะนำให้เสนอการแปลงอนุกรมข้อมูลเป็นอนุกรมสัญลักษณ์ ด้วยสัญลักษณ์ 3 สัญลักษณ์ ดังนั้นอาจแนะนำให้เสนอการแปลงข้อมูลในรูปสัญลักษณ์ที่มากขึ้น เพื่อศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ของหุ้น

รายการอ้างอิง

1. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. "วิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน". [ออนไลน์]. 2558. แหล่งที่มา: https://www.set.or.th/education/th/begin/stock_content04.pdf. [28 ก.พ.2560].
2. Mantegna, R.N., *Hierarchical structure in financial markets*. Eur. Phys. J. B 11, 1999: p. 193-197.
3. Kruskal, J., *Proceedings of the American Mathematical Society*. 1956. Volume 7: p. 48-50.
4. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. "รู้จักคำศัพท์ลงทุน". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.set.or.th/set/education/glossary.do?language=th&country=TH#meaning>. [20 มี.ค. 2560].
5. ภากร ลีรุ่งเรืองพันธ์ุ, และสิริวรรณ โนมจรรย์. "ศึกษาอัตราผลตอบแทนและความเสี่ยงของหลักทรัพย์หมวดธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กลุ่มอุตสาหกรรมเทคโนโลยี ในดัชนี SET100Index". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://eprints.utcc.ac.th/2022/3/2022summary.pdf>. [20 มี.ค. 2560].
6. Tumminello, M., F. Lillo, and R.N. Mantegna, *Correlation, hierarchies, and networks in financial markets*. Journal of Economic Behavior & Organization 75, 2010: p. 40-58.
7. Tumminello, M., et al., *Spanning Trees and bootstrap reliability estimation in correlation based networks*. 2008.
8. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. "หุ้นคืออะไร". [ออนไลน์]. 2558. แหล่งที่มา: https://www.set.or.th/education/th/begin/stock_content01.pdf. [24 ม.ค. 2560].
9. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. "ดัชนีตลาดหลักทรัพย์". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.set.or.th/th/products/index/setindex_p3.html?printable=true. [24 ม.ค. 2560].
10. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. "SET 50 & SET 100 Indices Rule ดัชนีราคา SET50 Index และ SET100 Index". [ออนไลน์]. 2556 แหล่งที่มา: <https://test.set.or.th/th/products/index/files/2013-01-SET50-100-IndexRule-TH.pdf>. [24 ม.ค. 2560].
11. คณมัส จิรเสวีประพันธ์. "การวิเคราะห์ปริมาณการซื้อขาย". [ออนไลน์]. 05 มกราคม 58.

แหล่งที่มา:

https://www.nomuradirect.com/e_learning/blog_inner/blog_details.aspx?id=43&cat_id=3. [24 ม.ค. 2560].

12. สุดา ตระการเถลิงศักดิ์, การวิจัยดำเนินงาน1. 2556: กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
13. บุญยากร ย่างคุณธรรม, และอื่นๆ. "ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://sites.google.com/site/graphmath101/kar-prayukt-khxng-thvsdi-kraf-thi-keiywkhxng-kab-tnmi>. [24 ม.ค. 2560].
14. ดนัย ปัตตพงศ์. "Cluster Analysis". เอกสารวิชาการด้านศาสตร์การวิจัยและสถิติประยุกต์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://it.nation.ac.th/faculty/danai/download/statistics%20talks23.pdf>. [25 ม.ค. 2560].
15. สมโภชน์ ศรีสมุทร. "การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Cluster Analysis". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.saruthipong.com/port/document/299-705/299-705-10.pdf>. [25 ม.ค. 2560].
16. สมโภชน์ ศรีสมุทร, การวิเคราะห์การกลุ่มโรงเรียนตามมาตรฐานการศึกษาเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอก: ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. 2550, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. p. 27-35.
17. Mark D. Roberts, *Ultrametric Distance in Syntax*. The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics No. 103, 2015: p. 111–130.
18. Mantegna, R.N. and H.E. Stanley, *AN INTRODUCTION TO ECONOPHYSICS Correlations and Complexity in Finance*. ISBN 0 521 62008 2 hardback, 2000: p. 106-111.
19. ณัฐวุฒิ คุ้มฉนวนเจริญชัย. "Financial Research". [ออนไลน์]. 29 ก.ค. 2012. แหล่งที่มา: <http://fin.bus.ku.ac.th/01131591%20Financial%20Research/Lecture%20Slides/stylized%20facts.pdf>. [30 ม.ค. 2560].
20. Rea, A. and W. Rea, *Visualization of a stock market correlation matrix*. Physical A 400, 2014: p. 109-123.
21. Brida, J.G., D. Matesanz, and M.N. Seijas, *Network analysis of returns and volume trading in stock markets: The Euro Stoxx case*. Physical A 444 2016: p. 751-764.

22. Podobnika, B., et al., *Cross-correlations between volume change and price change*. Proc. Natl. Acad. Sci. 106 (52), 2009: p. 22079–22084.
23. Stošić, D., et al., *Multifractal properties of price change and volume change of stock market indices*. Physica A 428, 2015: p. 46–51.
24. Kazemilari, M. and M.A. Djauhari, *Correlation network analysis for multi-dimensional data in stocks market*. Physical A 429, 2015: p. 62-75.
25. Abdi, H., *RV Coefficient and Congruence Coefficient*. In Neil Salkind (Ed.) : Encyclopedia of Measurement and Statistics. , 2007. Thousand Oaks (CA): Sage.
26. W.T.Math.KKU. *ไอเกนแวลลิว และ ไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvalue and Eigenvector)*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://home.kku.ac.th/wattou/teaching/321211/301.pdf>. [1 ส.ค. 2560].
27. Brida, J.G. and W.A. Risso, *Hierarchical structure of the German stock market*. Expert Syst. Appl. 37, 2010: p. 3846-3852.
28. Coletti, P., *Comparing minimum spanning trees of the Italian stock market using returns and volumes*. Physical A, 2016: p. 30-32.
29. Karpoff, J., *The relation between price change and trading volume: A survey*. Finan. Quant. Anal. 22 (1), 1987: p. 109-126.
30. Brida, J.G. and W.A. Risso, *Multidimensional minimal spanning tree: The Dow Jones case*. 2008. Physical A 387 p. 5205-5210.
31. Kantar, E. and M. Keskin, *The relationships between electricity consumption and GDP in Asian countries, using hierarchical structure methods*. Physica A 392, 2013: p. 5678-5684.
32. บริษัทหลักทรัพย์จัดการกองทุน ทาลิส จำกัด. "ภาวะตลาดหุ้นไทย (10-14 ตุลาคม2559)". [ออนไลน์]. 14 ต.ค. 2559. แหล่งที่มา: <http://www.talisam.co.th/2016/10/thai-equity-market-10-14-oct/>. [4 ก.ค. 2560].
33. INTOUCH. "ธุรกิจอินทัช". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.intouchcompany.com/pm_th.asp. [5 ก.ค. 2560].
34. บริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน). "TRUE". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.truecorp.co.th/th/what_we_do.aspx. [5 ก.ค. 2560].
35. บริษัท โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน). "DTAC". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

- http://www.dtac.co.th/home.html?utm_expId=65424392-2.cgkH-c02TsWoaFYjFzrnZg.0. [5 ก.ค. 2560].
36. บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน). "PTTEP". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.pttep.com/th/OurBusiness.aspx>. [5 ก.ค. 2560].
 37. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). "PTT". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.pttplc.com/th/pages/home.aspx>. [5 ก.ค. 2560].
 38. บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน). "BTS". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.btsgroup.co.th/th/career.php>. [5 ก.ค. 2560].
 39. บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน). "BEM". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.bemplc.co.th/about.php>. [5 ก.ค. 2560].
 40. บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). "AOT". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.airportthai.co.th/main/th>. [5 ก.ค. 2560].
 41. PR, T. "TASCO 2560 ยังไปได้สวยกันอีกปี". [ออนไลน์]. 19 ม.ค. 2560. แหล่งที่มา: <http://www.thaipr.net/finance/751370>. [6 ก.ค. 2560].
 42. บริษัท ทูนาชชาติ จำกัด (มหาชน). "ธนชาติ". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.thanachart.co.th/th/home>. [6 ก.ค. 2560].
 43. บริษัท ศรีสวัสดิ์ พาวเวอร์ 1979 จำกัด (มหาชน). "ศรีสวัสดิ์". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.meebaanmeerod.com/aboutus>. [6 ก.ค. 2560].
 44. บริษัท เมืองไทย ลิสซิ่ง จำกัด (มหาชน). "MTLS". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.pttgcgroup.com/th/aboutus/who-we-are>. [6 ก.ค. 2560].
 45. บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน). "PTT GLOBAL CHEMICAL". [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.pttgcgroup.com/th/aboutus/who-we-are>. [6 ก.ค. 2560].



ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

1. คำสั่งสร้าง Minimum Spanning Tree สำหรับโปรแกรม MATLAB

```
A=[data]; %data คือ ข้อมูลราคาปิดของหุ้นใน SET50
B=[dataS1]; % dataS1 คือข้อมูลปริมาณการซื้อขายของหุ้นใน SET50
P=log(A);
V=log(B);
for i = 1:49;
    for t = 1:242;
        r(t,i) = P(t+1,i)-P(t,i);
        vo(t,i)= V(t+1,i);
        vc(t,i) = V(t+1,i)-V(t,i);
    end
end
```

1.1 กรณีวัดระยะทางบนพื้นฐานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

```
for j = 1:49;
    for i= 1:49;
        for t = 1:242;
            srv(t, i, j) = r(t, i)*vo(t, j);
        end
        msrv(i, j)=mean(srv(:, i, j));
    end
end

% Covariance matrix of returns and volume change (or log volume) between stock i
and j
for j=1:49;
    for i=1:49;
        ss(i, j)=msrv(i, j)-((mean(r(:, i)))*(mean(vo(:, j))));
    end
end
```

```

for j = 1:49;
    for i= 1:49;
        for t = 1:242;
            ssr(t, i, j) = r(t, i)*r(t, j);
        end
        mssr(i, j)=mean(ssr(:, i, j));
    end
end
% Covariance matrix of returns between stock i and j
for j=1:49;
    for i=1:49;
        srr(i, j)=mssr(i, j)-((mean(r(:, i)))*(mean(r(:, j))));
    end
end
for j = 1:49;
    for i= 1:49;
        for t = 1:242;
            ssv(t, i, j) = vo(t, i)*vo(t, j);
        end
        mssv(i, j)=mean(ssv(:, i, j));
    end
end
% Covariance matrix of volume change (or log volume) between stock i and j
for j=1:49;
    for i=1:49;
        svv(i, j)=mssv(i, j)-((mean(vo(:, i)))*(mean(vo(:, j))));
    end
end
% RV coefficient matrix
for j=1:49;

```



```

for i=1:49;
    RV(i,j)=(sum(diag([srr(i,j),ss(i,j);ss(j,i),svv(i,j)]*[srr(i,j),ss(j,i);ss(i,j),svv(i,j)])))/
(sqrt((sum(diag([srr(i,i),ss(i,i);ss(i,i),svv(i,i)]^2)))*(sum(diag([srr(j,j),ss(j,j);ss(j,j),svv(j,j)]^2))))));
    end
end
% Distance matrix
for j = 1:49;
    for i = 1:49;
        w(i,j)=sqrt(2*(1-RV(i,j)));
    end
end
% save distance matrix for calculate Ultrametric distance matrix in R
filename = 'distRV.xlsx';
name=[1:49;w];
xlswrite(filename,name)

```

1.2 กรณีวัดระยะทางบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1

```

% Symbolization1
for i=1:49;
    for t=1:242;
        if vo(t,i)>=mean(vo(:,i))&& r(t,i)<(mean(r(:,i))-((std(r(:,i)))/2));
            si(t,i)=1;
        elseif vo(t,i)<mean(vo(:,i))|((mean(r(:,i))-
((std(r(:,i)))/2))<=r(t,i)&&r(t,i)<=(mean(r(:,i))+((std(r(:,i)))/2)));
            si(t,i)=2;
        elseif vo(t,i)>=mean(vo(:,i))&& r(t,i)>(mean(r(:,i))+((std(r(:,i)))/2));
            si(t,i)=3;
        else
            si(t,i)=0
        end
    end
end

```

```

end

% Symbolic distance matrix
for i=1:49;
    for j=1:49;
        w(i,j)= sqrt(sum((si(:,i)-si(:,j)).^2));
    end
end

% save distance matrix for calculate Ultrametric distance matrix in R
filename = 'distsym1.xlsx';
name3=[1:49;w];
xlswrite(filename,name3)

```

1.3 กรณีวัดระยะทางบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2

```

for i=1:49;
    kk(i)=prctile(r(:,i),((1/3)*100));
    bb(i)=prctile(r(:,i),((2/3)*100));
end

% Symbolization 2
for i=1:49;
    for t=1:80;
        if vo(t,i)>=mean(vo(:,i))&& r(t,i)<kk(i);
            si(t,i)=1;
        elseif vo(t,i)<mean(vo(:,i))|(kk(i)<=r(t,i)&&r(t,i)<=bb(i));
            si(t,i)=2;
        elseif vo(t,i)>=mean(vo(:,i))&& r(t,i)>bb(i);
            si(t,i)=3;
        else
            si(t,i)=0;
        end
    end
end

```

```

end

% Symbolic distance matrix
for i=1:49;
    for j=1:49;
        w(i,j)= sqrt(sum((si(:,i)-si(:,j)).^2))/sqrt(80);
    end
end

% save distance matrix for calculate Ultrametric distance matrix in R
filename = 'distsym2.xlsx';
name=[1:49;w];
xlswrite(filename,name)

```

1.4 กรณีวัดระยะทางบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3

```

for i=1:49;
    kk(i)=prctile(r(:,i),((1/3)*100));
    bb(i)=prctile(r(:,i),((2/3)*100));
end

% Symbolization 3
for i=1:49;
    for t=1:242;
        if vo(t,i)>=0&& r(t,i)<kk(i);
            si(t,i)=1;
        elseif vo(t,i)<0||((kk(i)<=r(t,i)&&r(t,i)<=bb(i)));
            si(t,i)=2;
        elseif vo(t,i)>=0&& r(t,i)>bb(i);
            si(t,i)=3;
        else
            si(t,i)=0;
        end
    end
end

```

```

end

% Symbolic distance matrix
for i=1:49;
    for j=1:49;
        w(i,j)= sqrt(sum((si(:,i)-si(:,j)).^2));
    end
end

% save distance matrix for calculate Ultrametric distance matrix in R
filename = 'distsym3.xlsx';
name=[1:49;w];
xlswrite(filename,name)
-----
I0 = ones(49);
I1 = eye(49);
X = I0-I1;
isUndirGraph = 1;
if size(X,1)==size(X,2) && sum(X(:)==0)+sum(X(:)==1)==numel(X)
if any(any(X-X'))
isUndirGraph = 0;
end
if isUndirGraph
    ne = zeros(sum(sum(X.*triu(ones(size(X))))),2);
else
    ne = zeros(sum(X(:)),2);
end
cnt = 1;
for i = 1:size(X,1);
    v = find(X(i,:));
if isUndirGraph
    v(v<=i) = [];

```

```

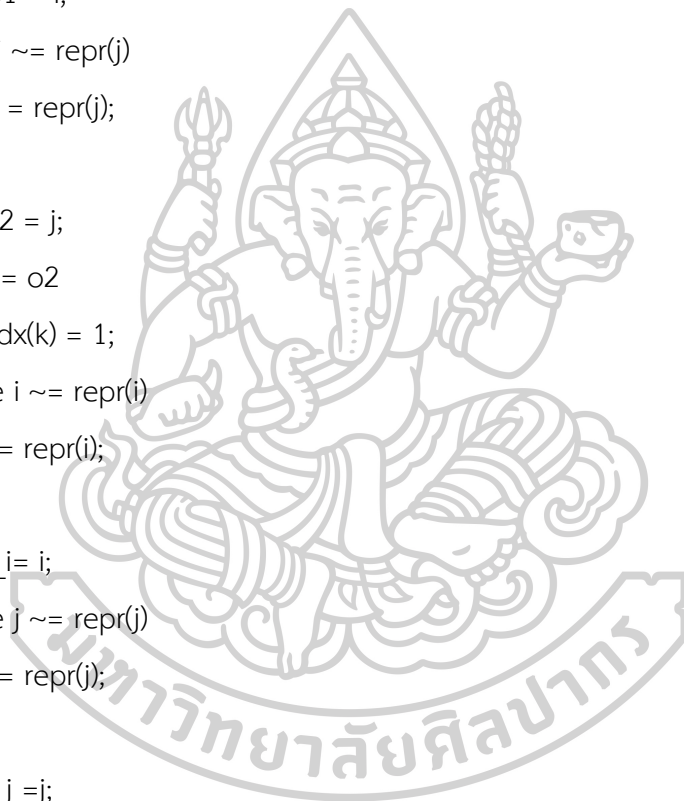
end
    u = repmat(i, size(v));
    edges = [u; v]';
    ne(cnt:cnt+size(edges,1)-1,:) = edges;
    cnt = cnt + size(edges,1);
end
else
    if size(unique(sort(X,2),'rows'),1)~=size(X,1);
        isUndirGraph = 0;
    end
    ne = X;
end
if numel(w)~=length(w);
    tmp = zeros(size(ne,1),1);
    cnt = 1;
    for k = 1:size(ne,1);
% distance of N*(N-1)/2 edges in complete
        tmp(cnt) = w(ne(k,1),ne(k,2));
        cnt = cnt + 1;
    end
end
N = max(ne(:)); % Number of nodes
Ne = size(ne,1); % number of edges
lidx = zeros(Ne,1); % logical edge index; 1 for the edges that will be
in the minimum spanning tree
% Sort edges w.r.t. weight
[tmp,idx] = sort(tmp);
ne = ne(idx,:); % Neighbors of N*(N-1)/2 edges in complete graph
% Initialize: assign each node to itself
repr = (1:N);
rnk = zeros(1,N);

```

```

% Run Kruskal's algorithm
for k = 1:Ne;
    i = ne(k,1);
    j = ne(k,2);
    while i ~= repr(i)
        i = repr(i);
    end
    o1 = i;
    while j ~= repr(j)
        j = repr(j);
    end
    o2 = j;
    if o1 ~= o2
        lidx(k) = 1;
        while i ~= repr(i)
            i = repr(i);
        end
        r_i = i;
        while j ~= repr(j)
            j = repr(j);
        end
        r_j = j;
        if nk(r_i) > nk(r_j)
            repr(r_j) = r_i;
        else
            repr(r_i) = r_j;
            if nk(r_i) == nk(r_j)
                nk(r_j) = nk(r_j) + 1;
            end
        end
    end
end
end

```




```

end

% Form the minimum spanning tree
treeidx = find(lidx);
ST = ne(treeidx,:);% Neighbors of (N-1) edges in MST
% generate adjacency matrix of the minimum spanning tree
X_st = zeros(N);
for k = 1:size(ST,1);
    X_st(ST(k,1),ST(k,2)) = 1;
    if isUndirGraph, X_st(ST(k,2),ST(k,1)) = 1; end
end
% Evaluate the total weight of the minimum spanning tree
w_st = sum(w(treeidx));
for i=1:48;
    for j=2;
        k1 = ST(i);
        k2 = ST(i,j);
        Dis(i,1)= w(k1,k2); % distance of N-1 edges in MST
    end
end
end

```

2. คำสั่งสร้างแผนภาพ MST สำหรับโปรแกรม Pajek

```

*Network
*vertices 49
1 "ADVANC"
2 "AOT"
3 "BA"
4 "BANPU"
5 "BBL"
6 "BCP"
7 "BDMS"

```

- 8 "BEC"
- 9 "BEM"
- 10 "BH"
- 11 "BLA"
- 12 "BTS"
- 13 "CBG"
- 14 "CENTEL"
- 15 "CK"
- 16 "CPALL"
- 17 "CPF"
- 18 "CPN"
- 19 "DELTA"
- 20 "DTAC"
- 21 "EGCO"
- 22 "GLOW"
- 23 "GPSC"
- 24 "HMPRO"
- 25 "INTUCH"
- 26 "IRPC"
- 27 "IVL"
- 28 "KBANK"
- 29 "KCE"
- 30 "KTB"
- 31 "LH"
- 32 "MINT"
- 33 "MTLS"
- 34 "PTT"
- 35 "PTTEP"
- 36 "PTTGC"
- 37 "ROBINS"
- 38 "SAWAD"



- 39 "SCB"
- 40 "SCC"
- 41 "TASCO"
- 42 "TCAP"
- 43 "TMB"
- 44 "TOP"
- 45 "TPIPL"
- 46 "TRUE"
- 47 "TTW"
- 48 "TU"
- 49 "WHA"

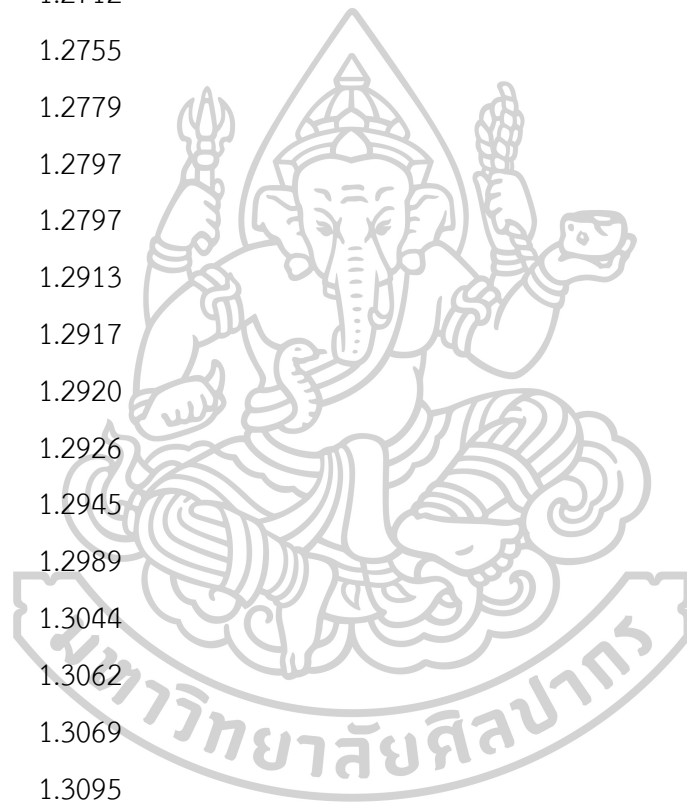
2.1 กรณีสหสัมพันธ์ทางบนพื้นฐานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

*Edges

1	25	0.9713
5	30	1.1188
4	13	1.1349
5	28	1.1487
34	35	1.1512
33	38	1.1547
30	39	1.1761
7	18	1.1860
27	43	1.1862
1	5	1.1977
34	36	1.2263
18	40	1.2308
34	40	1.2331
18	24	1.2393
4	27	1.2429
15	18	1.2459
6	15	1.2498



3	13	1.2527
12	15	1.2529
15	31	1.2550
5	43	1.2596
17	24	1.2598
2	34	1.2608
18	28	1.2620
9	18	1.2712
36	44	1.2755
16	30	1.2779
18	46	1.2797
17	48	1.2797
13	38	1.2913
22	43	1.2917
19	37	1.2920
1	20	1.2926
28	42	1.2945
10	18	1.2989
1	14	1.3044
1	37	1.3062
26	36	1.3069
15	41	1.3095
9	11	1.3113
1	23	1.3127
13	49	1.3161
19	21	1.3243
21	47	1.3263
4	29	1.3293
8	22	1.3328
8	32	1.3384
34	45	1.3525



หมายเหตุ: กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 ใช้คำสั่งในรูปแบบเดียวกัน แต่แทนค่าในขั้น*Edges ด้วยเส้นเชื่อมและระยะห่างจำนวน 48 เส้นเชื่อม ตามวิธีการวัดระยะห่างนั้น

3. คำสั่งสร้างเมทริกซ์ Ultrametric distance สำหรับโปรแกรม R

```
require(clue)
gow2ultra = function(dist.mat, consensus = TRUE) {
  # Create trees based on different clustering methods
  tree_methods = c("single")
  trees = lapply(tree_methods, function(j) hclust(dist.mat, method = j))
  # Convert trees to ultrametric
  trees.ultra = lapply(trees, function(j) cl_ultrametric(as.hclust(j)))
  names(trees.ultra) = tree_methods
  # Build the consensus tree (Mouchet et al 2008 Oikos)
  if (consensus == TRUE) {
    ensemble.trees = cl_ensemble(list = trees)
    consensus.tree = cl_consensus(ensemble.trees)
    trees.ultra = c(trees.ultra, consensus.tree[1])
    names(trees.ultra)[length(trees.ultra)] = "consensus"
  }
  # calculate dissimilarity values for each tree (using 2-norm, Merigot et al 2010
  Ecology)
  trees.dissim = lapply(trees.ultra, function(j) cl_dissimilarity(j, dist.mat,
method="spectral"))
  # Identify best tree and isolate
  trees.dissim2 = do.call(rbind, trees.dissim)
  min.tree = which.min(trees.dissim2)
  message(paste("The best tree was:", names(trees.ultra)[min.tree]))
  # Extract best distance matrix and return
```

```

final.dist.mat = trees.ultra[names(trees.ultra) == names(trees.ultra)[min.tree]][[1]]
return(final.dist.mat)
}

```

3.1 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

#เปิดเมทริกซ์ระยะห่างที่นำไปใช้สร้าง MST ที่ได้จากโปรแกรม MATLAB

#Euqidian distance

```
dist <-read.csv("D:/MATLAB/R2013a/bin/distRV.csv")
```

หมายเหตุ: 1. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 เปลี่ยนไฟล์ distRV.csv เป็นไฟล์ชื่อ

distsym1.csv

2. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 เปลี่ยนไฟล์ distRV.csv เป็นไฟล์ชื่อ

distsym2.csv

3. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3 เปลี่ยนไฟล์ distRV.csv เป็นไฟล์ชื่อ

distsym3.csv

```
example.dist=as.dist(dist, diag = NULL, upper = NULL)
```

Load required libraries

```
library(clue)
```

Run function gow2dis

```
gow2ultra(example.dist, consensus = TRUE)
```

Get Ultrametric distance matrix

```
b=gow2ultra(example.dist, consensus = TRUE)
```

```
matric <- as.matrix(b)
```

#save Ultrametric distance matrix to create HT in MATLAB

```
write.table(matric,"C:/Users/Angle_Ang/Documents/ultra/ultraRV.txt")
```

หมายเหตุ: 1. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 เปลี่ยนชื่อไฟล์ ultraRV.txt เป็น

ultraSYM1.txt

2. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 เปลี่ยนชื่อไฟล์ ultraRV.txt เป็น

ultraSYM2.txt

3. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3 เปลี่ยนชื่อไฟล์ ultraRV.txt เป็น

ultraSYM3.txt

4. Plot HT จาก Ultrametric distance matrix โดยใช้ MATLAB

4.1 กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ RV

% import Ultrametric distance matrix ที่ได้จากโปรแกรม R

ULTRA = [ultraRV]; %Ultrametric distance matrix

หมายเหตุ: 1. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 1 เปลี่ยนไฟล์ ultraRV.xlsx เป็นไฟล์ชื่อ ultraSYM1.xlsx

2. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 2 เปลี่ยนไฟล์ ultraRV.xlsx เป็นไฟล์ชื่อ ultraSYM2.xlsx

3. กรณีวัดระยะห่างบนพื้นฐานวิธีสัญลักษณ์ วิธีที่ 3 เปลี่ยนไฟล์ ultraRV.xlsx เป็นไฟล์ชื่อ ultraSYM3.xlsx

Diss = squareform (ULTRA);

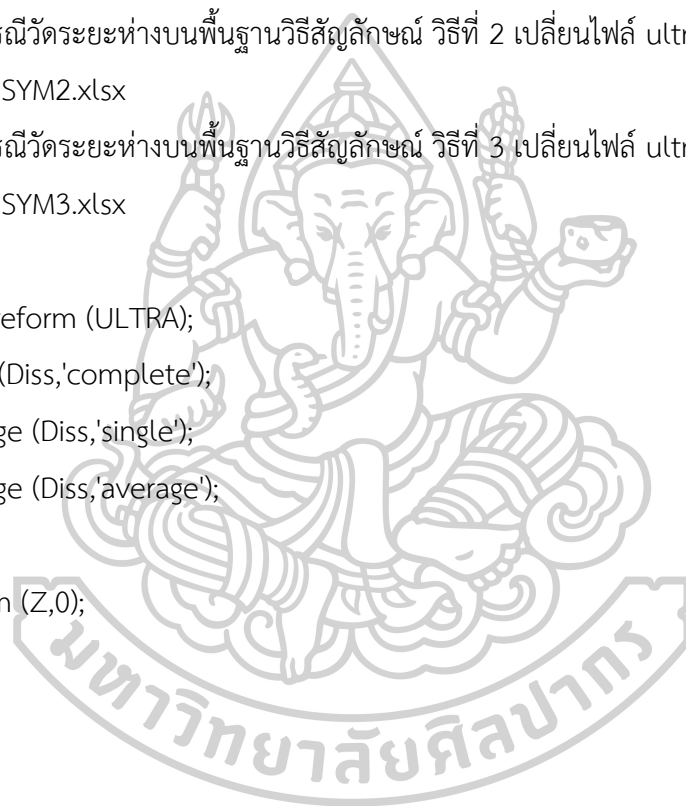
Z = linkage (Diss,'complete');

%Z = linkage (Diss,'single');

%Z = linkage (Diss,'average');

%Plot HT

Dendrogram (Z,0);



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	อังคณา เกาะแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	1 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	วท.บ.สถิติ
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 63 หมู่ 7 ต.ปากน้ำ อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี 72120
ผลงานตีพิมพ์	Kokaew, A. and Hirunkasi, K.(2016). A Comparison of Methods to Test Mediated Effect by Using Bootstrapping Method. ICAS2016, Phuket, Thailand.

