การคัดเลือกและสกัดคุณลักษณะเพื่อการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูดภาษาไทย

นายเมธี เจริญดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Feature Selection and Extraction for Thai Emotional Speech Classification

Mr. Matee Charoendee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดเลือกและสกัดคุณลักษณะเพื่อการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูดภาษาไทย
โดย	นายเมธี เจริญดี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อติวงศ์ สุชาโต
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โปรดปราน บุณยพุกกณะ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. อติวงศ์ สุชาโต)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โปรดปราน บุณยพุกกณะ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาย ธนวเสถียร)

เมธี เจริญดี : การคัดเลือกและสกัดคุณลักษณะเพื่อการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูดภาษาไทย (Feature Selection and Extraction for Thai Emotional Speech Classification) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อติวงศ์ สุชาโต, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. โปรดปราน บุณยพุกกณะ, 82 หน้า.

มนุษย์ใช้เสียงพูดในการถ่ายทอดเรื่องราวตลอดจนอารมณ์ความรู้สึก โดยไม่เพียงใช้สื่อสารระหว่างมนุษย์ด้วยกันเท่านั้น แต่เสียงยังสามารถใช้ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย ซึ่งหากคอมพิวเตอร์เข้าใจอารมณ์ที่มนุษย์ต้องการสื่อย่อมทำให้สามารถตอบสนองมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จำอารมณ์จากเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงนับเป็นสิ่งสำคัญ วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอขั้นตอนวิธีในการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดบนคลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ด้วยการใช้คุณลักษณะที่สกัดจากระดับเซกเมนต์มาคำนวณค่าทางสถิติและลดจำนวนคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนล แล้วจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน จากการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีที่เสนอให้ค่า F-measure สูงกว่าชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน 1 และ 2 ซึ่งใช้คุณลักษณะที่สกัดจากระดับถ้อยความที่ร้อยละ 16.12 และร้อยละ 13.16 ตามลำดับ และให้ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน (ค่าความแม่นยำแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก) สูงกว่าชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน 1 และ 2 ที่ร้อยละ 21.65 และร้อยละ 18.82 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5670553121 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS: SPEECH EMOTION RECOGNITION / SUPPORT VECTOR MACHINE / KERNEL PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

MATEE CHAROENDEE: Feature Selection and Extraction for Thai Emotional Speech Classification. ADVISOR: ASSOC. PROF. ATIWONG SUCHATO, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. PROADPRAN PUNYABUKKANA, Ph.D., 82 pp.

Humans express their stories and emotions through speech. It is used not only in human-to-human communication but also in communication between humans and computers. If computers understand the emotions that humans mean to convey, they should be able to interact to humans more effectively. So, it is important to make the computers effectively recognize emotions. This thesis proposes an algorithm for speech emotion recognition on EMOLA corpus. By using features extracted from the segment level, it then performed statistical calculation and reduced the number of features using Kernel Principal Component Analysis. After the classification task using support vector machine, the experiment shows that the proposed algorithm yields F-measure higher than the reference baseline data set 1 and 2, using features from utterance level of 16.12% and 13.16%, respectively. It gives macro-averaged recall (unweighted accuracy) higher than both baseline data sets at 21.65% and 18.82%, respectively.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Computer Engineering	Student's Signature .....
Field of Study:	Computer Science	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มิอาจสำเร็จลงได้หากปราศจากความเมตตาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.อติวงศ์ สุชาโต และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่ม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ ผู้ซึ่งได้ประสาทวิชา ทั้งยังให้คำชี้แนะตลอดจนแรงผลักดันเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล และรองศาสตราจารย์ ดร.สุชาย ธนวเสถียร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำอันมีคุณค่ายิ่งต่อวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และอบรมสั่งสอนเสมอมา

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเสียง หน่วยวิจัยวิทยาการสื่อสารของมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำหรับคลังข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษานี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการระบบภาษาพูดและเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการเอื้อเฟื้อทรัพยากรคอมพิวเตอร์ รวมถึงเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการสำหรับคำแนะนำ กำลังใจ และความปรารถนาอันดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ในความเข้าใจและคอยสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1.1 ระดับของคุณลักษณะสำหรับการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูด 4

2.1.2 การลดคุณลักษณะ 5

2.1.2.1 การคัดเลือกคุณลักษณะ 5

2.1.2.2 การแปลงคุณลักษณะ 9

2.1.3 การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน 11

2.1.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ 12

2.1.5 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.2.1 การคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง 17
2.2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก 18
2.2.3 การรู้จำด้วยคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์ 18
2.2.4 การจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 19
บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีที่เสนอและวิธีการดำเนินงานวิจัย 20
3.1 ขั้นตอนวิธีที่เสนอ 20
3.1.1 การสกัดคุณลักษณะระดับเฟรม 20
3.1.2 การสร้างคุณลักษณะระดับเซกเมนต์ 21
3.1.3 การคัดเลือกเซกเมนต์ 22
3.1.4 การคำนวณค่าทางสถิติ 22
3.1.5 การลดคุณลักษณะ 23
3.1.6 การสร้างแบบจำลองและจำแนกอารมณ์ 23
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 24
3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 24
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 25
3.4.1 การประมวลผลข้อมูลเสียงเบื้องต้น 26
3.4.2 การแบ่งข้อมูลสำหรับการฝึกและการทดสอบ 27
3.4.3 การศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม 27
3.4.4 การรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ 31
3.4.5 การวัดผลการทดลอง 31
บทที่ 4 ผลการทดลอง 33
4.1 ผลการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม 33

หน้า

4.2 ผลการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ 39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 45
5.1 สรุปผลการทดลอง 45
5.2 ข้อเสนอแนะและข้อสังเกต 46
รายการอ้างอิง 47
ภาคผนวก 52
ภาคผนวก ก ถ้อยความที่ใช้ในการวิจัยจากคลังข้อมูล EMOLA ฉบับสถาบันการศึกษา 53
ภาคผนวก ข การอธิบายความแปรปรวนของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยเคอร์เนล ฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 78
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของเสียง 65 LLDs 21

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างถ้อยความที่ใช้ในการวิจัย 25

ตารางที่ 3.3 จำนวนถ้อยความในแต่ละชุดข้อมูล 27

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันที่ใช้กับแต่ละ LLD 28

ตารางที่ 4.1 ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันของการจำแนกโดยแบ่งตามวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะและจำนวนคุณลักษณะ 34

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันเท่ากันสำหรับจำนวนคุณลักษณะตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 90 ของการจำแนกโดยแบ่งตามวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ 36

ตารางที่ 4.3 สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ 37

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการลดคุณลักษณะระหว่างการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยอัตราส่วนเกนและการแปลงคุณลักษณะด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลซิกมอยด์ 39

ตารางที่ 4.5 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเฟรม 39

ตารางที่ 4.6 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์ 40

ตารางที่ 4.7 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์และคัดเลือกแล้ว 40

ตารางที่ 4.8 ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันของขั้นตอนวิธีทั้ง 7 วิธี 42

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ (confusion matrix) จากขั้นตอนวิธีที่ 7 43

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ จากขั้นตอนวิธีที่ 1 44

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ จากขั้นตอนวิธีที่ 2 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงเมทริกซ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก 10

ภาพที่ 2.2 เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมสำหรับข้อมูล 2 มิติ 10

ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์แบบโมโนโทนิค 13

ภาพที่ 2.4 แสดงข้อมูลฝึก 2 มิติ ที่สามารถแบ่งได้โดยเส้นตรงไม่จำกัดจำนวน 14

ภาพที่ 2.5 แสดงระนาบหลายมิติแบบกว้างและแคบ 15

ภาพที่ 2.6 แสดงข้อมูลที่ไม่สามารถแบ่งได้ด้วยเส้นตรง 16

ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนวิธีที่เสนอ 20

ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 26

ภาพที่ 3.3 การกำหนดค่าสำหรับการตรวจสอบเสียงเงียบ 27

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนคุณลักษณะกับค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน 35

ภาพที่ 4.2 ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลและจำนวนองค์ประกอบหลักของเคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 38

ภาพที่ 4.3 ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน (weighted average recall, WAR) ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน (unweighted average recall, UAR) และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันของขั้นตอนวิธีทั้ง 7 วิธี 43

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การติดต่อสื่อสารในมนุษย์มีหลายวิธี วิธีการสำคัญประการหนึ่งคือการพูด การพูดช่วยให้ผู้พูดสามารถถ่ายทอดเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างเป็นธรรมชาติ และเสียงพูดยังสามารถถ่ายทอดอารมณ์ความรู้สึกของผู้พูดไปยังผู้ฟังได้ [1] เสียงพูดไม่เพียงใช้ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์เท่านั้น แต่ยังใช้ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน การรู้จำอารมณ์จากเสียงนับได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและตอบสนองมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การรู้จำอารมณ์จากเสียงนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในภาคส่วนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น การเฝ้าระวังความพึงพอใจของลูกค้าผ่านเสียงสนทนาทางโทรศัพท์กับศูนย์บริการลูกค้าโดยอัตโนมัติ การทำให้หุ่นยนต์เข้าใจความรู้สึกของมนุษย์ผ่านทางการสั่งด้วยเสียง ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตอบสนองต่ออารมณ์นั้นได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดเป็นการบ่งถึงสภาวะทางอารมณ์จากเสียงพูดโดยอัตโนมัติ จัดเป็นประเด็นที่นักวิจัยได้ให้ความสนใจเป็นอันมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ในกระบวนการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ การประมวลผลสัญญาณเบื้องต้น (signal pre-processing) การสกัดคุณลักษณะ (feature extraction) และการจำแนกประเภทอารมณ์ (emotion classification) ในส่วนการสกัดคุณลักษณะนั้นหากมีคุณลักษณะเป็นจำนวนมากย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง และหากจำนวนข้อมูลมีอย่างจำกัดแต่มีคุณลักษณะจำนวนมากเกินพอดี จะส่งผลให้การเรียนรู้ด้อยประสิทธิภาพลงเนื่องจากข้อมูลมีการกระจายยากแก่การหานัยทั่วไป (generalized form) ซึ่งเรียกปัญหานี้ว่า “curse of dimensionality” [2] ไม่เพียงเท่านั้นหากมีคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อนกันจำนวนมาก อาจก่อให้เกิดเกิดความพอดีเกินไป (overfitting) ได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลลดต่ำลง การลดคุณลักษณะ (feature reduction) ที่เหมาะสมกับข้อมูลสามารถช่วยลดเวลาในการประมวลผล ทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกให้สูงขึ้นได้อีกด้วย ทว่าปัจจุบันไม่มีสูตรสำเร็จใดที่สนับสนุนโดยทฤษฎีในการเลือกวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสมสุดบนการอ้างอิงสารสนเทศจากชุดข้อมูล ทำให้นักวิจัยจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีการลดคุณลักษณะโดยอ้างอิงจากการทดลองเชิงประจักษ์ภายใต้ข้อมูลและการเรียนรู้รูปแบบเดียวกัน [3]

มีการเสนอคุณลักษณะจำนวนมากเพื่อใช้ในการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูด เช่น ชุดคุณลักษณะที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุมวิชาการ INTERSPEECH 2013 (ComParE

challenge) [4] ประกอบด้วยคุณลักษณะจำนวนมากถึง 6,373 คุณลักษณะ จาก low-level descriptors (LLDs) จำนวน 65 ตัวและอนุพันธ์ของมันรวมเป็น 130 ตัว ซึ่งเมื่อเทียบกับจำนวนถ้อยความ (utterance) ของคลังข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้แล้ว (คลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ) จัดว่ามีจำนวนค่อนข้างมาก การเลือกใช้ขั้นตอนวิธี (algorithm) ที่เหมาะสมในการรู้จำนับเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้การจำแนกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งศึกษาการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูด โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองเชิงประจักษ์ (empirical study) เพื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกระหว่างการลดคุณลักษณะ ด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้คุณลักษณะที่สกัดได้จากระดับถ้อยความ (utterance level) จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในส่วนที่สอง สำหรับส่วนที่สองเป็นการนำเสนอขั้นตอนวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดโดยใช้คุณลักษณะที่สกัดได้จากระดับเซกเมนต์ (segment level) ซึ่งได้รับแรงจูงใจจากงานวิจัยของ Han, Yu และ Tashev [5] จากนั้นแปลงคุณลักษณะ (feature transformation) ด้วยฟังก์ชันทางสถิติบางประการ และลดคุณลักษณะนั้นอีกครั้งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน (kernel principal component analysis, KPCA) ซึ่งได้จากผลการทดลองในส่วนแรก และจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (support vector machine, SVM)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เสนอขั้นตอนวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดภาษาไทย
2. เปรียบเทียบการคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรองด้วยตัวกรองแบบต่าง ๆ
3. เปรียบเทียบการคัดเลือกคุณลักษณะกับการแปลงคุณลักษณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้คลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
2. ไฟล์เสียงที่ใช้ไม่นับรวมถึงเสียงที่มี ข้อผิดพลาด (error), สิ่งรบกวน (noise) และเสียงฉากหลัง (background music) ตามที่กำหนดไว้ในคลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบขั้นตอนวิธีการทำงานของระบบ
3. ทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธี
4. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย
5. จัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ขั้นตอนวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดที่มีประสิทธิภาพในการรู้จำมากขึ้น
2. ได้เห็นถึงผลของการลดคุณลักษณะสำหรับคลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ด้วยวิธีการต่าง ๆ
3. เป็นแนวทางสำหรับงานวิจัยด้านการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดในอนาคต

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท โดยบทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ บทที่ 2 แบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ คือ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยระดับของคุณลักษณะสำหรับการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูด การลดคุณลักษณะ การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน อีกส่วนเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การรู้จำด้วยคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์ และการจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย กล่าวถึงขั้นตอนวิธีที่เสนอ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วยการประมวลข้อมูลเสียงเบื้องต้น การแบ่งข้อมูลสำหรับการฝึกและการทดสอบ การศึกษาวิธีลดคุณลักษณะที่เหมาะสม การรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ และการวัดผลการทดลอง บทที่ 4 เป็นผลการทดลอง และสุดท้ายบทที่ 5 กล่าวถึงผลสรุป ข้อเสนอแนะ ตลอดจนข้อสังเกต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นทฤษฎีและส่วนที่สองเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ระดับของคุณลักษณะสำหรับการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูด การลดคุณลักษณะ ซึ่งประกอบด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะ (feature selection) และการแปลงคุณลักษณะ การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน (normalization, standardization) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ (Kendall rank correlation coefficient, Kendall's tau b) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

2.1.1 ระดับของคุณลักษณะสำหรับการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูด

การสกัดคุณลักษณะในงานวิจัยด้านการรู้จำอารมณ์จากเสียงอาจแบ่งระดับของการสกัดได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับเฟรม (frame level) หรือเรียกว่าคุณลักษณะระดับท้องถิ่น (local feature) โดยระดับนี้จะเป็นการสกัดคุณลักษณะในแต่ละเฟรมออกมาโดยตรง เช่น ระดับเสียง (pitch) พลังงาน (energy) ระดับถ้อยความหรือเรียกว่าคุณลักษณะระดับครอบคลุม (global feature) คุณลักษณะที่ได้จากระดับนี้จะถูกคำนวณด้วยฟังก์ชันทางสถิติทั้งถ้อยความ และสุดท้ายระดับเซกเมนต์ ซึ่งผู้วิจัยจะแบ่งตามเกณฑ์ที่กำหนดเอง เช่น การแบ่งตามขนาดที่ต้องการ การแบ่งตามส่วนที่มีเสียง (voiced part)

นักวิจัยส่วนใหญ่เชื่อว่าคุณลักษณะระดับครอบคลุมดีกว่าคุณลักษณะระดับท้องถิ่นในแง่ของความแม่น (accuracy) และเวลาที่ใช้ในการจำแนก อย่างไรก็ตามนักวิจัยบางส่วนเห็นว่าคุณลักษณะในระดับครอบคลุมเหนือกว่าเฉพาะในการแบ่งแยกระหว่างอารมณ์ที่มีความตื่นตัวสูง (high-arousal emotion) เช่น โกรธ กลัว ดีใจ กับอารมณ์ที่มีความตื่นตัวต่ำ (low-arousal emotion) เช่น เสียใจ เท่านั้น แต่คุณลักษณะระดับครอบคลุมไม่อาจใช้ในการแบ่งแยกอารมณ์ที่มีความตื่นตัวในระดับเดียวกันได้ เช่น การแบ่งแยกอารมณ์โกรธกับดีใจ มากไปกว่านั้นการใช้คุณลักษณะในระดับครอบคลุมอาจทำให้มีจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอต่อการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองในกรณีที่ใช้ตัวจำแนก (classifier) ที่มีความซับซ้อน เช่น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 การลดคุณลักษณะ

การลดคุณลักษณะแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การคัดเลือกคุณลักษณะและการแปลงคุณลักษณะ

2.1.2.1 การคัดเลือกคุณลักษณะ

เป็นการค้นหาเซตย่อยของคุณลักษณะที่สามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่สามารถลดผลกระทบจากสิ่งรบกวน คุณลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้อง (irrelevant) รวมถึงคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อน (redundant) โดยทั่วไปคุณลักษณะที่สกัดได้ (extracted feature) อาจมีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะอื่น ซึ่งหากความสัมพันธ์นี้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ แสดงว่าการเลือกเพียงคุณลักษณะเดียวนั้นเพียงพอต่อการอธิบายข้อมูล หรืออาจกล่าวได้ว่าคุณลักษณะที่เลือกควรสามารถจำแนกข้อมูลให้จำเพาะต่อคลาสได้ [6]

ทั้งนี้การคัดเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมมีประโยชน์หลายด้าน เช่น ช่วยให้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น ลดพื้นที่การจัดเก็บข้อมูล ลดเวลาในการประมวลผล และให้การจำแนกที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ [7]

Prabu [8] ได้อ้างถึง Kittler [9], และ Dom, Niblack และ Sheinvald [10] ว่าสามารถแบ่งแนวคิดการคัดเลือกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ คือ

1) ใช้ฮิวริสติก (heuristic) ที่จำเพาะต่อโดเมนของข้อมูลเพื่อตัดเล็มปริภูมิ (space pruning) ของคุณลักษณะให้มีขนาดที่เหมาะสม
2) ใช้ฮิวริสติกค้นหาแบบทั่วไป เช่น ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบปีนเขา (hill climbing search) ในกรณีที่ความรู้สำหรับโดเมนนั้นหาได้ยากหรือมีจำกัด

อย่างไรก็ตามหากแบ่งตามเกณฑ์การประเมินในการคัดเลือกคุณลักษณะ จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ แบบตัวกรอง (filter) แบบแรปเปอร์ (wrapper) และแบบฝังตัว (embedded) โดยมีรายละเอียดดัง [7, 11] แต่สำหรับวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงวิธีการคัดเลือกแบบตัวกรองเพียงประเภทเดียวเท่านั้น

การคัดเลือกแบบตัวกรองเป็นการจัดเรียงคุณลักษณะโดยใช้การวัดตัวแปรและเลือกคุณลักษณะที่มีลำดับคะแนนสูงสุด n จำนวน ซึ่งการคิดคะแนนจะสะท้อนถึงอำนาจในการจำแนกของแต่ละคุณลักษณะ วิธีการนี้มีประสิทธิภาพดีทั้งยังรวดเร็วในการคำนวณ แต่อาจมีคุณลักษณะบางประการที่เมื่ออยู่โดด ๆ แล้วไม่มีประโยชน์ แต่กลับมีประโยชน์เมื่อรวมกับคุณลักษณะอื่น ซึ่งคุณลักษณะ

ดังกล่าวจะไม่ถูกคัดเลือกโดยวิธีนี้ นอกจากนี้คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูงมักมีค่าคะแนนที่ใกล้กันทำให้คุณลักษณะที่สัมพันธ์สูงถูกเลือกด้วยเช่นกัน

การคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การวัดแบบตัวแปรเดี่ยว (univariate) เช่น อัตราส่วนเกน (gain ratio) สถิติไคสแควร์ (chi-square statistic) และการวัดแบบหลายตัวแปร (multivariate) อาทิ RELIEF-F

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้การวัดทั้ง 2 ประเภท โดยใช้วิธีการวัดต่าง ๆ ดังนี้

1) อัตราส่วนเกน

ค่าเกนสารสนเทศ (information gain) เป็นการอาศัยความรู้จากทฤษฎีสารสนเทศ (information theory) ซึ่งมีสาระสำคัญ คือ ค่าสารสนเทศของข้อมูลขึ้นกับความน่าจะเป็นของข้อมูล ซึ่งสามารถวัดอยู่ในรูปของบิต (bits) แต่วิธีการนี้มีความเอนเอียง (bias) อย่างมากต่อข้อมูลที่ประกอบด้วยคุณลักษณะที่มีค่าที่เป็นไปได้จำนวนมาก เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการปรับค่าให้ถูกต้องด้วยค่าสารสนเทศการแบ่งแยก (split information)

อัตราส่วนเกน เป็นสัดส่วนระหว่างค่าเกนสารสนเทศกับค่าสารสนเทศการแบ่งแยก โดยมีสมการดังนี้ [12]

$$Ent(S) = \sum_{i=1}^{c} -p_i \log_2 p_i \tag{2.1}$$

$$Split\ Information(S, A) = -\sum_{i=1}^{c} \frac{|S_i|}{|S|} \log_2 \frac{|S_i|}{|S|} \tag{2.2}$$

$$Gain(S, A) = Ent(S) - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Ent(S_v) \tag{2.3}$$

$$Gain\ Ratio(S, A) = \frac{Gain(S,A)}{Split\ Information(S,A)} \tag{2.4}$$

จากสมการข้างต้น S คือ ชุดข้อมูลทั้งหมด, S_v คือ ชุดข้อมูลที่คุณลักษณะ A มีค่า v, S_i คือ ชุดข้อมูลที่มีคลาส i, p_i คือ สัดส่วนของข้อมูลที่มีคลาส i และ c คือ จำนวนคลาส

2) สถิติไคสแควร์

เป็นสถิติที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยเป็นการทดสอบความเป็นอิสระต่อกันระหว่าง 2 ตัวแปร ซึ่งในที่นี้คือคุณลักษณะใด ๆ กับคลาส มีสมมติฐานหลัก (null

hypothesis – H_0) คือ ตัวแปร 2 ตัวเป็นอิสระต่อกัน ข้อมูลที่ใช้ต้องอยู่ในระดับมาตรานามบัญญัติ (nominal scale) หรือมาตราเรียงอันดับ (ordinal scale) สำหรับสมการของสถิติไคสแควร์มีดังนี้ [13]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \frac{(O_{i,j} - E_{i,j})^2}{E_{i,j}} \quad (2.5)$$

จากสมการข้างต้น r คือ จำนวนค่าที่แตกต่างกันของคุณลักษณะ, c คือ จำนวนคลาส, $O_{i,j}$ คือ จำนวนชุดข้อมูลที่มีค่า i และอยู่ในคลาส j สุดท้าย $E_{i,j}$ คือ จำนวนชุดข้อมูลคาดหวังที่มีค่า i และอยู่ในคลาส j

$E_{i,j}$ คำนวณได้จาก $(p \cdot q)/n$ โดย p คือ จำนวนชุดข้อมูลที่มีค่าคุณลักษณะ i, q คือ จำนวนชุดข้อมูลที่มีคลาส j และ n คือ จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด

ค่าสถิติไคสแควร์ที่สูงจะสะท้อนให้เห็นว่าการกระจายตัวของค่าคุณลักษณะและคลาสขึ้นต่อกัน กล่าวคือ คุณลักษณะนั้นสัมพันธ์กับคลาส

3) RELIEF-F

ในปี ค.ศ. 1994 Kononenko [14] ได้เสนอขั้นตอนวิธีหลายชุดสำหรับการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยปรับปรุงจากขั้นตอนวิธี RELIEF และหนึ่งในขั้นตอนวิธีเหล่านั้น คือ RELIEF-F

RELIEF-F ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้รองรับการจำแนกแบบมัลติคลาส (multiclass classification) โดย RELIEF-F จะเลือกชุดข้อมูลแบบสุ่ม 1 ชุดข้อมูล R_i จากนั้นเลือกชุดข้อมูลที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในคลาสเดียวกันจำนวน k ชุด ซึ่งเรียกว่า nearest hits H_j และเลือกชุดข้อมูลที่ใกล้เคียงกันแต่อยู่ต่างคลาสกันคลาสละ k ชุด เรียกว่า nearest miss $M_j(C)$ โดยทั่วไปค่า k สามารถกำหนดเป็น 10 ได้

RELIEF-F จะปรับปรุงค่าน้ำหนัก $W[A]$ สำหรับทุกคุณลักษณะ A ด้วยสมการ (2.6-2.7)

$$W[A] = W[A] - \sum_{j=1}^{k} \frac{diff(A,R_i,H_j)}{m \cdot k} + Z \quad (2.6)$$

$$Z = \sum_{C \neq class(R_i)} \frac{\left[\frac{P(C)}{1-P(class(R_i))} \sum_{j=1}^{k} diff(A,R_i,M_j(C))\right]}{m \cdot k} \quad (2.7)$$

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ WEKA [15] ในการประมวลผล RELIEF-F ซึ่ง $diff(A, X_1, X_2)$ ที่ใช้ใน WEKA มีรายละเอียดที่แตกต่างจาก [16] ดังนี้

กรณีข้อมูลตัวเลขแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete numerical data)

$$diff(A, X_1, X_2) = \begin{Bmatrix} 1 - \frac{1}{\#values(A)} \; ; \; X_1[A] \; or \; X_2[A] \; is \; missing \\ 0 \; ; \; X_1[A] = X_2[A] \\ 1 \; ; \; X_1[A] \neq X_2[A] \end{Bmatrix} \quad (2.8)$$

กรณีข้อมูลตัวเลขแบบต่อเนื่อง (continuous numerical data)

$$diff(A, X_1, X_2) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \; ; \; X_1[A] \; and \; X_2[A] \; are \; missing \\ \frac{X_2[A] - \min(A)}{\max(A) - \min(A)} \; ; \; X_1[A] \; is \; missing \\ \frac{X_1[A] - \min(A)}{\max(A) - \min(A)} \; ; \; X_2[A] \; is \; missing \\ \frac{X_1[A] - \min(A)}{\max(A) - \min(A)} - \frac{X_2[A] - \min(A)}{\max(A) - \min(A)} ; otherwise \end{array} \right| \begin{array}{c} subtract \; diff \; from \; 1 \; when \; result < 0.5 \\ and \; X_1[A] \; or \; X_2[A] \; is \; missing \end{array} \quad (2.9)$$

สำหรับการหาระยะห่าง (distance) ระหว่างข้อมูล สามารถหาได้จากสมการ

$$Distance(X_1, X_2) = \sum_{j=1}^{j=n} diff(A_j, X_1, X_2) \quad (2.10)$$

จากรายละเอียดข้างต้นสามารถแสดงเป็นรหัสเทียม (pseudocode) ได้ดังนี้ [16]

Input: ชุดข้อมูลฝึกในรูปแบบของเวกเตอร์ที่ประกอบด้วยคุณลักษณะและคลาส

Output: เวกเตอร์ W ที่เป็นค่าคุณภาพของคุณลักษณะ

1. set all weights $W[A]$:= 0.0
2. **for** i := 1 **to** m **do begin**
   a. randomly select an instance R_i
   b. find k nearest hits H_j
   c. **for each** $class \; C \neq class(R_i)$ **do**
      i. from $class \; C$ find k nearest misses $M_j(C)$
   d. **for** A := 1 **to** A **do**
      i. $W[A] = W[A] - \sum_{j=1}^{k} \frac{diff(A, R_i, H_j)}{m \cdot k} + \sum_{C \neq class(R_i)} \frac{\left[\frac{P(C)}{1 - P(class(R_i))} \sum_{j=1}^{k} diff(A, R_i, M_j(C))\right]}{m \cdot k}$
3. **end**

ทั้งนี้พารามิเตอร์ m เป็นจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่า ยิ่ง m มีค่ามาก การประมาณค่าจะน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม m จะมีค่าไม่เกินจำนวนชุดข้อมูลฝึก

2.1.2.2 การแปลงคุณลักษณะ

Liu และ Motoda [17] ได้อธิบายว่าการแปลงคุณลักษณะเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดคุณลักษณะใหม่ขึ้น แบ่งออกเป็นการสร้างคุณลักษณะ (feature construction) และการสกัดคุณลักษณะ ซึ่งในบางครั้งวิธีการทั้งสองอาจเรียกว่าการค้นพบคุณลักษณะ (feature discovery) หากสมมติให้เซตของคุณลักษณะเป็น $A_1, A_2, \dots, A_n$ จะสามารถอธิบายวิธีการข้างต้นได้ดังนี้

การสร้างคุณลักษณะเป็นการค้นพบสารสนเทศ ที่ขาดหายไปอันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ และเป็นการขยายปริภูมิของคุณลักษณะโดยการอนุมานหรือสร้างคุณลักษณะใหม่ ทำให้หลังจากกระบวนการสร้างคุณลักษณะอาจมีคุณลักษณะเพิ่ม m จำนวนเป็น $A_{n+1}, A_{n+2}, \dots, A_{n+m}$ ตัวอย่างเช่น ให้ A_1 เป็นความกว้าง, A_2 เป็นความยาว อาจเกิดการสร้าง A_3 เป็นพื้นที่ซึ่งเกิดจาก $A_1 \times A_2$ ทั้งนี้ในกระบวนการสร้างจะต้องเริ่มจากคุณลักษณะดั้งเดิม (original feature) เท่านั้น ไม่อาจสร้างจากคุณลักษณะที่ถูกสร้างมาแล้วได้ คุณลักษณะที่ถูกสร้างขึ้นอาจมีได้เป็นจำนวนมากจากการผสมคุณลักษณะต่าง ๆ เข้าด้วยกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าการผสมกันของคุณลักษณะในทุกแบบจะจำเป็นและมีประโยชน์

การสกัดคุณลักษณะเป็นกระบวนการสกัดคุณลักษณะใหม่ผ่านทางแมปฟังก์ชัน (map function) หลังจากการสกัดคุณลักษณะจะได้ $B_1, B_2, \dots, B_m$ โดย $m < n$ และ $B_i = F_i(A_1, A_2, \dots, A_n)$ เมื่อ F_i เป็นแมปฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น $B_1 = c_1A_1 + c_2A_2$ เมื่อ c_1 และ c_2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ การสกัดคุณลักษณะมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน ตัวเข้ารหัสอัตโนมัติ (autoencoder) โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึกที่มีคอขวด (bottleneck deep neural network) โดยในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธี การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมวิธีหนึ่ง อันมีรายละเอียดดังนี้

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นขั้นตอนทางสถิติที่ใช้การแปลงเชิงตั้งฉาก (orthogonal transformation) ในการแปลงกลุ่มของคุณลักษณะที่อาจจะสัมพันธ์กัน ให้อยู่ในรูปที่ไม่สัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น (linearly uncorrelated) เรียกว่า องค์ประกอบหลัก (principal components) โดยองค์ประกอบหลักนี้จะน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนคุณลักษณะหรือจำนวนข้อมูลขึ้นกับว่าอย่างใดน้อยกว่ากัน การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมีขั้นตอนดังนี้ [18]

1) นำข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปเวกเตอร์มาจัดเรียงตามแถวให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ จะได้เมทริกซ์ X ขนาด $n \times m$ เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูลและมีคุณลักษณะ m จำนวน ดังแสดงตามภาพที่ 2.1

$$\begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nm} \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 2.1 แสดงเมทริกซ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

2) หาค่าเฉลี่ยข้อมูลในแต่ละคุณลักษณะด้วยสมการ

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_{ij} \tag{2.11}$$

เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดและ X_{ij} เป็นข้อมูลที่มีคุณลักษณะ j ของแถวที่ i จากนั้นนำข้อมูลในแต่ละคุณลักษณะลบด้วยค่าเฉลี่ยดังกล่าว จะได้เมทริกซ์ชุดใหม่ที่มีค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะเป็นศูนย์

3) คำนวณหาเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ด้วยสมการ

$$cov(X,Y) = \frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \tag{2.12}$$

แสดงตัวอย่างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมได้ดังภาพที่ 2.2

$$\begin{bmatrix} cov(x,x) & cov(x,y) \\ cov(y,x) & cov(y,y) \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 2.2 เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมสำหรับข้อมูล 2 มิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) คำนวณหาเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) และค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) จากเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม ด้วยสมการ

$$eigenvalues\ of\ cov(X,Y): \lambda_1 > \lambda_2 > \cdots > \lambda_n \tag{2.13}$$

$$eigenvectors\ of\ cov(X,Y): u_1, u_2, \ldots, u_n \tag{2.14}$$

เมื่อ λ เป็นค่าลักษณะเฉพาะและ u เป็นเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ โดยค่าลักษณะเฉพาะจะเรียงจากมากไปน้อยตามนัยสำคัญที่มีต่อข้อมูล ทั้งนี้สามารถตัดเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่มีนัยสำคัญต่ำออกได้ตามต้องการ ซึ่งในการตัดนี้จะทำให้สูญเสียข้อมูลบางส่วนแต่ไม่มากนักหากค่าลักษณะเฉพาะมีจำนวนน้อย

5) สร้างชุดข้อมูลใหม่โดยนำองค์ประกอบซึ่งคือเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่สลับเปลี่ยน (transpose) แล้ว มาคูณทางด้านซ้ายของเมทริกซ์ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ที่สลับเปลี่ยนแล้ว ทั้งนี้เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่มีนัยสำคัญสูงสุดจะอยู่แถวบนสุด ข้อมูลใหม่ที่ได้จะมีจำนวนคุณลักษณะที่ลดลงตามจำนวนเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะที่ได้เลือกไว้

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนั้นมีข้อจำกัดตรงที่ใช้ได้เฉพาะกับข้อมูลที่มีลักษณะเชิงเส้นเท่านั้น แต่ในธรรมชาติข้อมูลมักอยู่ในรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อให้สามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับข้อมูลลักษณะดังกล่าวจึงมีการประยุกต์ใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน เคอร์เนลฟังก์ชันจะแมปข้อมูลไปยังปริภูมิที่สูงกว่าเพื่อให้แบ่งด้วยเส้นตรงได้ เช่น การแมปจาก 2 มิติไปยัง 3 มิติ $(x_1, x_2) \mapsto (x_1, x_2, x_1^2 + x_2^2)$ จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบหลักตามวิธีปกติบนปริภูมินั้น ทั้งนี้การแมปข้อมูล x สามารถเขียนให้อยู่ในรูป $x \mapsto \emptyset(x)$ เมื่อ $\emptyset(x)$ คือ เคอร์เนลฟังก์ชัน โดยเคอร์เนลฟังก์ชันที่นิยมมีหลายตัว เช่น ฟังก์ชันพหุนาม (polynomial function) ฟังก์ชันเรเดียลเบซิส (radial basis function, RBF) ฟังก์ชันไฮเปอร์โบลิกแทนเจนต์ (hyperbolic tangent function) หรือที่รู้จักกันในอีกชื่อว่าฟังก์ชันซิกมอยด์ (sigmoid function) สำหรับสมการของฟังก์ชันดังกล่าวปรากฏในหัวข้อซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

2.1.3 การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน

หน่วยการวัด (measurement unit) สามารถส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลได้ เช่น การเปลี่ยนหน่วยข้อมูลจากเมตรเป็นกิโลเมตร อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ต่างกัน โดยทั่วไปหน่วยการวัดที่มีขนาดเล็กจะทำให้คุณลักษณะนั้นมีพิสัยของข้อมูลที่กว้าง และส่งผลให้คุณลักษณะนั้นมีน้ำหนักมากในการวิเคราะห์ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขึ้นต่อหน่วยการวัด การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานจึงเป็นสิ่งที่ควรทำ การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานนั้น เป็นการแปลงข้อมูลให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด เช่น [-1, 1] หรือ [0, 1] [19] โดยปกติคำว่า normalization และ standardization นั้นมีนัยเดียวกันสามารถใช้แทนกันได้ แต่บางครั้งคำว่า standardization อาจมีนัยถึงการทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐาน (z-score normalization)

การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานมีหลายวิธี เช่น การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานด้วยค่าต่ำสุด-สูงสุด (min-max normalization) การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐาน

- **การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐาน**

เป็นการแปลงข้อมูลแบบเชิงเส้นให้มีค่าเฉลี่ย (mean) เป็นศูนย์และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เป็นหนึ่ง ด้วยสมการ

$$\widehat{x_i} = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \tag{2.15}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) \tag{2.16}$$

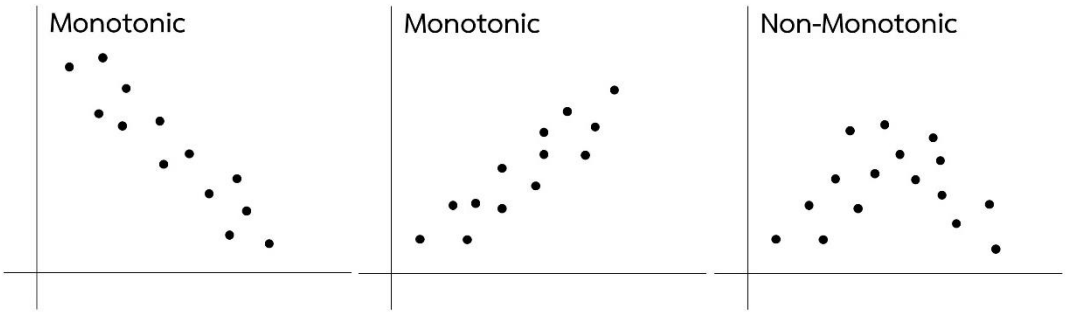
$$\sigma = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \tag{2.17}$$

เมื่อ x_i เป็นข้อมูลที่ต้องการแปลง, n เป็นจำนวนข้อมูล, $\bar{x}$ เป็นค่าเฉลี่ยและ σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.1.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ เป็นสถิติแบบนอนพาราเมตริก (nonparametric statistics) ใช้สำหรับวัดความแข็งแรงและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้ใช้แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) ในกรณีที่ไม่สามารถบรรลุข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าว และอาจพิจารณาใช้แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบลำดับที่ของเสปียร์แมน (Spearman rank-order correlation coefficient) โดยเฉพาะกรณีที่มีข้อมูลจำนวนน้อยหรือต้องการความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

ข้อตกลงเบื้องต้นของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ คือ อย่างน้อยที่สุดข้อมูลต้องอยู่ในระดับมาตราเรียงอันดับ และข้อมูลต้องมีความสัมพันธ์แบบโมโนโทนิค (monotonic relationship) กล่าวคือเมื่อตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม หรือเมื่อตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวจะมีค่าลดลง ตัวอย่างดังภาพที่ 2.3 อย่างไรก็ตาม ข้อตกลงด้านความสัมพันธ์นี้เป็นสิ่งที่ไม่เข้มงวดจึงอาจละได้



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์แบบโมโนโทนิค

สมมติฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์กำหนดให้

H_0: ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1: ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์สามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

$$\tau = \frac{2S}{N(N-1)} \tag{2.18}$$

$$S = \sum p - \sum q \tag{2.19}$$

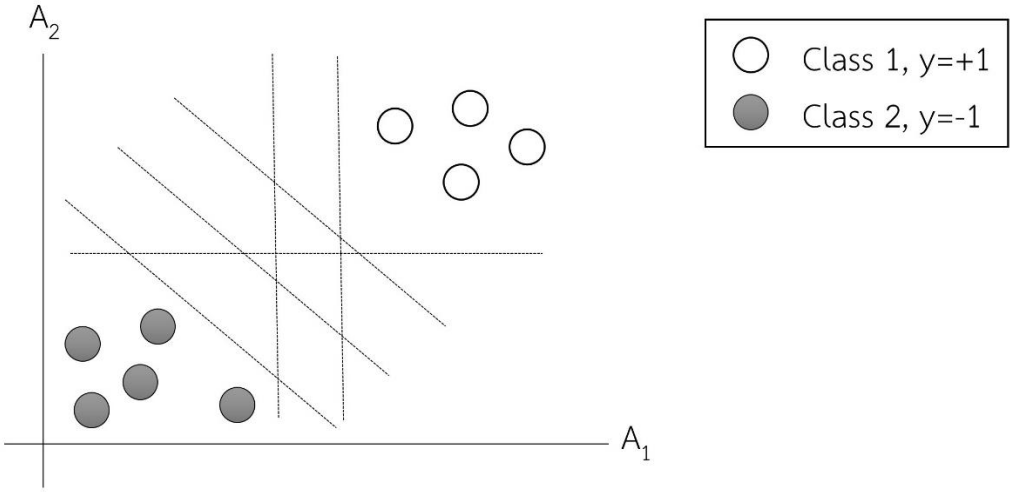
เมื่อ p คือ จำนวนอันดับที่อยู่ใต้ลงมาที่มีค่าสูงกว่า, q คือ จำนวนอันดับที่อยู่ใต้ลงมาที่มีค่าต่ำกว่า และ N คือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

หากค่าที่ได้เป็นบวกแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน เป็นลบแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน และเป็นศูนย์แสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.1.5 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

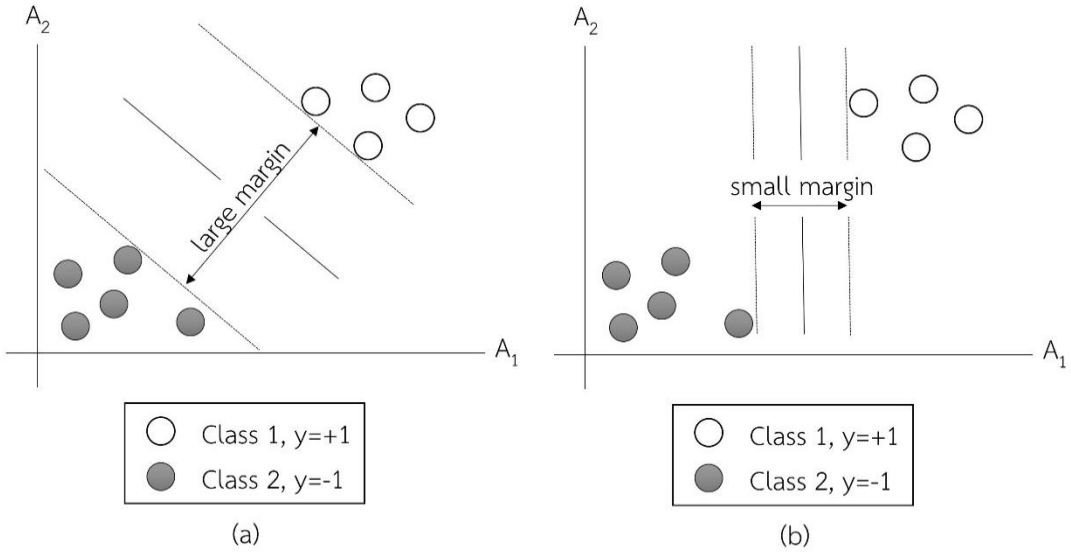
เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นในกลุ่มการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) คิดค้นโดย Vapnik และ Chervonenkis เมื่อปี ค.ศ. 1963 จากนั้นในปี ค.ศ. 1992 Boser, Guyon และ Vapnik ได้แนะนำการสร้างตัวจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้นโดยใช้เคอร์เนล แม้ว่าซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจะใช้เวลาค่อนข้างมากในการฝึก แต่มีจุดเด่นตรงที่สามารถให้แบบจำลองที่มีความถูกต้องสูงได้ ทั้งยังเกิดปัญหาความพอดีเกินไปของแบบจำลองค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับขั้นตอนวิธีอื่น

เพื่อให้เข้าใจซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนได้ง่ายมากขึ้น กำหนดให้ข้อมูลมี 2 คลาสและสามารถแบ่งได้โดยเชิงเส้น (linearly separable) โดยให้เซต $D = \{(X_1, y_1), (X_2, y_2), \ldots, (X_n, y_n)\}$ เมื่อ X_i แทนชุดข้อมูลฝึกที่มีคลาส y_i และ $y_i \in \{+1, -1\}$ ให้ A_1 และ A_2 แทนคุณลักษณะของข้อมูล จากภาพที่ 2.4 จะเห็นว่าข้อมูลต่างคลาสกันสามารถถูกแบ่งได้โดยเส้นตรง โดยเส้นตรงที่แบ่งแยกข้อมูลนี้มีได้หลายเส้น ซึ่งเส้นแบ่งที่ดีที่สุดจะเป็นเส้นที่ทำให้การจำแนกมีความผิดพลาดน้อยสุด เส้นแบ่งดังกล่าวมีชื่อเรียกอย่างทั่วไปโดยไม่ขึ้นกับมิติข้อมูลว่าระนาบหลายมิติ (hyperplane)



ภาพที่ 2.4 แสดงข้อมูลฝึก 2 มิติ ที่สามารถแบ่งได้โดยเส้นตรงไม่จำกัดจำนวน

จากการที่ระนาบหลายมิติมีได้มากกว่าหนึ่งนั้น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจะหาระนาบหลายมิติที่ดีที่สุดเรียกว่าระนาบหลายมิติที่ให้ระยะขอบสูงสุด (maximum marginal hyperplane) จากภาพที่ 2.5 แสดงให้เห็นระนาบหลายมิติทั้งสองว่าสามารถแบ่งแยกข้อมูลออกจากกันได้ แต่ระนาบหลายมิติที่เหมาะสมสุดคือ ระนาบหลายมิติที่มีระยะขอบกว้างกว่าเพราะจะช่วยลดโอกาสผิดพลาดในการแบ่งแยกข้อมูลในอนาคตได้ดีกว่าระนาบหลายมิติที่มีระยะขอบแคบกว่า



ภาพที่ 2.5 แสดงระนาบหลายมิติแบบกว้างและแคบ

ระนาบหลายมิตินั้นสามารถเขียนแทนด้วยสมการ ดังนี้

$$W \cdot X + b = 0 \tag{2.20}$$

เมื่อ W เป็นเวกเตอร์น้ำหนัก โดย $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ เมื่อ n แทนจำนวนคุณลักษณะ และ b เป็นตัวเลขแทนค่าความเอนเอียง จากตัวอย่างข้อมูลข้างต้นให้ $X = (x_1, x_2)$ โดย x_1 และ x_2 แทนค่าข้อมูลของคุณลักษณะ A_1 และ A_2 ตามลำดับ จะเขียนสมการได้เป็น

$$H_0: w_0 + w_1x_1 + w_1x_1 + w_2x_2 \geq 1\,; y_i = +1 \tag{2.21}$$

$$H_1: w_0 + w_1x_1 + w_1x_1 + w_2x_2 \leq -1\,; y_i = -1 \tag{2.22}$$

ข้อมูลใดสอดคล้องกับ H_0 จะถูกจำแนกเป็นคลาส +1 และข้อมูลใดสอดคล้องกับ H_1จะถูกจำแนกเป็นคลาส -1 ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวจะเรียกว่าเวกเตอร์สนับสนุน (support vectors) ซึ่งเวกเตอร์นี้จะอยู่ใกล้กับระนาบที่ใช้แบ่ง

ระยะห่างจากระนาบหลายมิติไปยังจุดใด ๆ ใน H_0 คือ $\frac{1}{\|w\|}$ เมื่อ W คือ $\sqrt{W \cdot W}^2$ ดังนั้น ระยะขอบสูงสุดหาได้จาก $\frac{2}{\|w\|}$

ภาพที่ 2.6 แสดงกรณีที่ไม่สามารถหาระนาบเชิงเส้นเพื่อแบ่งข้อมูลได้ซึ่งจำเป็นต้องแปลงข้อมูลไปยังปริภูมิที่สูงขึ้นด้วยแมปเคอร์เนล โดยเคอร์เนลบางตัวที่นิยมใช้ เช่น

เคอร์เนลฟังก์ชันพหุนาม:

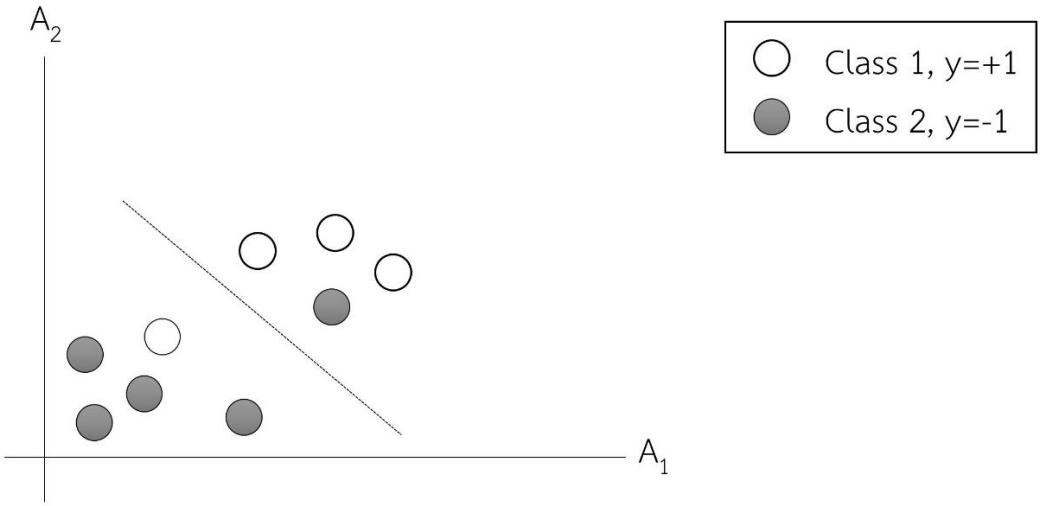
$$k(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)^d \tag{2.23}$$

เคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิส:

$$k(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2) \tag{2.24}$$

เคอร์เนลฟังก์ชันไฮเปอร์โบลิกแทนเจนต์:

$$k(x_i, x_j) = \tanh(kx_i \cdot x_j + c) \tag{2.25}$$



ภาพที่ 2.6 แสดงข้อมูลที่ไม่สามารถแบ่งได้ด้วยเส้นตรง

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นขั้นตอนวิธีที่นิยมใช้อย่างมากในแอพพลิเคชันด้านการรู้จำรูปแบบ (pattern recognition application) โดยมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างดีเมื่อเทียบกับตัวจำแนกอย่างขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว (k-nearest neighbors, k-NN) [20] มากกว่านั้นยังมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับ Gaussian mixture model (GMM) และแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟ (hidden Markov model, HMM) ในแง่มุมการมีจุดที่ดีที่สุด (global optimum) ของขั้นตอนวิธีการฝึกสอนและ

ไม่อ่อนไหวต่อการกำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลอง (insensitive to model initialization) [21] อย่างไรก็ตามการจัดการปัญหาสำหรับข้อมูลที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้ (nonseparable case) มักอยู่ในรูปของฮิวริสติก ซึ่งไม่มีแนวทางในการเลือกเคอร์เนลอย่างเป็นระบบ (no systematic way) และไม่อาจรับประกันความสามารถในการแบ่งแยกของคุณลักษณะที่ถูกแปลง (transformed feature) ได้ แต่สำหรับแอพพลิเคชันด้านการรู้จำจำนวนมากรวมถึงการรู้จำด้านเสียงนั้น การไม่สามารถแบ่งแยกชุดข้อมูลฝึกได้อย่างสมบูรณ์เป็นสิ่งดีเพื่อลดการเกิดความพอดีเกินไปของแบบจำลอง [22]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ การคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การรู้จำด้วยคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์ และส่วนสุดท้ายเป็นการจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยในแต่ละส่วนจะแสดงให้เห็นถึงความนิยมในการใช้วิธีการต่าง ๆ ในงานวิจัยด้านการรู้จำอารมณ์จากเสียง ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำวิธีการเหล่านั้นไปดำเนินการทดลองในลำดับถัดไป

2.2.1 การคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรอง

จากข้อได้เปรียบในแง่ของความเร็วในการคัดเลือก ทำให้การคัดเลือกแบบตัวกรองนี้เป็นที่นิยมอีกวิธีหนึ่งในงานวิจัยทางด้านการรู้จำต่าง ๆ รวมถึงการรู้จำอารมณ์จากเสียง ดังปรากฏในงานวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

ในปี ค.ศ. 2011 Calix, Khazaeli, Javadpour และ Knapp [23] ใช้สถิติไคสแควร์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก เพื่อลดจำนวนคุณลักษณะในการจำแนกอารมณ์จากเสียงในระดับของคำ (word level) บนฐานข้อมูล SEMAINE โดยตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ให้ผลการจำแนกดีกว่าตัวจำแนกนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) แรนดอมฟอเรสต์ (random forest) เพอร์เซปตรอนหลายชั้น (multi-layer perceptron) และเพื่อนบ้านใกล้สุด

ในปี ค.ศ. 2013 Bhargava และ Polzehl [24] ทดลองรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดด้วยฐานข้อมูล Emo-DB โดยสกัดคุณลักษณะของเสียงจำนวน 487 คุณลักษณะและนำมาคัดเลือกด้วยมาตรวัดอัตราส่วนเกน พบว่าการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีค่าคะแนนสูงสุดจำนวน 305 คุณลักษณะ ให้ค่าความแม่นสูงสุดที่ร้อยละ 80.27 สำหรับตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ทั้งนี้ความแม่นเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนคุณลักษณะที่ถูกเลือกจนถึงจุดเหมาะสม (optimum point)

ในปี ค.ศ. 2015 Panda, Rocha และ Paiva [25] เสนอวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงเพลงโดยใช้คุณลักษณะของเสียงโดยทั่วไป 253 คุณลักษณะ และคุณลักษณะที่จำเพาะต่อท่วงทำนอง (melodic feature) อีก 98 คุณลักษณะ จากนั้นลดจำนวนคุณลักษณะด้วยวิธี RELIEF-F จนเหลือ

คุณลักษณะของเสียงโดยทั่วไป 2 คุณลักษณะ และคุณลักษณะที่จำเพาะต่อท่วงทำนองอีก 9 คุณลักษณะ โดยใช้ตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ที่กำหนดเคอร์เนลเป็นฟังก์ชันเรเดียลเบซิส ได้ค่า F-measure ดีสุดที่ร้อยละ 64

2.2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

ในปี ค.ศ. 2013 Jiang, Wu, Xu, Jia และ Cai [26] ได้เปรียบเทียบการลดคุณลักษณะในการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดด้วยวิธี GMM-SVM บนฐานข้อมูล Emo-DB และ TV-Movie โดยการสกัดคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับ Mel-frequency cepstral coefficient (MFCC) จำนวน 2,688 คุณลักษณะ จากนั้นลดคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน ให้ผลการจำแนกที่มีความแม่นสูงกว่าร้อยละ 65 โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันให้ผลการจำแนกดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

ในปี ค.ศ. 2013 Chiou และ Chen [27] ทดลองรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดด้วยฐานข้อมูล Emo-DB ด้วยตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยทำการทดลองเชิงประจักษ์เพื่อเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสม ก่อนนำไปลดคุณลักษณะอีกครั้งด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก พบว่าสามารถลดคุณลักษณะลงได้กว่าร้อยละ 99.4 โดยลดจาก 6,552 คุณลักษณะ เหลือเพียง 37 คุณลักษณะ แม้ว่าจะทำให้ค่าความแม่นลดลงเหลือร้อยละ 80.2 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน (baseline data) ที่ร้อยละ 85.2 แสดงให้เห็นว่าในการนำหลักการลดคุณลักษณะไปใช้งานจริง อาจจำเป็นต้องเลือกระหว่างความรวดเร็วในการประมวลผลที่เพิ่มขึ้น (จำนวนคุณลักษณะที่ลดลง) หรือความแม่นที่เพิ่มขึ้น (จำนวนคุณลักษณะที่เพิ่มขึ้น)

ในปี ค.ศ. 2013 Quan, Wan, Zhang และ Ren [28] ได้เปรียบเทียบผลระหว่างการลดคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการไม่ลดคุณลักษณะ ในการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดบนฐานข้อมูล Emo-DB และฐานข้อมูลภาษาจีน พบว่าการลดคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักให้ค่าความแม่นสูงกว่าการไม่ลดคุณลักษณะถึงกว่าร้อยละ 3 และกว่าร้อยละ 17 เมื่อเทียบกับคุณลักษณะที่ได้จาก MFCC

จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลสามารถลดคุณลักษณะได้ดีและมีแนวโน้มช่วยให้การจำแนกมีความแม่นเพิ่มมากขึ้น

2.2.3 การรู้จำด้วยคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์

มีงานวิจัยจำนวนไม่น้อยนำเสนอขั้นตอนวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงโดยใช้คุณลักษณะที่ได้จากการสกัดในระดับเซกเมนต์ ดังเช่นงานวิจัยของ Han, Yu และ Tashev [5] ในปี ค.ศ. 2014 ที่

เสนอการรู้จำอารมณ์จากเสียงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก (deep neural networks) โดยใช้คุณลักษณะที่สกัดจากระดับเซกเมนต์ ซึ่งเซกเมนต์ที่สร้างขึ้นนี้เกิดจากการนำข้อมูลในระดับเฟรม มาเรียงต่อกันจำนวน 25 เฟรม เพื่อให้เกิดเซกเมนต์ที่มีความยาว 265 มิลลิวินาที และเลือกเฉพาะเซกเมนต์ที่ให้ค่าพลังงานสูงสุดในแต่ละถ้อยความ ผลที่ได้พบว่าวิธีการที่เสนอให้ค่าความแม่นสูงกว่าร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน ผู้วิจัยได้รับแรงจูงใจในขั้นตอนการสร้างเซกเมนต์จากงานวิจัยนี้เป็นอย่างมาก เนื่องจากวิธีนี้ช่วยให้ได้จำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้นในกรณีที่ชุดข้อมูลมีอย่างจำกัด และการสร้างเซกเมนต์เช่นนี้จะได้บริบทจากเฟรมข้างเคียงมาประกอบอันจะทำให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จะได้ใช้วิธีการดังกล่าวเป็นต้นแบบในการตัดแบ่งเซกเมนต์ต่อไป

อย่างไรก็ตามหากย้อนกลับไปศึกษางานวิจัยของ Shami และ Kamel [29] ในปี ค.ศ. 2005 ซึ่งเป็นการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดบนฐานข้อมูล KISMIT ด้วยตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนและขั้นตอนวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด k ตัว โดยตัดแบ่งถ้อยความออกเป็นส่วน ๆ ตามระดับเสียง เพื่อสร้างเซกเมนต์ พบว่าค่าความแม่นด้อยลงกว่าการจำแนกโดยใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความเป็นอย่างมาก แม้ว่า Shami และ Kamel จะมิได้อธิบายถึงผลลัพธ์ดังกล่าว แต่ผู้วิจัยเชื่อว่าการตัดแบ่งถ้อยความโดยอิงจากระดับเสียงอาจทำให้ขนาดของเซกเมนต์สั้นเกินไปจนขาดสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ ตลอดจนการตัดแบ่งทำให้ปริมาณข้อมูลเพิ่มมากขึ้นอันอาจส่งผลให้สิ่งรบกวนในข้อมูลสูงขึ้นได้

2.2.4 การจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

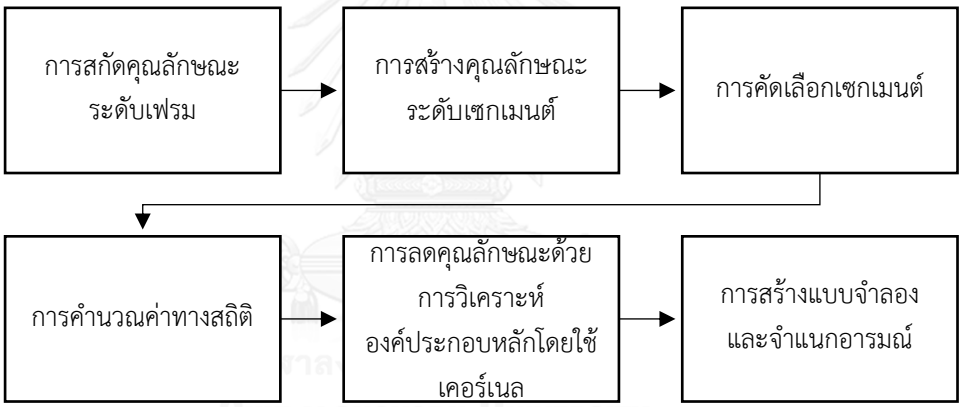
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นตัวจำแนกที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยทางด้านการรู้จำอารมณ์จากเสียง [30-34] ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Thapanee Seehapoch และ Sartra Wongthanavasu [34] ในปี ค.ศ. 2013 ได้ทดลองรู้จำอารมณ์จากเสียงในลักษณะเชิงประจักษ์ โดยการใช้คุณลักษณะร่วมกันระหว่าง ความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency : F_0), พลังงาน และ MFCC ด้วยตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนและเคอร์เนลแบบเชิงเส้น บนฐานข้อมูล Emo-DB ฐานข้อมูลเสียงพูดเชิงอารมณ์ภาษาญี่ปุ่น และฐานข้อมูลเสียงพูดเชิงอารมณ์ภาษาไทย พบว่าให้ความแม่นสูงถึงร้อยละ 89.80 ร้อยละ 93.57 และร้อยละ 98.00 ตามลำดับ

บทที่ 3
ขั้นตอนวิธีที่เสนอและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนวิธีที่เสนอและวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ขั้นตอนวิธีที่เสนอ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนวิธีที่เสนอ

ขั้นตอนวิธีที่เสนอแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน แสดงได้ดังภาพที่ 3.1 โดยขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Han, Yu และ Tashev [5], และขั้นตอนที่ 4 ถึง 5 เป็นส่วนที่ผู้วิจัยเพิ่มเติมเข้าไป ทั้งนี้วิธีการลดคุณลักษณะในขั้นตอนที่ 5 ได้จากผลการทดลองในขั้นตอนการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม ซึ่งจะกล่าวเป็นลำดับถัดไปในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนวิธีที่เสนอ

3.1.1 การสกัดคุณลักษณะระดับเฟรม

เป็นการสกัดคุณลักษณะโดยอาศัยแผ่นแบบ (template) ตามที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุมวิชาการ INTERSPEECH 2013 [4] แต่เปลี่ยนจากการสกัดในระดับถ้อยความเป็นการสกัดในระดับเฟรม โดยกำหนดขนาดเฟรมยาว 60 มิลลิวินาที สำหรับ LLDs ที่เกี่ยวข้องกับเสียง (voicing related LLDs) และความยาว 25 มิลลิวินาที สำหรับ LLDs อื่น ทำการสกัดทุก 10 มิลลิวินาที ได้คุณลักษณะรวมทั้งสิ้น 130 คุณลักษณะ (LLDs จำนวน 65 ตัวและอนุพันธ์ของมันอีก 65 ตัว) รายละเอียดดังตารางที่ 3.1 จากนั้นกำหนดคลาสของแต่ละแถวข้อมูลให้ตรงกับคลาสของถ้อยความ

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของเสียง 65 LLDs

	Group
4 ENERGY RELATED LLD	
Sum of auditory spectrum (loudness)	Prosodic
Sum of RASTA-style filtered auditory spectrum	Prosodic
RMS energy zero-crossing rate	Prosodic
55 SPECTRAL LLD	
RASTA-style auditory spectrum bands 1-26 (0-8 kHz)	Spectral
MFCC 1-14	Cepstral
Spectral energy 250-650 Hz, 1-4 kHz	Spectral
Spectral roll off point 0.25, 0.50, 0.75, 0.90	Spectral
Spectral flux, centroid, entropy, slope	Spectral
Psychoacoustic sharpness, harmonicity	Spectral
Spectral variance, skewness, kurtosis	Spectral
6 VOICING RELATED LLD	
F_0 (SHS and viterbi smoothing)	Prosodic
Prob. of voice	Sound quality
Log. HNR, Jitter (local, delta), Shimmer (local)	Sound quality

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 การสร้างคุณลักษณะระดับเซกเมนต์

สร้างคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์โดยนำคุณลักษณะที่ได้จากระดับเฟรมมาเรียงต่อกันด้านละ 12 เฟรมจากเฟรมอ้างอิง ได้เฟรมเรียงต่อกันรวมทั้งสิ้นจำนวน 25 เฟรม ตามสมการข้างล่างนี้

$$s(x) = [f(x-n), \dots, f(x), \dots, f(x+n)] \tag{3.1}$$

เมื่อ n คือ จำนวนเฟรมในแต่ละด้านซึ่งในที่นี้ คือ 12, $f(x)$ คือ คุณลักษณะที่ได้จากเฟรม x และ $s(x)$ คือ คุณลักษณะในระดับเซกเมนต์ที่ได้จากเฟรมอ้างอิง x

จากการนำคุณลักษณะมาเรียงต่อกันนี้ จะได้เซกเมนต์ที่มีความยาว 265 มิลลิวินาทีและ 300 มิลลิวินาที เมื่อเฟรมที่ใช้มีความยาว 25 มิลลิวินาทีและ 60 มิลลิวินาที ตามลำดับ โดยคำนวณได้ตามสมการข้างล่างนี้

$$s(x)_{length} = t \times f_n + (f_l - t) \tag{3.2}$$

เมื่อ t คือ ระยะห่างของเวลาที่ใช้ในการสกัด, f_n คือ จำนวนเฟรม และ f_l คือ ความยาวเฟรม

3.1.3 การคัดเลือกเซกเมนต์

เป็นไปได้ที่บางเซกเมนต์อาจไม่มีสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ปรากฏอยู่ จึงสมเหตุผลที่จะเชื่อว่าเซกเมนต์ที่มีค่าพลังงานสูงจะมีความเด่นชัดของสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์มากกว่าเซกเมนต์ที่มีค่าพลังงานต่ำกว่า ด้วยเหตุนี้จึงเลือกเซกเมนต์ที่ให้ค่าพลังงานสูงสุดจำนวนร้อยละ 10 จากแต่ละถ้อยความ ตามสมการข้างล่างนี้

$$S_{emax} = \underset{s \in U}{argmax} \sum_{i=1}^{n} E_{is} \tag{3.3}$$

เมื่อ E_{is} คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าพลังงาน (root mean square energy) ที่ได้จากเฟรม i ในเซกเมนต์ s, n คือ จำนวนเฟรมทั้งหมดในเซกเมนต์ s และ s คือ เซกเมนต์ที่เป็นองค์ประกอบของถ้อยความ U

3.1.4 การคำนวณค่าทางสถิติ

จากวิธีการสกัดคุณลักษณะข้างต้นทำให้ได้คุณลักษณะและจำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้การจำแนกโดยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นไปอย่างล่าช้าและการเพิ่มขึ้นของข้อมูลนี้อาจทำให้สิ่งรบกวนของข้อมูลเพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงลดจำนวนคุณลักษณะและสิ่งรบกวนนั้นลงด้วยการคำนวณค่าทางสถิติบนคุณลักษณะดังกล่าวซึ่งประกอบด้วย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในสมการที่ 3.4-3.7 อันจะได้คุณลักษณะในระดับครอบคลุมที่สร้างจากระดับเซกเมนต์

$$f_1^k = \min_{j \in J} f_j^k \tag{3.4}$$

$$f_2^k = \max_{j \in J} f_j^k \tag{3.5}$$

$$f_3^k = \frac{1}{|J|} \sum_{j=1}^{J} f_j^k \tag{3.6}$$

$$f_4^k = \sqrt{\frac{1}{|J|} \sum_{j=1}^{J} \left(f_j^k - \mu^k\right)^2} \tag{3.7}$$

เมื่อ f_j^k คือ คุณลักษณะ k ของเฟรม j, J คือ เฟรมทั้งหมดในเซกเมนต์ และ μ^k คือ ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะ k

หากพิจารณาให้ละเอียดจะพบว่าการคำนวณค่าทางสถิติบนคุณลักษณะระดับเซกเมนต์นี้ ไม่เพียงแต่เป็นแค่การคำนวณเพื่อสร้างคุณลักษณะระดับครอบคลุมโดยทั่วไปเท่านั้น แต่ยังสอดคล้องกับหลักการในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (กรณีใช้ค่าเฉลี่ยเป็นค่าทางสถิติ) เพราะข้อมูลในระดับเซกเมนต์นี้เกิดจากการขยับของเวลาทุก ๆ 10 มิลลิวินาที ซึ่งการทำเช่นนี้จะสามารถช่วยลดสิ่งรบกวนในข้อมูลลงได้ เมื่อสิ้นสุดการคำนวณดังกล่าวจะเหลือคุณลักษณะเพียง 130 x 4 = 520 คุณลักษณะ

3.1.5 การลดคุณลักษณะ

ทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐานจากนั้นลดคุณลักษณะโดยใช้วิธีการลดคุณลักษณะที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

3.1.6 การสร้างแบบจำลองและจำแนกอารมณ์

ในขั้นตอนนี้จะจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเนื่องจากผลการจำแนกของขั้นตอนวิธีที่เสนออยู่ในระดับของเซกเมนต์จึงจำเป็นต้องแปลงผลลัพธ์นั้นให้อยู่ในระดับถ้อยความด้วยวิธีตัดสินใจตามหลักเสียงข้างมาก (majority voting) การตัดสินใจตามหลักเสียงข้างมากนี้จะเลือกอารมณ์ที่ถูกจำแนกเป็นจำนวนมากสุดจากทุกเซกเมนต์ของถ้อยความนั้นดังแสดงตามสมการที่ 3.8 หากคะแนนเท่ากันให้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในแต่ละอารมณ์จากทุกเซกเมนต์ของถ้อยความนั้น อารมณ์ใดให้ค่าสูงสุดให้เลือกอารมณ์นั้นดังแสดงตามสมการที่ 3.9 สาเหตุที่ผู้วิจัยใช้วิธีตัดสินใจตามหลักเสียงข้างมากโดยอิงจากอารมณ์ที่ทำนายได้เป็นลำดับแรกแทนที่จะเป็นการใช้ค่าความน่าจะเป็นจากซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนก่อน เพราะแบบจำลองความน่าจะเป็นของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนนั้นสร้างขึ้นจากการตรวจสอบไขว้ซึ่งอาจให้ผลแตกต่างจากคลาสที่ได้จากการทำนาย [35]

$$E_{select} = \underset{v}{argmax} \sum_{s=1}^{|U|} I(v, E_s) \tag{3.8}$$

$$E_{prob} = \underset{v}{argmax} \frac{1}{|U|} \sum_{s=1}^{|U|} P_s(E_v) \tag{3.9}$$

เมื่อ v คือ คลาส, E_s คือ อารมณ์ที่ถูกทำนายของเซกเมนต์ s ในถ้อยความ U, $I(p,q)$ เป็นฟังก์ชันที่จะให้ค่า 1 เมื่อ $p = q$ มิเช่นนั้นให้ค่า 0 และ $P_s(E_v)$ คือ ความน่าจะเป็นของคลาส v สำหรับเซกเมนต์ s

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย [Emotional tagged corpus on Lakorn (Thai TV drama), EMOLA] ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา
2. โปรแกรมสำหรับงานทางด้านเหมืองข้อมูล Weka 3.7.12 [15]
3. ชุดโปรแกรมสนับสนุน chiSquaredAttributeEval 1.0.4
4. โปรแกรมสำหรับงานทางด้านเหมืองข้อมูล Knowledge Extraction based on Evolutionary Learning (KEEL) 2015-03-23 [36, 37]
5. โปรแกรมสำหรับงานทางด้านเหมืองข้อมูล Scikit-learn 0.17.1 [38]
6. โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS Statistics 23
7. เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมภาษา C# Microsoft Visual Studio 2015
8. เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมภาษา Python 3.4.4
9. โปรแกรมสกัดคุณลักษณะ Speech & Music Interpretation by Large Space Extraction (openSMILE) 2.1.0
10. โปรแกรมอรรถประโยชน์สำหรับประมวลผลไฟล์เสียง Sound eXchange (SoX) 14.4.2
11. โปรแกรมสำหรับการศึกษาทางด้านสัทศาสตร์ Praat 6.0.19 [39]

3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

คลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย [Emotional tagged corpus on Lakorn (Thai TV drama), EMOLA] เป็นคลังข้อมูลเสียงที่พัฒนาขึ้นโดยห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเสียง หน่วยวิจัยวิทยาการสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ [40]

คลังข้อมูลนี้เป็นการรวบรวมวิดีโอและเสียงจากละครไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมการแสดงอารมณ์ทุกอารมณ์จากนักแสดงผู้เชี่ยวชาญทั้งชายหญิงซึ่งแสดงออกถึงความรู้สึกได้อย่างชัดเจน สำหรับคลังข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา มีจำนวน 2,908 ถ้อยความ ความยาวเสียงโดยรวมทั้งสิ้นประมาณ 267 นาที หากตัดถ้อยความที่มีความผิดพลาด อันได้แก่ มีผู้พูด 2 คน คำบรรยาย (subtitle) ผิด และเสียงไม่สมบูรณ์ออก จะเหลือ 2,837 ถ้อยความ (ถ้อยความที่มีความผิดพลาดไม่ได้ถูกกำกับอารมณ์ไว้) คลังข้อมูลนี้มีการกำกับ

อารมณ์หลายรูปแบบ แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เฉพาะการแบ่งอารมณ์แบบพื้นฐาน โดยแบ่งอารมณ์ออกเป็น โกรธ (anger) ดีใจ (happiness) เสียใจ (sadness) และเป็นกลาง (neutral) จำนวน 953 1,089 343 และ 452 ถ้อยความตามลำดับ

อย่างไรก็ตามไฟล์เสียงที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกเฉพาะข้อมูลเสียงที่มีลักษณะค่อนข้างสะอาด (clean speech) ในระดับหนึ่ง กล่าวคือไม่มีข้อมูลรบกวนและดนตรีประกอบฉาก (background music) ซึ่งทั้งสองปัจจัยได้ถูกกำกับไว้ในคลังข้อมูลแล้ว เนื่องจากจำนวนข้อมูลมีไม่มากพอในการสร้างแบบจำลองที่จะนับรวมถึงผลกระทบจากสภาพแวดล้อม ทำให้เหลือข้อมูลเสียงเพียง 551 ถ้อยความจาก 2,837 ถ้อยความ ความยาวเสียงโดยรวมทั้งสิ้นประมาณ 45 นาที โดยแบ่งอารมณ์ออกเป็น โกรธ ดีใจ เสียใจ และเป็นกลาง จำนวน 170 211 52 และ 118 ตามลำดับ โดยถ้อยความที่สั้นสุดมีความยาวประมาณ 1.3 วินาที และยาวสุดประมาณ 24 วินาที ตัวอย่างของถ้อยความแสดงดังตารางที่ 3.2 (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

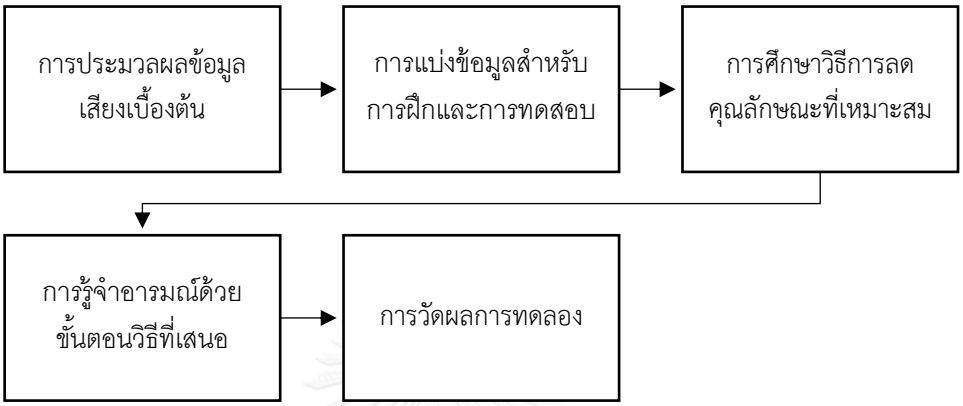
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างถ้อยความที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
1	โอ๊ย ไม่เป็นไรหรอกค่ะคุณบังอร	ดีใจ
2	นี่เป็นการแต่งงานเพื่อล้างหนี้ให้กับตระกูลของเรา	โกรธ
3	โอ้โห นกรู้จริง ๆ	ดีใจ
4	หึ บีก็แต่งตัวแบบนี้ทุกวันอยู่แล้วนี่	โกรธ
5	สวัสดีค่ะ	เป็นกลาง
6	ย่าต้องขอโทษแทนหลานสาวด้วยนะคะ	เสียใจ
7	ตกลงว่าพ่อจะกลับเมื่อไหร่ครับ	เป็นกลาง
8	หือ ไม่เป็นหรอกครับ คุณย่า ผมก็เจอฤทธิ์เดชเค้าจนเริ่มจะชินแล้วล่ะครับ	เสียใจ
9	ไหนบอกลักษณะมาสิคะ ถ้าถูกใจเนี่ยอาจจะช่วยบอกให้	ดีใจ
10	ไม่ได้หรอกค่ะ ทนฟังมานานแล้ว ทำไมถึงได้ก้าวร้าวพี่เค้าอย่างงี้ เฮอะ พี่เค้าไปทำอะไรให้	โกรธ

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.2 สำหรับขั้นตอนแรกเป็นการประมวลผลข้อมูลเสียงเบื้องต้น โดยการปรับรูปแบบข้อมูลไฟล์และการตัดเสียงเงียบ (silence)

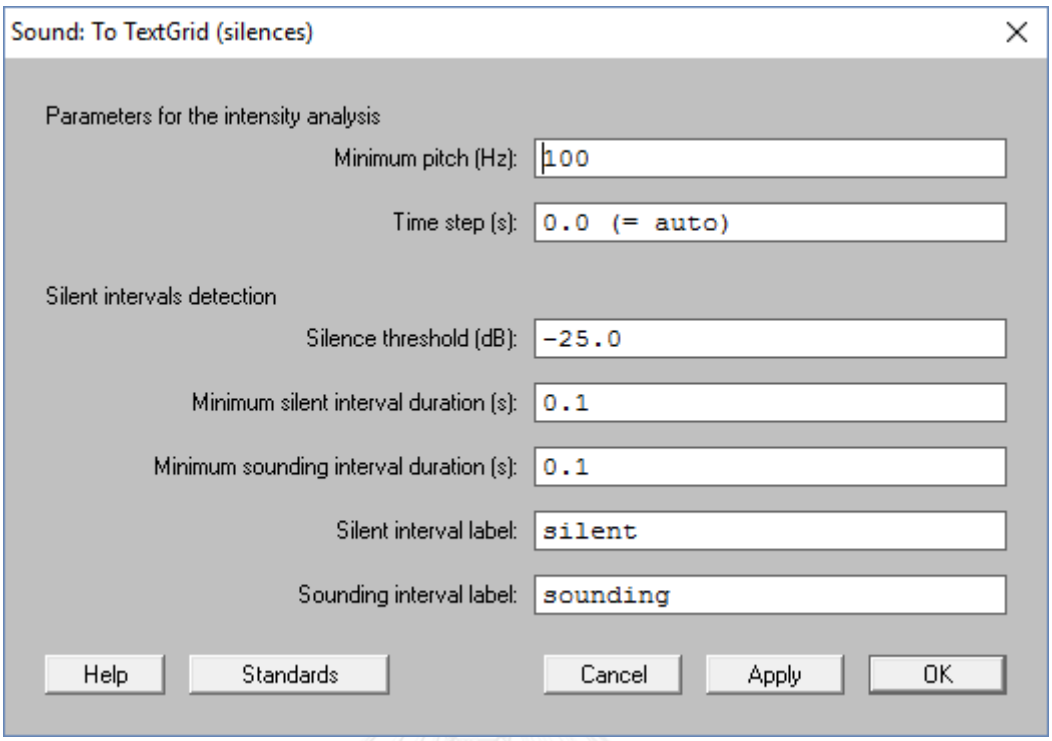
ขั้นตอนที่สองเป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเพื่อสร้างชุดข้อมูลฝึกและชุดข้อมูลทดสอบ ขั้นตอนที่สามเป็นการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม โดยใช้ทั้งการคัดเลือกและการแปลงคุณลักษณะ จากนั้นรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอในขั้นตอนที่สี่ สุดท้ายขั้นตอนที่ห้าวัดผลการทดลองเทียบกับชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4.1 การประมวลผลข้อมูลเสียงเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้เป็นการใช้โปรแกรม SoX เพื่อแปลงข้อมูลเสียงจาก wav ไฟล์เป็น raw ไฟล์ เพื่อให้มีรูปแบบที่เหมาะสมต่อการสกัดคุณลักษณะด้วยโปรแกรม openSMILE ในลำดับถัดไป เนื่องจากโปรแกรม openSMILE รองรับเฉพาะ raw ไฟล์เท่านั้น และแปลงเสียงจากช่องสัญญาณคู่ (stereo channel) เป็นช่องสัญญาณเดี่ยว (mono channel) จากนั้นนำมาตัดเสียงเงียบ ออกจากส่วนหัวและท้ายของไฟล์ด้วยโปรแกรม Praat โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามค่าปริยาย (default value) ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การกำหนดค่าสำหรับการตรวจสอบเสียงเงียบ

3.4.2 การแบ่งข้อมูลสำหรับการฝึกและการทดสอบ

แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดข้อมูลฝึกร้อยละ 80 และชุดข้อมูลทดสอบร้อยละ 20 ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิอย่างเป็นสัดส่วน (proportional stratified random sampling) เพื่อให้คงสัดส่วนของข้อมูลในแต่ละอารมณ์ไว้ โดยใช้โปรแกรม Weka ทำให้ได้ชุดข้อมูลฝึกและชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 440 และ 111 ชุดตามลำดับ รายละเอียดของชุดข้อมูลแสดงตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนถ้อยความในแต่ละชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	อารมณ์				
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง	รวม
ข้อมูลฝึก	136	168	41	95	440
ข้อมูลทดสอบ	34	43	11	23	111
รวม	170	211	52	118	551

3.4.3 การศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม

ทำการทดลองเชิงประจักษ์เพื่อหาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสมสำหรับใช้ในขั้นตอนวิธีที่เสนอ เริ่มจากการสกัดคุณลักษณะโดยอาศัยแผ่นแบบ ตามที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุม

วิชาการ INTERSPEECH 2013 ซึ่งเป็นการสกัดในระดับถ้อยความ โดยมีคุณลักษณะจำนวน 6,373 คุณลักษณะ ประกอบด้วย LLDs จำนวน 65 ตัวและอนุพันธ์ของมันรวมเป็น 130 ตัว สำหรับฟังก์ชันที่คำนวณค่ากับ LLDs มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.4 (ดัดแปลงจาก [41]) จากนั้นทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐานเพื่อลดผลกระทบกรณีข้อมูลมีค่าแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันที่ใช้กับแต่ละ LLD

	Group
FUNCTIONALS APPLIED TO LLD/Δ LLD	
Quartiles 1-3, 3 inter-quartile ranges	Percentiles
1% percentile (≈min), 99% percentile (≈max)	Percentiles
Percentile range 1-99%	Percentiles
Position of min/max, range (max-min)	Temporal
Arithmetic mean[1], root quadratic mean	Moments
Contour centroid, flatness	Temporal
Standard deviation, skewness, kurtosis	Moments
Rel. duration LLD is above 25/50/75/90% range	Temporal
Rel. duration LLD is rising	Temporal
Rel. duration LLD has positive curvature	Temporal
Gain of linear prediction (LP), LP coefficients 1-5	Modulation
Mean, max, min, SD of segment length[2]	Temporal
FUNCTIONALS APPLIED TO LLD ONLY	
Mean value of peaks	Peaks
Mean value of peaks – arithmetic mean	Peaks
Mean SD of inter peak distances	Peaks
Amplitude mean of peaks, of minima	Peaks
Amplitude range of peaks	Peaks
Mean SD of rising falling slopes	Peaks
Linear regression slope, offset, quadratic error	Regression
Quadratic regression a, b, offset, quadratic error	Regression
Percentage of non-zero frames[3]	Temporal

[1] Arithmetic mean of LLD/positive Δ LLD

[2] Not applied to voice related LLD except F_0

[3] Only applied to F_0

Chulalongkorn University

การลดคุณลักษณะนี้แบ่งออกเป็นการคัดเลือกแบบตัวกรองจำนวน 3 วิธี ได้แก่ สถิติไคสแควร์ อัตราส่วนเกน และ RELIEF-F, และการแปลงคุณลักษณะจำนวน 2 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน สำหรับการคัดเลือกแบบตัวกรองนั้นให้เรียงคุณลักษณะตามคะแนนที่ได้จากตัวกรองจากมากไปน้อยและเลือกคุณลักษณะที่มีคะแนนสูงสุดจำนวนร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 100 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 รวมทั้งสิ้น 10 เซตย่อยในแต่ละประเภทตัวกรอง

ในการใช้ตัวกรองสถิติไคสแควร์และอัตราส่วนเกนนั้นให้ดิสครีไทซ์ข้อมูล (data discretization) ก่อนการประมวลผล และเท่าที่ผู้วิจัยทราบการดิสครีไทซ์ข้อมูลสำหรับข้อมูลเสียงเพื่อการจำแนกอารมณ์นั้น ยังไม่มีการศึกษาอย่างชัดเจนว่าวิธีใดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงเลือกใช้ขั้นตอนวิธี class-attribute interdependence maximization (CAIM) [42] เนื่องจากเป็นขั้นตอนวิธีที่นิยมวิธีหนึ่ง [43] โดยใช้โปรแกรม KEEL ในการดำเนินการ

สำหรับการแปลงคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกำหนดและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันนั้น กำหนดให้เคอร์เนลเป็นฟังก์ชันพหุนาม เรเดียลเบซิส และซิกมอยด์ สำหรับฟังก์ชันพหุนามกำหนดค่าดีกรี (degree) เป็น 3 ตามค่าปริยาย และกำหนดค่าความเป็นอิสระ (independent term) เป็น 1 และ 2 สำหรับฟังก์ชันพหุนามและซิกมอยด์ได้จำนวนทั้งสิ้น 6 วิธี เท่าที่ทราบในส่วนของการเลือกจำนวนองค์ประกอบหลักนั้นไม่มีวิธีใดเหมาะสมสุด ทั้งนี้ขึ้นกับวิจารณญาณของผู้วิจัย โดย Jolliffe [44] ได้ให้คำแนะนำว่าจำนวนองค์ประกอบหลักที่เหมาะสมควรสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลให้ได้ร้อยละ 70 ถึงร้อยละ 90 แต่อาจสามารถมากกว่าร้อยละ 90 ได้ หากองค์ประกอบหลักจำนวนหนึ่งถึงสองตัวแรกโดดเด่นกว่าตัวอื่นมาก และอาจต่ำกว่าร้อยละ 70 หากมีองค์ประกอบหลักจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจะวาดกราฟเพื่อเลือกเคอร์เนลฟังก์ชันตลอดจนจำนวนขององค์ประกอบหลักที่เหมาะสมต่อไป

หลังจากได้คุณลักษณะตามต้องการจะจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยเลือกใช้เคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิส เพราะมีกรณีที่เซตย่อยมีจำนวนคุณลักษณะน้อยกว่าจำนวนชุดข้อมูลตามคำแนะนำของ Hsu, Chang และ Lin [45] และจากการที่ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกมีลักษณะไม่สมดุล (unbalanced data) ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าน้ำหนักของข้อมูลในแต่ละคลาสให้เท่ากันเพื่อให้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจำแนกได้ดียิ่งขึ้นไม่เกิดการลำเอียงไปยังคลาสที่มีข้อมูลจำนวนมาก

ในการใช้เคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิสจำเป็นต้องปรับค่าพารามิเตอร์ 2 ชุด คือ γ และ C ให้มีค่าเหมาะสุด ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการค้นหาแบบกริด (grid-search) ร่วมกับการตรวจสอบไขว้ห้าพับ (5-fold cross-validation) และกำหนดพารามิเตอร์ให้มีการเติบโตแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ตามคำแนะนำ

ของ Hsu, Chang และ Lin [45] โดยให้ $C = 2^{-5}, 2^{-3}, \ldots, 2^{15}$ และ $\gamma = 2^{3}, 2^{1}, \ldots, 2^{-15}$ จากนั้นเลือกพารามิเตอร์ที่ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน (macro-averaging) สูงสุดสำหรับแต่ละเซตย่อยของคุณลักษณะ

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสุดแล้วทำการสร้างแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลฝึกและทดสอบด้วยชุดข้อมูลทดสอบ จากนั้นวัดประสิทธิภาพในการจำแนกด้วยค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และวัดความสัมพันธ์ในแต่ละคู่ของวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics

โดยทั่วไปในการหาค่าเฉลี่ยของ F-measure นั้นนิยมใช้ 2 วิธีหลัก คือ ค่าเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันและค่าเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน (micro-averaging) โดยวิธีแรกเป็นการหาค่า F-measure ที่ได้จากแต่ละคลาส จากนั้นเฉลี่ยด้วยจำนวนคลาส สำหรับวิธีที่สองเป็นการคำนวณข้อมูลรวมจากทุกคลาสก่อนการหาค่า F-measure เนื่องจากชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกเป็นชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล และเพื่อให้มั่นใจว่าผลการวัดที่ได้จะไม่ลำเอียง อีกทั้งผู้วิจัยให้ความสำคัญกับทุกคลาสเท่ากัน ไม่คำนึงว่าแต่ละคลาสจะมีจำนวนข้อมูลมากน้อยเพียงใดจึงเลือกใช้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันแทนการวัดความแม่นเป็นหลัก อย่างไรก็ตามผู้วิจัยอาจแสดงผลการวัดในรูปค่าเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันในบางส่วนของการทดลองเพื่อให้ผู้อ่านได้ใช้ในการพิจารณาประกอบเพิ่มเติม

ทั้งนี้ ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันอาจเรียกในอีกชื่อว่าค่าความแม่นแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (unweighted accuracy) และในกรณีที่ชุดข้อมูลเป็นชุดเดียวกันจะได้ค่าความเที่ยง (precision) ค่าความระลึก (recall) และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันเป็นค่าเดียวกัน โดยค่าความระลึกนี้อาจเรียกว่าค่าความแม่นแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted accuracy)

สมการที่ 3.10-3.15 แสดงการคำนวณค่าค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน

$$precision_i = \frac{TP_i}{TP_i + FP_i} \tag{3.10}$$

$$recall_i = \frac{TP_i}{TP_i + FN_i} \tag{3.11}$$

$$F_i = \frac{2 \times precision_i \times recall_i}{precision_i + recall_i} \tag{3.12}$$

$$precision_{macro} = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^{C} precision_i \tag{3.13}$$

$$recall_{macro} = \frac{1}{C}\sum_{i=1}^{C} recall_i \quad (3.14)$$

$$F_{macro} = \frac{1}{C}\sum_{i=1}^{C} F_i \quad (3.15)$$

สมการที่ 3.16-3.18 แสดงการคำนวณค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน

$$precision_{micro} = \frac{\sum_{i=1}^{C} TP_i}{\sum_{i=1}^{C} TP_i + FP_i} \quad (3.16)$$

$$recall_{micro} = \frac{\sum_{i=1}^{C} TP_i}{\sum_{i=1}^{C} TP_i + FN_i} \quad (3.17)$$

$$F_{micro} = \frac{2 \times precision_{micro} \times recall_{micro}}{precision_{micro} + recall_{micro}} \quad (3.18)$$

โดย C คือ จำนวนคลาสทั้งหมด, F_i คือ ค่า F-measure ของคลาส i, TP คือ ผลบวกจริง, FP คือ ผลลบจริง และ FN คือผลลบลวง

3.4.4 การรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ

ทำการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ รายละเอียดดังปรากฏในหัวข้อ 3.1 โดยใช้วิธีลดคุณลักษณะที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม และใช้เคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิสสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เพราะมีจำนวนคุณลักษณะน้อยกว่าจำนวนชุดข้อมูลตามคำแนะนำของ Hsu, Chang และ Lin [45] กำหนดค่าน้ำหนักของข้อมูลในแต่ละคลาสให้เท่ากัน และปรับค่าพารามิเตอร์ 2 ชุด คือ γ และ C ให้มีค่าเหมาะสุด ด้วยวิธีการค้นหาแบบกริดร่วมกับการตรวจสอบไขว้ห้าพับ โดยกำหนดพารามิเตอร์ให้มีการเติบโตแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยให้ $C = 2^{-5}, 2^{-3}, \ldots, 2^{15}$ และ $\gamma = 2^{3}, 2^{1}, \ldots, 2^{-15}$ จากนั้นเลือกพารามิเตอร์ที่ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันสูงสุด เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสุดแล้วสร้างแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลฝึกและทดสอบด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

3.4.5 การวัดผลการทดลอง

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกอารมณ์ของแบบจำลองที่สร้างจากคุณลักษณะที่ได้มาด้วยขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ด้วยค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันเป็นหลัก แต่อาจเสริมด้วยค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันและค่าความระลึกหรือค่า F-measure เฉลี่ย

แบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันตามความเหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านได้ใช้ในการพิจารณาประกอบเพิ่มเติม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความ จำนวน 6,373 คุณลักษณะ แบบ A
2) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความ จำนวน 6,373 คุณลักษณะ แบบ B
3) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความและผ่านการลดคุณลักษณะด้วยวิธีที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาวิธีลดคุณลักษณะที่เหมาะสม
4) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์ จำนวน 3,250 คุณลักษณะ
5) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการลดคุณลักษณะด้วยวิธีที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาวิธีลดคุณลักษณะที่เหมาะสม
6) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการคำนวณค่าทางสถิติ จำนวน 520 คุณลักษณะ
7) ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการคำนวณค่าทางสถิติและการลดคุณลักษณะด้วยวิธีที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาวิธีลดคุณลักษณะที่เหมาะสม

โดยผลที่ได้จากขั้นตอนวิธีที่ 1 นั้นจัดเป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน โดยผู้วิจัยพยายามใช้ขั้นตอนวิธีให้สอดคล้องกับ [4] ซึ่งจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่มีเคอร์เนลเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น กำหนดค่า $C = 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$ และค้นหาค่า C ที่เหมาะสมด้วยการวัดค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน ขั้นตอนวิธีที่ 2 กำหนดให้เป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานอีกชุดหนึ่งซึ่งจะใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่มีเคอร์เนลเป็นฟังก์ชันเรเดียลเบซิสเหมือนขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 7 และขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 6 มีไว้เพื่อยืนยันว่าขั้นตอนวิธีที่เสนอซึ่งคือขั้นตอนวิธีที่ 7 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า สำหรับขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 7 ให้แปลงผลลัพธ์ซึ่งอยู่ในระดับเซกเมนต์ให้อยู่ในระดับถ้อยความด้วยวิธีตัดสินใจตามหลักเสียงข้างมาก ทั้งนี้ข้อมูลที่ใช้ทดสอบในแต่ละขั้นตอนวิธีผ่านการทำให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐานแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดลองซึ่งประกอบด้วย ผลการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม และผลการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ

4.1 ผลการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม

จากขั้นตอนการศึกษาวิธีการลดคุณลักษณะที่เหมาะสม โดยสกัดคุณลักษณะในระดับถ้อยความด้วยแผ่นแบบตามที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุมวิชาการ INTERSPEECH 2013 ได้คุณลักษณะรวมทั้งสิ้นจำนวน 6,373 คุณลักษณะ และทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐาน จากนั้นลดข้อมูลด้วยการคัดเลือกแบบตัวกรองจำนวน 3 วิธี ได้แก่ สถิติไคสแควร์ อัตราส่วนเกน และ RELIEF-F จัดเรียงคุณลักษณะตามคะแนนที่ได้จากตัวกรองจากมากไปน้อยและเลือกคุณลักษณะที่มีคะแนนสูงสุดจำนวนร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 100 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 รวมทั้งสิ้น 10 เซตย่อยในแต่ละประเภทตัวกรอง เมื่อได้คุณลักษณะตามต้องการทำการจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนด้วยเคอร์เนลแบบเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน โดยรายละเอียดเพิ่มเติมได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

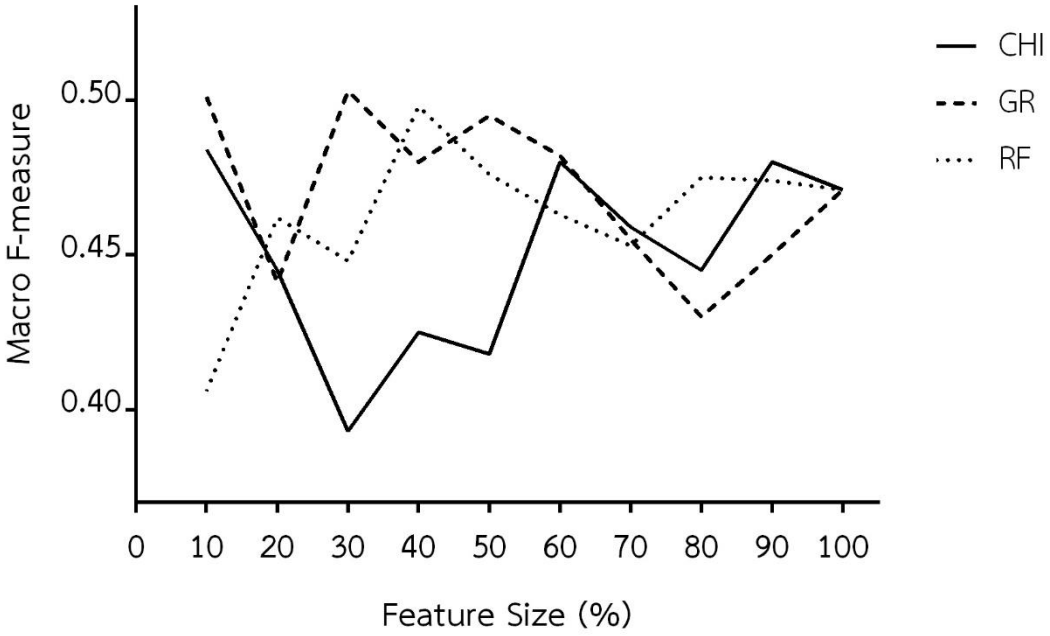
จากการจำแนกโดยใช้ข้อมูลที่ไม่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะพบว่าให้ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.490, 0.473 และ 0.471 ตามลำดับ สำหรับการจำแนกโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกเมื่อวัดด้วย F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันได้ โดยการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีอัตราส่วนเกนให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันสูงสุด ซึ่งมีค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.504, 0.510 และ 0.503 ตามลำดับ และมีจำนวนคุณลักษณะอยู่ที่ร้อยละ 30 หรือ 1,912 คุณลักษณะ รองลงมาเป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี RELIEF-F ให้ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.492, 0.514 และ 0.498 ตามลำดับ และมีจำนวนคุณลักษณะอยู่ที่ร้อยละ 40 หรือ 2,550 คุณลักษณะ สุดท้ายเป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีสถิติไคสแควร์ให้ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.486, 0.487 และ 0.484 ตามลำดับ และมีจำนวนคุณลักษณะอยู่ที่ร้อยละ 10 หรือ 638 คุณลักษณะ รายละเอียดเพิ่มเติมดังตารางที่ 4.1 และจากภาพที่ 4.1 พบว่าไม่มีแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนคุณลักษณะกับค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน นอกจากนี้การที่ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันมีค่าน้อยกว่าค่าความระลึกเฉลี่ยแบบ

ให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าการจำแนกอารมณ์ที่มีข้อมูลน้อยได้ค่าความแม่นต่ำกว่าการจำแนกอารมณ์ที่มีข้อมูลมากกว่า

ตารางที่ 4.1 ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันของการจำแนกโดยแบ่งตามวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะและจำนวนคุณลักษณะ

จำนวนคุณลักษณะ		**ค่าความเที่ยง**	**ค่าความระลึก**	Macro F-measure	Micro F-measure
10% (638)	CHI	0.486	0.487	0.484	0.532
	GR	0.494	0.520	0.501	0.523
	RF	0.417	0.404	0.406	0.477
20% (1275)	CHI	0.443	0.464	0.445	0.477
	GR	0.443	0.441	0.441	0.514
	RF	0.461	0.470	0.462	0.514
30% (1912)	CHI	0.392	0.403	0.393	0.432
	GR	0.504	0.510	0.503	0.541
	RF	0.451	0.455	0.448	0.541
40% (2550)	CHI	0.420	0.437	0.425	0.459
	GR	0.475	0.489	0.480	0.514
	RF	0.492	0.514	0.498	0.532
50% (3187)	CHI	0.432	0.422	0.418	0.514
	GR	0.491	0.500	0.495	0.523
	RF	0.473	0.485	0.476	0.514
60% (3824)	CHI	0.477	0.487	0.480	0.532
	GR	0.481	0.483	0.482	0.523
	RF	0.465	0.466	0.463	0.550
70% (4462)	CHI	0.466	0.457	0.459	0.541
	GR	0.460	0.454	0.455	0.523
	RF	0.453	0.457	0.453	0.541

จำนวนคุณลักษณะ		ค่าความเที่ยง	ค่าความระลึก	Macro F-measure	Micro F-measure
80% (5099)	CHI	0.450	0.449	0.445	0.550
	GR	0.467	0.432	0.430	0.532
	RF	0.475	0.478	0.475	0.568
90% (5736)	CHI	0.493	0.482	0.480	0.589
	GR	0.472	0.451	0.450	0.550
	RF	0.482	0.476	0.474	0.577
100% (6373)	CHI	0.490	0.473	0.471	0.568
	GR	0.490	0.473	0.471	0.568
	RF	0.490	0.473	0.471	0.568



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนคุณลักษณะกับค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน สำหรับจำนวนคุณลักษณะตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 90 ในแต่ละวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ โดยตัวหนาแสดงถึงค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับการจำแนกด้วยข้อมูลที่ไม่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะ จากผลการทดลองในตารางนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะอย่างอัตราส่วนเกนซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกแบบตัวแปรเดี่ยวนั้นกลับให้ผลการจำแนกดีกว่าวิธี RELIEF-F ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกแบบหลายตัวแปรเมื่อวัดด้วยค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน เป็นที่แน่ชัดว่าการที่วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกได้นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของคุณลักษณะในปริภูมิของคุณลักษณะ

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันเท่ากันสำหรับจำนวนคุณลักษณะตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 90 ของการจำแนกโดยแบ่งตามวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ

	ค่าความเที่ยง		ค่าความระลึก		Macro F-measure		Micro F-measure	
วิธีการคัดเลือก	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าสูงสุด**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าสูงสุด**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าสูงสุด**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าสูงสุด**
CHI	0.451	**0.493**	0.454	**0.487**	0.448	**0.484**	0.514	**0.589**
GR	0.476	**0.504**	**0.475**	**0.520**	**0.471**	**0.503**	0.527	0.550
RF	0.463	**0.492**	0.467	**0.514**	0.462	**0.498**	0.535	**0.577**

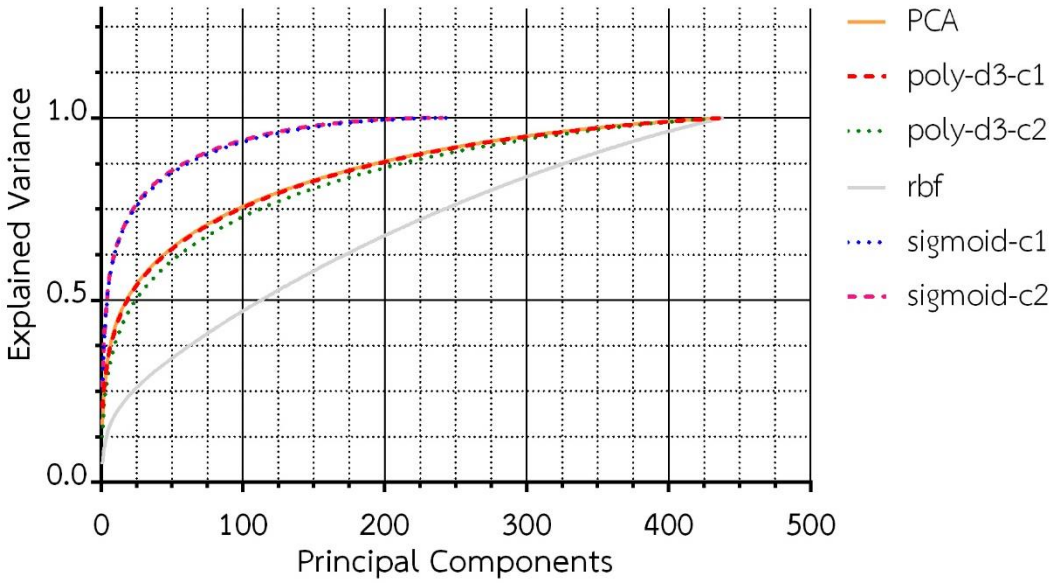
Chulalongkorn University

นอกจากการพิจารณาประสิทธิภาพในการจำแนกโดยการใช้การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีตัวกรองดังข้างต้นแล้ว เพื่อตรวจสอบว่าการคัดเลือกแต่ละวิธีมีรูปแบบในการเลือกคุณลักษณะสัมพันธ์กันหรือไม่โดยไม่พิจารณาผลการจำแนกสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบลำดับของคุณลักษณะในแต่ละคู่ของวิธีคัดเลือกคุณลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ โดยค่าสหสัมพันธ์ที่สูงแสดงว่าแต่ละคู่ของวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะได้ให้ลำดับของคุณลักษณะที่สัมพันธ์กันมาก ผลการคำนวณสถิติสหสัมพันธ์พบว่า แต่ละคู่ของวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะมีวิธีการคัดเลือกไม่สัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า p-value มากกว่า 0.05) รายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ

	Kendall's Tau	**p-value**
CHI-GR	-0.004	0.662
CHI-RF	0.006	0.494
GR-RF	0.000	0.994

สำหรับการแปลงคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลนั้น กำหนดให้เคอร์เนลเป็นฟังก์ชันพหุนาม เรเดียลเบซิส และซิกมอยด์ สำหรับฟังก์ชันพหุนามกำหนดค่าดีกรี (degree) เป็น 3 ตามค่าปริยาย และกำหนดกำหนดค่าความเป็นอิสระเป็น 1 และ 2 สำหรับฟังก์ชันพหุนามและซิกมอยด์ ได้จำนวนทั้งสิ้น 6 วิธี จากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าเคอร์เนลฟังก์ชันอย่างซิกมอยด์ใช้องค์ประกอบหลักจำนวนน้อยกว่าเคอร์เนลฟังก์ชันอื่นในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล โดยที่ค่าความเป็นอิสระแต่ละค่าให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกเคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 เนื่องจากให้จำนวนองค์ประกอบหลักน้อยสุด คือ 242 องค์ประกอบ ในขณะที่เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 1 ให้จำนวนองค์ประกอบหลักที่ 249 องค์ประกอบ และสำหรับเคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิสนั้นมีประสิทธิภาพต่ำสุดในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล จากความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลของเคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 พบว่าเมื่อความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลมีค่าประมาณ 90 อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเมื่อเทียบกับจำนวนองค์ประกอบหลักมีการเปลี่ยนแปลงลดลง ผู้วิจัยจึงเลือกจำนวนองค์ประกอบหลักที่ร้อยละ 90 ของความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล (ข้อมูลประกอบเพิ่มเติมในภาคผนวก ข) ซึ่งเท่ากับองค์ประกอบหลักจำนวน 72 องค์ประกอบ



ภาพที่ 4.2 ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลและจำนวนองค์ประกอบหลักของเคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2

ในการจำแนกโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงคุณลักษณะด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 และมีองค์ประกอบหลักจำนวน 72 องค์ประกอบนั้น พบว่าให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันสูงกว่าค่าเฉลี่ยของ F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ได้จากการจำแนกด้วยข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีในการทดลองก่อนหน้า โดยมีค่าความเที่ยง ค่าความระลึก และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.507, 0.493 และ 0.498 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบนี้ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันต่ำกว่าค่าสูงสุดของค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ได้จากการจำแนกด้วยข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีอัตราส่วนเกนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่กลับสามารถลดจำนวนคุณลักษณะได้กว่าร้อยละ 96.23 เมื่อเทียบกับจำนวนคุณลักษณะที่ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันสูงสุดที่ได้จากการคัดเลือกด้วยวิธีอัตราส่วนเกน และลดจำนวนคุณลักษณะได้กว่าร้อยละ 98.87 เมื่อเทียบกับจำนวนคุณลักษณะตั้งต้นที่ 6,373 คุณลักษณะตามตารางที่ 4.4 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 เป็นวิธีการลดคุณลักษณะในการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการลดคุณลักษณะระหว่างการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยอัตราส่วนเกนและการแปลงคุณลักษณะด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลซิกมอยด์

วิธีลดคุณลักษณะ	ค่าความเที่ยง	ค่าความระลึก	Macro F-measure	Micro F-measure	จำนวนคุณลักษณะ
KPCA	0.507	0.493	0.498	0.550	72
GR (30%)	0.504	0.510	0.503	0.541	1,912
ทั้งหมด	0.490	0.473	0.471	0.568	6,373

4.2 ผลการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ

จากการสกัดคุณลักษณะโดยอาศัยแผ่นแบบ ตามที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุมวิชาการ INTERSPEECH 2013 แต่เปลี่ยนจากการสกัดในระดับถ้อยความเป็นการสกัดในระดับเฟรม จะได้คุณลักษณะรวมทั้งสิ้น 130 คุณลักษณะ โดยเป็นชุดข้อมูลฝึกจำนวน 205,231 แถวและชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 48,656 แถว รายละเอียดดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเฟรม

ชุดข้อมูล	อารมณ์				
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง	รวม
ข้อมูลฝึก	68,747	76,287	23,259	36,938	205,231
ข้อมูลทดสอบ	15,120	18,001	6,000	9,535	48,656
รวม	83,867	94,288	29,259	46,473	253,887

สร้างคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์โดยนำคุณลักษณะที่ได้จากระดับเฟรมมาเรียงต่อกันด้านละ 12 เฟรมจากเฟรมอ้างอิง ได้เฟรมเรียงต่อกันรวมทั้งสิ้นจำนวน 25 เฟรม จากการนำคุณลักษณะมาเรียงต่อกันนี้ทำให้ได้คุณลักษณะรวมจำนวน 130 x 25 = 3,250 คุณลักษณะ ได้ชุดข้อมูลฝึกจำนวน 194,671 แถวและชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 45,992 แถว รายละเอียดดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์

ชุดข้อมูล	อารมณ์				
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง	รวม
ข้อมูลฝึก	65,483	72,255	22,275	34,658	194,671
ข้อมูลทดสอบ	14,304	16,969	5,736	8,983	45,992
รวม	79,787	89,224	28,011	43,641	240,663

อย่างไรก็ตามเป็นไปได้ที่บางเซกเมนต์อาจไม่มีสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ปรากฏอยู่ จึงเลือกเซกเมนต์ที่ให้ค่าพลังงานสูงสุดจำนวนร้อยละ 10 จากแต่ละถ้อยความ ได้ชุดข้อมูลฝึกจำนวน 19,654 แถวและชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 4,654 แถว รายละเอียดดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะในระดับเซกเมนต์และคัดเลือกแล้ว

ชุดข้อมูล	อารมณ์				
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง	รวม
ข้อมูลฝึก	6,606	7,300	2,242	3,506	19,654
ข้อมูลทดสอบ	1,446	1,717	579	912	4,654
รวม	8,052	9,017	2,821	4,418	24,308

จากนั้นคำนวณค่าทางสถิติบนคุณลักษณะดังกล่าวซึ่งประกอบด้วย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อสิ้นสุดการคำนวณดังกล่าวจะเหลือคุณลักษณะเพียง 130 x 4 = 520 คุณลักษณะ ถัดมาทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐาน และลดคุณลักษณะด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 ซึ่งได้จากผลการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้า และเลือกองค์ประกอบหลักให้สามารถอธิบายความแปรปรวนที่ร้อยละ 90 จะได้คุณลักษณะจำนวน 164 คุณลักษณะ ซึ่งน้อยกว่าคุณลักษณะก่อน (3,250 คุณลักษณะ) และหลัง (520 คุณลักษณะ) การคำนวณค่าสถิติถึงร้อยละ 94.95 และร้อยละ 68.46 ตามลำดับ

นำข้อมูลที่ได้มาจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันเรเดียลเบซิสและกำหนดค่าน้ำหนักของข้อมูลในแต่ละคลาสให้เท่ากัน ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ 2 ชุด คือ γ และ C ให้มีค่าเหมาะสุด ด้วยวิธีการค้นหาแบบกริดร่วมกับการตรวจสอบไขว้ห้าพับ จากนั้นเลือกพารามิเตอร์ที่ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันสูงสุด เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่

เหมาะสุดแล้วให้สร้างแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลฝึกและทดสอบด้วยชุดข้อมูลทดสอบ โดยเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอกับขั้นตอนวิธีอื่น ดังนี้

ขั้นตอนวิธี 1: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความ จำนวน 6,373 คุณลักษณะ แบบ A

ขั้นตอนวิธี 2: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความ จำนวน 6,373 คุณลักษณะ แบบ B

ขั้นตอนวิธี 3: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับถ้อยความและผ่านการลดคุณลักษณะด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 จำนวน 72 คุณลักษณะ

ขั้นตอนวิธี 4: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์ จำนวน 3,250 คุณลักษณะ

ขั้นตอนวิธี 5: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการลดคุณลักษณะด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 จำนวน 348 คุณลักษณะ

ขั้นตอนวิธี 6: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการคำนวณค่าทางสถิติ จำนวน 520 คุณลักษณะ

ขั้นตอนวิธี 7: ใช้คุณลักษณะที่ได้จากระดับเซกเมนต์และผ่านการคำนวณค่าทางสถิติและการลดคุณลักษณะด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 จำนวน 164 คุณลักษณะ

โดยผลที่ได้จากขั้นตอนวิธีที่ 1 นั้นจัดเป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐาน โดยผู้วิจัยพยายามใช้ขั้นตอนวิธีให้สอดคล้องกับ [4] ขั้นตอนวิธีที่ 2 กำหนดให้เป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานอีกชุดหนึ่งซึ่งใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่มีเคอร์เนลเป็นฟังก์ชันเรเดียลเบซิสเหมือนขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 7 และขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 6 มีไว้เพื่อยืนยันว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอซึ่งคือขั้นตอนวิธีที่ 7 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า สำหรับขั้นตอนวิธีที่ 3, 5 และ 7 นั้นกำหนดจำนวนองค์ประกอบหลักให้สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลให้ได้ร้อยละ 90 และสำหรับขั้นตอนวิธีที่ 3 ถึง 7 ให้แปลงผลลัพธ์ซึ่งอยู่ในระดับเซกเมนต์ให้อยู่ในระดับถ้อยความด้วยวิธีตัดสินใจตามหลักเสียงข้างมาก ทั้งนี้ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบในแต่ละขั้นตอนวิธีผ่านการทำให้เป็นบรรทัดฐานโดยใช้คะแนนมาตรฐานแล้ว ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

ในการวัดผลนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันเป็นหลักในการประเมิน แต่อาจเสริมด้วยค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่าความระลึกหรือ

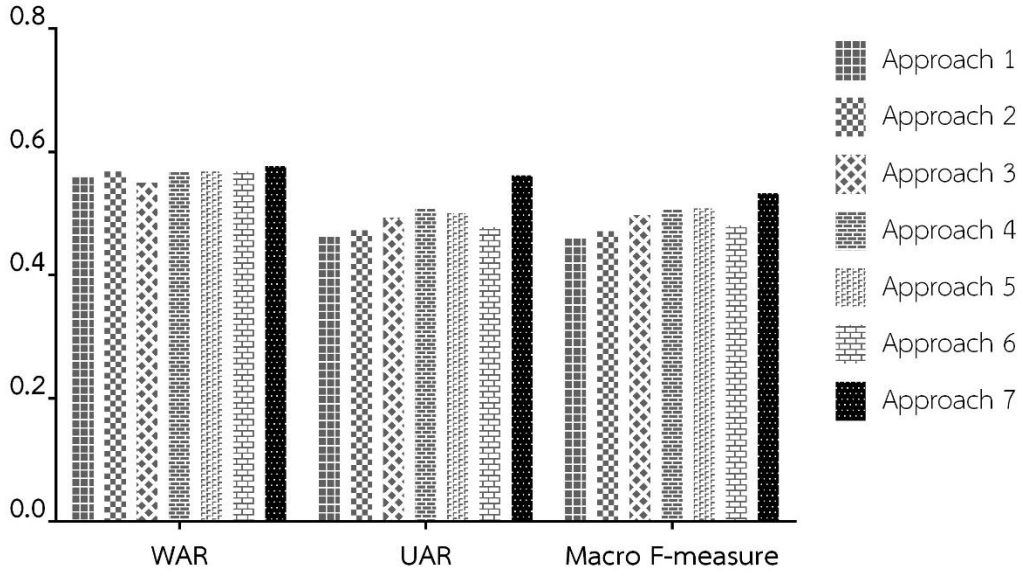
ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันตามความเหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านได้ใช้ในการพิจารณาประกอบเพิ่มเติม

จากการทดลองพบว่าค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันมีค่าเป็น 0.459, 0.471, 0.498, 0.507, 0.508, 0.480 และ 0.533 สำหรับขั้นตอนวิธีที่ 1 ถึง 7 ตามลำดับ โดยขั้นตอนวิธีที่ 7 ให้ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันมากกว่าขั้นตอนวิธีที่ 1 ถึง 6 ที่ร้อยละ 16.12, ร้อยละ 13.16, ร้อยละ 7.03, ร้อยละ 5.13, ร้อยละ 4.92 และร้อยละ 11.04 ตามลำดับ

สำหรับค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันหรือค่าความแม่นแบบไม่ถ่วงน้ำหนักนั้นพบว่ามีค่าเป็น 0.462, 0.473, 0.493, 0.509, 0.501, 0.477 และ 0.562 สำหรับขั้นตอนวิธีที่ 1 ถึง 7 ตามลำดับ โดยขั้นตอนวิธีที่ 7 ให้ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันมากกว่าขั้นตอนวิธีที่ 1 ถึง 6 ที่ร้อยละ 21.65, ร้อยละ 18.82, ร้อยละ 14.00, ร้อยละ 10.41, ร้อยละ 12.18 และร้อยละ 17.82 ตามลำดับ ดังแสดงตามตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.3 โดยตัวหนาแสดงค่าสูงสุด

ตารางที่ 4.8 ค่าความเที่ยง ค่าความระลึก ค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากันของขั้นตอนวิธีทั้ง 7 วิธี

ขั้นตอนวิธี	**ค่าความเที่ยง**	**ค่าความระลึก**	Macro F-measure	Micro F-measure
1	0.479	0.462	0.459	0.559
2	0.490	0.473	0.471	0.568
3	0.507	0.493	0.498	0.550
4	0.523	0.509	0.507	0.568
5	**0.565**	0.501	0.508	0.568
6	0.548	0.477	0.480	0.568
7	0.544	**0.562**	**0.533**	**0.577**



ภาพที่ 4.3 ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักข้อมูลเท่ากัน (weighted average recall, WAR) ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากัน (unweighted average recall, UAR) และค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันของขั้นตอนวิธีทั้ง 7 วิธี

ในการจำแนกอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่ 7 นั้น พบว่าให้ค่าความแม่นในการจำแนกที่ 0.824, 0.488, 0.545 และ 0.391 สำหรับอารมณ์โกรธ ดีใจ เสียใจ และเป็นกลางตามลำดับ โดยมีค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์โกรธสูงสุดและต่ำสุดในการจำแนกอารมณ์เป็นกลาง โดยสามารถจำแนกอารมณ์เสียใจได้ดีแม้จะมีข้อมูลน้อยที่สุด รายละเอียดดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ (confusion matrix) จากขั้นตอนวิธีที่ 7

อารมณ์จริง	**อารมณ์ที่ทำนายได้**			
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง
โกรธ	0.824	0.029	0.029	0.118
ดีใจ	0.256	0.488	0.163	0.093
เสียใจ	0.182	0.182	0.545	0.091
เป็นกลาง	0.217	0.174	0.217	0.391

สำหรับการจำแนกอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานนั้น พบว่าให้ค่าความแม่นในการจำแนกที่ 0.647, 0.674, 0.091 และ 0.435 สำหรับอารมณ์โกรธ ดีใจ เสียใจ และ

เป็นกลางตามลำดับ โดยมีค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ดีใจสูงสุดและต่ำสุดในการจำแนกอารมณ์เสียใจ รายละเอียดดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ จากขั้นตอนวิธีที่ 1

อารมณ์จริง	**อารมณ์ที่ทำนายได้**			
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง
โกรธ	0.647	0.206	0	0.147
ดีใจ	0.209	0.674	0.023	0.093
เสียใจ	0.455	0.364	0.091	0.091
เป็นกลาง	0.174	0.304	0.087	0.435

สุดท้ายการจำแนกอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่ 2 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานอีกชุดหนึ่งนั้น พบว่าให้ค่าความแม่นในการจำแนกที่ 0.647, 0.674, 0.091 และ 0.478 สำหรับอารมณ์โกรธ ดีใจ เสียใจ และเป็นกลางตามลำดับ โดยมีค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ดีใจสูงสุดและต่ำสุดในการจำแนกอารมณ์เสียใจ ซึ่งผลที่ได้นี้ตรงกับผลจากขั้นตอนวิธีที่ 1 เพียงแต่ให้ค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์เป็นกลางสูงกว่า รายละเอียดดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความแม่นในการจำแนกอารมณ์ในรูปของคอนฟิวชันเมทริกซ์ จากขั้นตอนวิธีที่ 2

อารมณ์จริง	**อารมณ์ที่ทำนายได้**			
	โกรธ	ดีใจ	เสียใจ	เป็นกลาง
โกรธ	0.647	0.206	0	0.147
ดีใจ	0.209	0.674	0.023	0.093
เสียใจ	0.273	0.545	0.091	0.091
เป็นกลาง	0.130	0.304	0.087	0.478

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เสนอขั้นตอนวิธีการรู้จำอารมณ์จากเสียงพูดภาษาไทย 2) เปรียบเทียบการคัดเลือกคุณลักษณะแบบตัวกรองด้วยตัวกรองแบบต่าง ๆ และ 3) เปรียบเทียบการคัดเลือกคุณลักษณะกับการแปลงคุณลักษณะ โดยใช้คลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษา ซึ่งผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวนรวมทั้งสิ้น 551 ถ้อยความ สกัดคุณลักษณะตามแผ่นแบบที่กำหนดในการแข่งขันของงานประชุมวิชาการ INTERSPEECH 2013 และจำแนกโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่มีเคอร์เนลเป็นเรเดียลเบซิสฟังก์ชัน วัดผลการจำแนกด้วยค่า F-measure เฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันเป็นหลัก

5.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลัก โดยส่วนแรกเป็นการทดลองเชิงประจักษ์เพื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกระหว่างการลดคุณลักษณะด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้คุณลักษณะที่สกัดได้จากระดับถ้อยความ และส่วนที่สองเป็นการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ

ส่วนแรกจากผลการทดลองพบว่าการคัดเลือกคุณลักษณะแต่ละวิธีไม่สัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อวัดด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบตำแหน่งของเคนดอลล์ และทุกวิธีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลได้ ทั้งนี้การลดคุณลักษณะด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลเป็นฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2 ให้ค่า F-measure ใกล้เคียงกับค่า F-measure สูงสุดที่ได้จากการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีอัตราส่วนเกน โดยมีค่าอยู่ที่ 0.498 และ 0.503 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันประมาณร้อยละ 1 เท่านั้น ในขณะที่สามารถลดจำนวนคุณลักษณะลงได้อย่างมาก โดยเหลือคุณลักษณะเพียง 72 คุณลักษณะ คิดเป็นร้อยละ 1.13 จาก 6,373 คุณลักษณะ ในขณะที่วิธีอัตราส่วนเกนให้จำนวนคุณลักษณะมากกว่าที่ 1,912 คุณลักษณะคิดเป็นร้อยละ 30 จาก 6,373 คุณลักษณะ จากผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลในขั้นตอนวิธีที่เสนอ

ส่วนที่สองเป็นการรู้จำอารมณ์ด้วยขั้นตอนวิธีที่เสนอ โดยใช้คุณลักษณะที่สกัดได้จากระดับเซกเมนต์ จากนั้นแปลงคุณลักษณะด้วยฟังก์ชันทางสถิติ และลดคุณลักษณะนั้นอีกครั้งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักโดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน ซึ่งได้จากผลการทดลองในส่วนแรก และจำแนกด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ผลที่ได้พบว่าขั้นตอนวิธีที่เสนอให้ค่า F-measure ที่ 0.533 ซึ่งมากกว่าชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานที่ได้จากขั้นตอนวิธีที่ 1 และ 2 ถึงร้อยละ 16.12 และร้อยละ 13.16

ตามลำดับ และให้ค่าความระลึกเฉลี่ยแบบให้น้ำหนักคลาสเท่ากันที่ 0.562 ซึ่งมากกว่าชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานที่ได้จากขั้นตอนวิธีที่ 1 และ 2 ถึงร้อยละ 21.65 และร้อยละ 18.82 ตามลำดับ

ทั้งนี้ผลที่ได้จากการจำแนกแม้จะสูงกว่าชุดข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานแต่ค่าที่ได้ยังไม่สูงมากนัก ส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากข้อมูลที่ใช้มีความไม่สมดุล อีกทั้งคลังข้อมูลที่ใช้ไม่ใช่เสียงสะอาดโดยสมบูรณ์ จึงอาจทำให้การจำแนกเป็นไปได้ยากกว่าที่ควรและมีความคลาดเคลื่อนได้

5.2 ข้อเสนอแนะและข้อสังเกต

1. วิทยานิพนธ์นี้ใช้ข้อมูลจากคลังข้อมูลอารมณ์จากละครไทย ฉบับสำหรับสถาบันการศึกษาเพียงชุดเดียวซึ่งอาจไม่เพียงพอในการประเมินผลขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ จึงควรใช้คลังข้อมูลอื่น ๆ ร่วมในการทดลองด้วย
2. ผู้วิจัยเชื่อว่าขั้นตอนวิธีที่เสนอน่าจะเหมาะกับข้อมูลที่มีสิ่งรบกวนมากพอในระดับหนึ่ง เนื่องจากหากนำไปใช้กับข้อมูลที่มีสิ่งรบกวนน้อยอาจทำให้สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ถูกลดทอนมากเกินไปในขั้นตอนการคำนวณค่าทางสถิติของขั้นตอนวิธีที่เสนอ
3. เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ไม่สมดุล การปรับข้อมูลให้สมดุลอาจช่วยให้ผลการจำแนกดีขึ้นได้
4. อาจใช้คุณลักษณะของเสียงร่วมกับคุณลักษณะที่ได้จากข้อมูลอื่น ๆ เช่น สีหน้า ท่าทาง ความหมายของคำ ในการจำแนกแทนการใช้คุณลักษณะจากเสียงเพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] J.-A. BACHOROWSKI and M. J. OWREN, "Vocal Expressions of Emotion," in *Handbook of Emotions, Third Edition*, M. LEWIS, J. M. HAVILAND-JONES, and L. F. BARRETT, Eds., 3rd ed New York: The Guilford Press, 2008, pp. 196-210.

[2] E. Keogh and A. Mueen, "Curse of Dimensionality," in *Encyclopedia of Machine Learning*, C. Sammut and G. Webb, Eds., ed: Springer US, 2010, pp. 257-258.

[3] Y. Aphinyanaphongs, L. D. Fu, Z. Li, E. R. Peskin, E. Efstathiadis, C. F. Aliferis*, et al.*, "A comprehensive empirical comparison of modern supervised classification and feature selection methods for text categorization," *Journal of the Association for Information Science and Technology,* vol. 65, pp. 1964-1987, 2014.

[4] B. Schuller, S. Steidl, A. Batliner, A. Vinciarelli, K. Scherer, F. Ringeval*, et al.*, "The INTERSPEECH 2013 computational paralinguistics challenge: social signals, conflict, emotion, autism," 2013.

[5] K. Han, D. Yu, and I. Tashev, "Speech emotion recognition using deep neural network and extreme learning machine," in *Interspeech*, 2014, pp. 223-227.

[6] G. Chandrashekar and F. Sahin, "A survey on feature selection methods," *Computers & Electrical Engineering,* vol. 40, pp. 16-28, 1// 2014.

[7] I. Guyon, Andr, #233, and Elisseeff, "An introduction to variable and feature selection," *J. Mach. Learn. Res.,* vol. 3, pp. 1157-1182, 2003.

[8] G. J. Prabu, "Genetic ensemble feature selection," EP40563 M.S., University of Montana, Ann Arbor, 2000.

[9] J. Kittler, *Feature set search algorithms*. The Netherlands, 1978.

[10] B. Dom, W. Niblack, and J. Sheinvald, "Feature selection with stochastic complexity," in *Computer Vision and Pattern Recognition, 1989. Proceedings CVPR '89., IEEE Computer Society Conference on*, 1989, pp. 241-248.

[11] I. Batal, "Dimensionality Reduction," ed, 2014.

[12] T. M. Mitchell, *Machine Learning*: McGraw-Hill, 1997.

[13] J. Van Hulse, T. M. Khoshgoftaar, A. Napolitano, and R. Wald, "Feature Selection with High-Dimensional Imbalanced Data," in *Data Mining Workshops, 2009. ICDMW '09. IEEE International Conference on*, 2009, pp. 507-514.

[14] I. Kononenko, "Estimating attributes: Analysis and extensions of RELIEF," in *Machine Learning: ECML-94*. vol. 784, F. Bergadano and L. De Raedt, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 1994, pp. 171-182.

[15] M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, P. Reutemann, and I. H. Witten, "The WEKA data mining software: an update," *SIGKDD Explor. Newsl.,* vol. 11, pp. 10-18, 2009.

[16] M. Robnik-Šikonja and I. Kononenko, "Theoretical and Empirical Analysis of ReliefF and RReliefF," *Machine Learning,* vol. 53, pp. 23-69, 2003/10/01 2003.

[17] H. Liu and H. Motoda, "Feature transformation and subset selection," *IEEE Intelligent Systems,* pp. 26-28, 1998.

[18] L. I. Smith, "A tutorial on principal components analysis," 2002.

[19] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*. Massachusetts: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011.

[20] L. Chul Min, S. S. Narayanan, and R. Pieraccini, "Classifying emotions in human-machine spoken dialogs," in *Multimedia and Expo, 2002. ICME '02. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on*, 2002, pp. 737-740 vol.1.

[21] C. C. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," *Data Mining and Knowledge Discovery,* vol. 2, pp. 121-167, 1998/06/01 1998.

[22] M. El Ayadi, M. S. Kamel, and F. Karray, "Survey on speech emotion recognition: Features, classification schemes, and databases," *Pattern Recognition,* vol. 44, pp. 572-587, 3// 2011.

[23] R. Calix, M. Khazaeli, L. Javadpour, and G. Knapp, "Dimensionality Reduction and Classification Analysis on the Audio Section of the SEMAINE Database," in *Affective Computing and Intelligent Interaction*. vol. 6975, S. D'Mello, A. Graesser, B. Schuller, and J.-C. Martin, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 323-331.

[24] M. Bhargava and T. Polzehl, "Improving Automatic Emotion Recognition from speech using Rhythm and Temporal feature," *CoRR,* vol. abs/1303.1761, 2013.

[25] R. Panda, B. Rocha, and R. P. Paiva, "Music Emotion Recognition with Standard and Melodic Audio Features," *Applied Artificial Intelligence,* vol. 29, pp. 313-334, 2015/04/21 2015.

[26] J. Jiang, Z. Wu, M. Xu, J. Jia, and L. Cai, "Comparing feature dimension reduction algorithms for GMM-SVM based speech emotion recognition," in *2013 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference*, 2013, pp. 1-4.

[27] B. C. Chiou and C. P. Chen, "Feature space dimension reduction in speech emotion recognition using support vector machine," in *2013 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference*, 2013, pp. 1-6.

[28] C. Quan, D. Wan, B. Zhang, and F. Ren, "Reduce the dimensions of emotional features by principal component analysis for speech emotion recognition," in *Proceedings of the 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, 2013, pp. 222-226.

[29] M. T. Shami and M. S. Kamel, "Segment-based approach to the recognition of emotions in speech," in *2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2005, p. 4 pp.

[30] A. Milton, S. Sharmy Roy, and S. Tamil Selvi, "SVM Scheme for Speech Emotion Recognition using MFCC Feature," *International Journal of Computer Applications,* vol. 69, pp. 34-39, 2013.

[31] T. Pfister and P. Robinson, "Real-Time Recognition of Affective States from Nonverbal Features of Speech and Its Application for Public Speaking Skill Analysis," *Affective Computing, IEEE Transactions on,* vol. 2, pp. 66-78, 2011.

[32] S. Peipei, C. Zhou, and C. Xiong, "Automatic Speech Emotion Recognition using Support Vector Machine," in *Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), 2011 International Conference on*, 2011, pp. 621-625.

[33] L. Yi-Lin and W. Gang, "Speech emotion recognition based on HMM and SVM," in *Machine Learning and Cybernetics, 2005. Proceedings of 2005 International Conference on*, 2005, pp. 4898-4901 Vol. 8.

[34] T. Seehapoch and S. Wongthanavasu, "Speech emotion recognition using Support Vector Machines," in *Knowledge and Smart Technology (KST), 2013 5th International Conference on*, 2013, pp. 86-91.

[35] scikit-learn.org. (2016). *sklearn.svm.SVC Documentation* [Online]. Available: http://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.svm.SVC.html

[36] J. Alcalá-Fdez, L. Sánchez, S. García, M. J. del Jesus, S. Ventura, J. M. Garrell*, et al.*, "KEEL: a software tool to assess evolutionary algorithms for data mining problems," *Soft Computing,* vol. 13, pp. 307-318, 2009/02/01 2009.

[37] J. Alcalá, A. Fernández, J. Luengo, J. Derrac, S. García, L. Sánchez*, et al.*, "Keel data-mining software tool: Data set repository, integration of algorithms and experimental analysis framework," *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing,* vol. 17, pp. 255-287, 2011.

[38] F. Pedregosa, Ga, #235, l. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel*, et al.*, "Scikit-learn: Machine Learning in Python," *J. Mach. Learn. Res.,* vol. 12, pp. 2825-2830, 2011.

[39] P. Boersma, "Praat, a system for doing phonetics by computer," *Glot International,* vol. 5, pp. 341-345, 2001.

[40] S. Kasuriya, T. Teeramunkong, and C. Wutiwiwatchai, "Developing a Thai emotional speech corpus," in *Oriental COCOSDA held jointly with 2013 Conference on Asian Spoken Language Research and Evaluation (O-COCOSDA/CASLRE), 2013 International Conference*, 2013, pp. 1-5.

[41] F. Weninger, F. Eyben, B. W. Schuller, M. Mortillaro, and K. R. Scherer, "On the Acoustics of Emotion in Audio: What Speech, Music and Sound have in Common," *Frontiers in Psychology,* vol. 4, 2013-May-27 2013.

[42] L. A. Kurgan and K. J. Cios, "CAIM discretization algorithm," *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on,* vol. 16, pp. 145-153, 2004.

[43] S. Garcia, J. Luengo, Sa, x, J. A. ez, Lo*, et al.*, "A Survey of Discretization Techniques: Taxonomy and Empirical Analysis in Supervised Learning," *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on,* vol. 25, pp. 734-750, 2013.

[44] I. T. Jolliffe, *Principal Component Analysis*: Springer, 2002.

[45] C.-W. Hsu, C.-C. Chang, and C.-J. Lin, "A practical guide to support vector classification. Department of Computer Science, National Taiwan University," ed: Tech. Rep., 2010.[Online]. Available: http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf .[Links], 2013.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ถ้อยความที่ใช้ในการวิจัยจากคลังข้อมูล EMOLA ฉบับสถาบันการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
1	จะต้องโทรมาทวงอีกทำไม กำลังจะเคลื่อนขบวนขันหมากเดี๋ยวนี้แล้ว	โกรธ
2	งานจะล่มหรือจะเปลี่ยนตัวเจ้าสาว มันก็ขายขี้หน้าไม่ต่างกันหรอก	โกรธ
3	ต่างซิครับคุณแม่ ต่างมากเลย	โกรธ
4	เพราะถ้างานแต่งนี้ล่ม เพราะพี่มี ไม่ยอมรับให้ยายบี เป็นเจ้าสาวของลูกชายเค้าเอง	เป็นกลาง
5	มันก็เท่ากับพี่มีนี่ปฏิเสธ การพยายามชดใช้หนี้สินของผมนะ	เป็นกลาง
6	บีไม่แต่งงานนะคะคุณย่า ฮือ.บีไม่อยากแต่งงานอ่ะ บีเกลียดไอ้มาร์ค ฮือ บีเกลียดมันนะคุณย่า	เสียใจ
7	อย่าพูดถึงพี่เค้าแบบนั้นสิลูกบี	โกรธ
8	บีอ่ะ ยังมีความฝันอีกเยอะแยะ เฮ้อ นี่ไม่ใช่เวลาที่บีต้องมานั่งแต่งงานนะเฮ้อ	เสียใจ
9	คุณลุงอ่ะ รักหน้าตัวเองมาก ขนาดยอมขายอนาคตของบีเลยเหรอค่ะ	โกรธ
10	นี่เป็นการแต่งงานเพื่อล้างหนี้ให้กับตระกูลของเรา	โกรธ
11	ถ้าบีไม่ยอมแต่งงานแทนพี่เม นี่ บีรู้ไหมอะไรจะเกิดขึ้น	โกรธ
12	ครอบครัวของเราจะล้มละลาย บ้านของเราจะไม่มีที่ซุกหัวนอน คุณย่าจะต้องพลอยลำบากไปด้วย	โกรธ
13	คุณบีขาคุณบี ตายแล้วคุณบี อย่าเล่นพิเรนท์นะคะน่ะ อย่านะคะ	โกรธ
14	อย่านะคะ ไปเร็ว	ดีใจ
15	มาเลยค่ะ อืม รีบไปอาบน้ำสระผมเลยนะคะคุณบี เดี๋ยวคุณบีจะเป็นหวัดเข้าจนได้นะคะนี่	โกรธ
16	เข้าจนได้นะคะนี่ โอ้ยไม่เป็นไรหรอกค่ะคุณบังอร	ดีใจ
17	บีนะหัวแข็งอยู่แล้ว โอ้ย ตายแล้ว โอ้ย	โกรธ
18	นี่ไปทำอะไรมานี่ เปียกมะล่อกมะแล่กแบบนี้	โกรธ
19	ก็ไปกระโดดน้ำคลองมาสิคะ	โกรธ
20	ฮือ ไม่รู้จักโตเลยนะเรานะ เล่นเป็นเด็ก ๆ ไปได้	โกรธ
21	แทนที่จะเอาเวลาไปอ่านหนังสือเตรียมสอบเข้ามหาวิทยาลัย	โกรธ
22	เอาอย่างพี่เมเค้าหน่อยสิ พี่เมเค้าได้เกียรตินิยมอันดับหนึ่งนะ	เป็นกลาง
23	สอบได้ทุนรัฐบาลไปเรียนเมืองนอก ได้ทำงานมีหน้ามีตาในกระทรวงต่างประเทศ	เป็นกลาง

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
24	นี่ยายบี ชั้นเตือนด้วยความหวังดีนะ	โกรธ
25	นี่มันเรื่องอะไรกันอีกล่ะเฮอะ	โกรธ
26	อ้าวยายบี นี่ไปเล่นน้ำคลองมาอีกซิลูก ไปอาบน้ำเดี๋ยวนี้เลย เดี๋ยวก็ป่วยจนได้อีกหรอก	โกรธ
27	ค่าคุณย่า มาช่วยชีวิตบีทันเวลาพอดีเลยหึ	ดีใจ
28	ค่า	ดีใจ
29	เต็มที่เลยนะครับคุณลุง อืม	เป็นกลาง
30	เอ่อ คุณลุงครับ เรื่องติดต่อของซื้อที่ดินทำถนนเนี่ย ผมติดต่อไว้เรียบร้อยแล้วนะครับ	เป็นกลาง
31	เค้าเรียกมา เจ็ดล้านห้า คุณลุงว่ายังไงครับ	เป็นกลาง
32	เฮ้ย หลังเล็กมันของลุง ก็ลุงไม่ได้อยู่ประจำที่นี่ ไป ๆ มา ๆ แล้วจะมาอยู่เรือนใหญ่นี่ทำไม	โกรธ
33	เหอ ความจริงนะ ลุงปลูกไว้ให้เป็นเรือนหอเจ้ามาร์คมัน	เป็นกลาง
34	อะไร มาเอาอะไร แน่ะ แฮะ มารอเลยทันทีเลยนะ เจ้าเด็กคนนี้	ดีใจ
35	โอ้โห นกรู้จริงๆ	ดีใจ
36	สงสัยต้องเสียทรัพย์ค่ะ ฮะ ๆ ๆ ๆ	ดีใจ
37	จะเอาอะไรระหว่างอันนี้กับอันนี้	ดีใจ
38	อันนี้สิคะ	ดีใจ
39	เออ เด็กสมัยใหม่อย่างนี้เนี่ย แต่กลับอนุรักษ์ศิลปะวัฒนธรรมไทย ก็ดีแล้ว	เป็นกลาง
40	เข้าข้างกันเหลือเกิน คุณเองก็เหมือนกัน เลิกหลงรักหลานสาวออกนอกหน้าได้แล้ว	โกรธ
41	นี่จะรีบร้อนไปไหนฮะ จะชนชั้นอยู่แล้ว เห็นมั้ย ขอโทษสักคำก็ไม่มี	โกรธ
42	ขอโทษค่า	ดีใจ
43	เดินประสาอะไร ไม่ดูตาม้าตาเรือ	โกรธ
44	แล้วเมื่อไหร่ คุณป้าจะเลิกเอาบีไปเปรียบเทียบกับพี่เม ซะทีล่ะคะ	โกรธ
45	เหอะ ก็ เห็นเวลามันเหลือน่ะ ก็เลยเอนหลังเล่น ๆ ใครจะไปคิดว่าจะหลับจริง ๆล่ะ	ดีใจ
46	อืม โอเค ยกโทษให้	ดีใจ
47	อืม งั้น พรุ่งนี้นัดใหม่	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
48	พรุ่งนี้ไม่อยู่	เป็นกลาง
49	อ้าว ไปไหนอ่ะ	โกรธ
50	เฮ้ย พูดให้ดีนะ ชันษา	โกรธ
51	เฮ้อ ชันรักบีนะ ชันไม่อยากเห็นบีมีความคิดมืด ๆ ครอบงำจิตใจอยู่อย่างงี้	เป็นกลาง
52	เฮ้ย ความคิดจะสว่างจะมืดมัวยังไง มันก็เรื่องของบี ชันไม่เกี่ยว	โกรธ
53	ชันเป็นคนยอมรับในสิทธิ์ของแต่ละคนใช่มั้ย ต่อไปบีตัดสิทธิ์ ไม่รับชันเป็นเพื่อนอีกแล้ว	โกรธ
54	คุณป้า สวัสดีครับ	เป็นกลาง
55	จะกลับแล้วเหรอ	เป็นกลาง
56	จะกลับแล้วเหรอ ครับ	เป็นกลาง
57	คุณแม่คะ นี่ร้อยตำรวจเอกอาทิตย์ สุริโย เพื่อนของลูกเมค่ะ	เป็นกลาง
58	สวัสดีครับ	เป็นกลาง
59	สวัสดีครับ สวัสดีค่ะ ไหนว่าจะกลับมาตั้งแต่เมื่อวาน	เป็นกลาง
60	คือ พอดีเมื่อคืนปาตี้หนักไปหน่อยน่ะครับ ผมกลัวจะไม่ปลอดภัย ก็เลยเลื่อนมากลับเช้านี้แทนครับ	เป็นกลาง
61	ดีแล้วล่ะจ้ะ ปลอดภัยไว้ก่อน อนาคตยังไกลอีกทั้งคู่	เป็นกลาง
62	งั้นเดี๋ยวเมขอตัวไปอาบน้ำแต่งตัวไปทำงานก่อนนะคะ จะได้ไม่สายมาก	เป็นกลาง
63	นี่จะไปไหน	โกรธ
64	ไปหาคุณย่า	เป็นกลาง
65	แต่งตัวยังงี้นะเหรอ	โกรธ
66	หึ บีก็แต่งตัวแบบนี้ทุกวันอยู่แล้วนิ	โกรธ
67	แต่วันนี้ ชั้นมีแขก	โกรธ
68	สวัสดีค่ะ	เป็นกลาง
69	หลานคนเล็กน่ะค่ะ เป็นลูกของน้องชายลุงประมุขเค้า	เป็นกลาง
70	อ๋อ ถึงว่าไม่ค่อยเหมือนคุณเมสักเท่าไหร่ นะครับ	เป็นกลาง
71	หึม บีนี่ พูดจาไม่ไว้หน้าย่าเลยนะ	โกรธ
72	ไม่เป็นไรหรอกครับคุณย่า ไว้คงมีโอกาสได้คุยกันนะครับ ดูท่าทางน้องจะเป็นคนคุยสนุกนะครับ	เป็นกลาง
73	ไม่เป็นไรหรอกครับคุณย่า ผมเป็นคนสบาย ๆ อยู่แล้วครับ	เป็นกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
74	ค่ะ	เป็นกลาง
75	ลุงแก้ว บีจะไปบ้านสวน	ดีใจ
76	ไม่ได้นะครับคุณบี คุณหญิงท่านจะพาคุณบีฝากเรียนพิเศษกับคุณหญิงฉัตรที่บ้านนะครับ	เป็นกลาง
77	ไม่เอา บีจะไปบ้านสวน บีจะพาเพื่อน ๆ ไปเที่ยวที่บ้านสวน	โกรธ
78	เอ่อ	เป็นกลาง
79	ไม่ว่างก็ไม่เป็นไรบี ปิดเทอมแล้วจะไปวันไหนก็ได้ ไม่ได้	เป็นกลาง
80	เราก็เป็นซะแบบนี้ พ่อเค้าทำงานน่ะ คงคุยธุระกับลูกค้าอยู่ล่ะมั้ง ที่โน้นน่ะคงจะเก้าโมงเช้าได้ล่ะ	โกรธ
81	เดี๋ยวพ่อเค้าก็โทรกลับมาเองล่ะเม	เป็นกลาง
82	คุยต่อค่ะคุณแม่ เอ่อ พ่อของอาทิตย์น่ะ เป็นนายทหารรุ่นพี่ของคุณประมุขตอนนี้ตำแหน่งใหญ่โตเชียวนะคะ	ดีใจ
83	เสียดายถ้าคุณพี่ไม่ลาออกจากราชการซะก่อน ตำแหน่งก็คงใหญ่โตไม่แพ้กัน	เป็นกลาง
84	อย่าฟื้นฝอยหาตะเข็บได้มั้ยวิจิตรา	เป็นกลาง
85	วิจิตรา เลิกพูดจาสอดเสียดให้หลานแตกแยกรู้สึกไม่ดีต่อกันจะได้มั้ยฮึ	โกรธ
86	ท่านครับ	เป็นกลาง
87	ว่าไง	เป็นกลาง
88	ป่ะ เม ไปทานข้าวสักที ไปลูก	เป็นกลาง
89	คุณบีคะ คุณบีอยู่ไหนคะ	โกรธ
90	นังปอง มี ๆ มั้ย ห๊า	โกรธ
91	ไม่มีวี่แววเลยจ้ะยาย	เสียใจ
92	ฮู คุณบี นะคุณบี ไปเล่นซนที่ไหนอีกเนี่ย	โกรธ
93	ยายจันทร์	เป็นกลาง
94	ป่ะ ป่ะ เปล่า ก็ เค้าก็พูด ๆ กันมาน่ะ	เป็นกลาง
95	โธ่ ยายก็เล่าเป็นตุเป็นตะเลยอ่ะ	เสียใจ
96	งั้นชั้นไปเอาเรือที่บ้าน พายดูตามคลอง คุณบีพายเรือไม่เก่ง คงไปไหนไม่ไกลหรอก	เป็นกลาง
97	ตกลงว่าพ่อจะกลับเมื่อไหร่ครับ	เป็นกลาง
98	ก็ ที่นี่ก็เรียบร้อยดีแล้วนี่ไม่มีอะไร พ่อว่าจะกลับพรุ่งนี้เลย	เป็นกลาง

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
99	พรุ่งนี้เลยเหรอครับ	เป็นกลาง
100	อืม พ่อมีเรื่องต้องไปปิดบัญชีโน้นให้เรียบร้อย	ดีใจ
101	แรม	เป็นกลาง
102	ขา	เป็นกลาง
103	เออ มานี่	เป็นกลาง
104	ช่วยไปหาเสื้อผ้าที่ใส่อยู่บ้านของนายมาร์คน่ะ มาเปลี่ยนให้แม่หนูนี่เค้าทีนึง	เป็นกลาง
105	โอ้โห อาหารฝรั่งซะด้วย	ดีใจ
106	กินได้มั้ยล่ะ	เป็นกลาง
107	สบายมากเลยค่ะ ถ้ามีน้ำมะเขือเทศอีกสักแก้วนึงนะ แจ่มเลย	ดีใจ
108	ชอบหรอ หืที่สุดเลยค่ะ	ดีใจ
109	อ้า พอดีบ้านลุงก็มีพอดีนะ เออแรม ไปเอาน้ำมะเขือเทศมาเปลี่ยน	เป็นกลาง
110	ค่ะ คุณท่าน	เป็นกลาง
111	โห ลุงมีเนี่ยใจดี้ใจดี	ดีใจ
112	อ่า หนูยังไม่ได้บอกลุงเลยว่าบ้านอยู่สวนแถวไหน	เป็นกลาง
113	หืม บอกไป ลุงก็ไม่รู้จักหรอก	เป็นกลาง
114	หื ก็บอกหน่อยจะเป็นอะไรเล่า เผื่อว่าง ๆ ลุงจะได้เดินไปเที่ยว	โกรธ
115	โอ้โหยายตกใจ หัวใจหัวใจจะวายตายค่ะ	โกรธ
116	หู บีพายไปใกล้ ๆ แค่นี้เองนะคะ บีน่ะว่ายน้ำแข็งจะตาย จะกลัวอะไรคะ	เป็นกลาง
117	คุณแม่คุณบีก็ว่ายน้ำแข็งนะคะ	โกรธ
118	ผมขอเลยนะ อย่าพูดอะไรแบบนี้อีก ถ้าคุณไม่มีหลักฐาน	โกรธ
119	คุณเองก็เป็นผู้ใหญ่ อายุไม่ใช่น้อย ๆ แล้วและที่สำคัญคุณเป็นอาจารย์ด้วย ควรจะสงบปากคำและสติอารมณ์ของคุณให้มากกว่านี้ ถ้าจะให้ดี เปลี่ยนนิสัยตัวเองซะใหม่ด้วย	โกรธ
120	นี่คุณไม่ต้องมาสั่งสอนชั้นนะ	โกรธ
121	เฮ้อ	โกรธ
122	ก็เพราะไอคำว่าคำว่าครูค้ำคอชั้นอยู่เนี่ยแหละ ชั้นถึงต้องทนหน้าชื่นยอมอ่อนข้อให้กับความมักง่ายของคุณมาโดยตลอด	โกรธ
123	ก่อนพี่ทิพย์ท้องเธอก็เห็นดี ๆ พี่ทิพย์กับพี่นูน่ะ รักกันยังกับอะไรดี	เป็นกลาง
124	แต่เรื่องของเรา มันไม่มีอะไรต้องปิดบังแล้วนี่	เป็นกลาง

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
125	นั่นมันเรื่องของคุณ คุณไม่แคร์ แต่วิแคร์	โกรธ
126	อืม ขอบใจมากมาร์ค	เป็นกลาง
127	นี่ยังไม่ได้บอกพ่อเลยว่าแกชอบเรือนหอของแกมั้ย	เป็นกลาง
128	อืม ชอบสิครับพ่อ มันดูมีความเป็นไทยดีและมันก็ดูทันสมัยด้วย ผมชอบครับ	เป็นกลาง
129	ก็แล้วแต่แกจะคิดก็แล้วกันนะ แต่คอนเซปที่พ่อวางไว้คือคนไทยมีความคิดแบบตะวันตกซึ่งก็เป็นตัวแกเหมือนกัน	เป็นกลาง
130	เฮ้อ	เป็นกลาง
131	ขอบคุณนะครับพ่อ	ดีใจ
132	พ่อชันษา สวัสดี	ดีใจ
133	สวัสดีครับคุณท่าน สวัสดีจ้า	ดีใจ
134	พอดีผมไปพบลูกความที่พิษณุโลกมาครับ เลยซื้อมะขามเทศมาฝากคุณท่านครับ	เป็นกลาง
135	แหม ชีพจรลงเท้าจังเลยนะคะขึ้นเหนือล่องใต้เป็นว่าเล่นเลยล่ะค่ะ	ดีใจ
136	ทำยังไงได้ล่ะครับคุณบังอร ช่วงสร้างเนื้อสร้างตัวก็ต้องอย่างนี้แหละครับ	ดีใจ
137	อืม ขยันขันแข็งอย่างนี้ดีแล้วล่ะ เก็บเกี่ยวประสบการณ์ไป อีกหน่อยเป็นท่านผู้พิพากษาขึ้นมาล่ะก็ จะมามุดรั้วอย่างนี้ไม่ได้แล้วนะ	ดีใจ
138	อือ คงอีกนานล่ะครับคุณท่าน	ดีใจ
139	เอาเถอะน่า ความพยายามอยู่ที่ไหน ความสำเร็จก็อยู่ที่นั่นแหละ	ดีใจ
140	อืม	ดีใจ
141	ขอบคุณครับ	ดีใจ
142	อนาคตไกลนะ	เป็นกลาง
143	นี่พ่ออาทิตย์เป็นเพื่อนยัยเมเค้า เค้ารู้จักกันที่เมืองนอกน่ะ	เป็นกลาง
144	เพิ่งจะรู้ว่าไม่ใช่คนอื่นไกล พ่อกับพ่อเป็นรั้วของชาติ รุ่นพี่รุ่นน้องกันเองนี่เอง	ดีใจ
145	เฮ้อ อ้าว ยัยเม มาพอดีเลย	ดีใจ
146	ขอบใจนะ ไปกันเถอะค่ะอาทิตย์	เป็นกลาง
147	ครับ	เป็นกลาง
148	งั้นเมย์ไปก่อนนะคะคุณย่า สวัสดีค่ะ	เป็นกลาง

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
149	สวัสดีค่ะ สวัสดีครับ	เป็นกลาง
150	เชิญครับ	ดีใจ
151	หึ แต่งตัวขาด ๆ เก่า ๆ ยังกับคนสวนแน่ะ ลุงแก้วยังแต่งตัวดีกว่าเลยนะคะคุณย่า	เป็นกลาง
152	เค้าคงเป็นเศรษฐีติดดินน่ะไม่เจ้ายศเจ้าอย่างเหมือนบ้านเรานี่	เป็นกลาง
153	หึ ไม่มีใครเทียบบ้านเราได้หรอกค่ะสุด ๆ	ดีใจ
154	หึ ๆ ๆ	ดีใจ
155	โดยเฉพาะ คุณย่าแหละ	ดีใจ
156	ย่าทำไม	โกรธ
157	หึ บีไม่ได้ว่าอะไรนี่คะ บีแค่จะบอกว่าคุณย่าแต่งสวยสมฐานะดูเป็นผู้ดีทุกกระเบียดนิ้ว	ดีใจ
158	สมฐานะดูเป็นผู้ดีทุกกระเบียดนิ้ว อีมไม่เหมือนหลานสาวคนเล็กนี่ แต่งตัวเป็นทอมบอย	ดีใจ
159	เชิญครับ	เป็นกลาง
160	วันนี้คุณทำให้ผมปลื้มจนยิ้มไม่หุบเลยรู้มั้ย	เป็นกลาง
161	ปกติค่ะ เวลาเมไปกับใครก็ไม่เคยทำให้คนที่ไปด้วยผิดหวัง	ดีใจ
162	ลองวีคเอนด์เจอกันที่บ้านสวนนะคะ	ดีใจ
163	ครับ	ดีใจ
164	ค่ะ	เป็นกลาง
165	ต้อม	เป็นกลาง
166	คะ	ดีใจ
167	น้าแรมกลับมาแล้วหรอ	เป็นกลาง
168	ยังค่ะ	ดีใจ
169	อ้าว แล้วเมื่อกี้ได้ยินเสียงคุยกับใครอ่ะ	เป็นกลาง
170	เพื่อนคุณท่านนะค่ะ	ดีใจ
171	เพื่อนพ่อหรอ	เป็นกลาง
172	เด็กวัยรุ่นแถวนี้น่ะค่ะ	เป็นกลาง
173	หึ เออ เดี๋ยวบอกน้าแรมด้วยนะว่า เย็นนี้ไม่ต้องเตรียมอาหารเย็นให้ชั้นพอดีชั้นจะไปพัทยากับเพื่อนน่ะ	เป็นกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
174	ได้ค่ะ คุณมาร์ค	ดีใจ
175	ขอบใจนะ	เป็นกลาง
176	ค่ะ	ดีใจ
177	ได้ ๆ ๆ ๆ เออ ไม่ต้องห่วง โอเค ๆ แค่นี้แหละ	ดีใจ
178	หึ เฮ้ย	ดีใจ
179	เฮ้ยจริง ๆ	ดีใจ
180	ขนาดนั้นเลยเหรอวะ	เป็นกลาง
181	เออ	ดีใจ
182	ชั้นมองไม่ทันว่ะ เอ่อ ว่าแต่ แกถือถุงอะไรของแกวะเนี่ย	เป็นกลาง
183	น้องเค้าซื้อเสื้อมาฝากบอกเห็นพ่อแกชอบใส่เสื้อผ้าขาด ๆ เก่า ๆ เหอะเห่อะ	ดีใจ
184	ราคาคุยน่ะสิคะ เศรษฐีที่ไหนจะมาคบยัยบีเป็นเพื่อน	โกรธ
185	อือ	เป็นกลาง
186	อ้าว เนี่ย อยู่ไหนล่ะ ไปตามตัวมาทีสิ เดี๋ยวไปทำเรื่องขายหน้าเค้าอีกหรอก	โกรธ
187	โดดน้ำคลองโครม ๆ อยู่กับนังเบียบนะค่ะ ห้ามก็ไม่ฟัง	ดีใจ
188	งั้นยายจันทร์เอาของทำบุญออกจากรถทีนะ ไป	เป็นกลาง
189	เออ ค่ะ	เป็นกลาง
190	ไป	เป็นกลาง
191	ไปค่ะ	เป็นกลาง
192	เล่นสกปรกตั้งแต่เล็กจนโต เกเรก็เกเร ร้ายกาจ เอาแต่ใจก็เท่านั้น ไม่เห็นจะเอาไหนซะอย่าง	โกรธ
193	ท่าทางคงซนน่าดูนะครับ	เป็นกลาง
194	ซน มันเหมาะสำหรับใช้กับเด็ก ๆ แต่ยัยบีไม่ใช่เด็กแล้วนะคะ	โกรธ
195	สามรอบดีมั้ยเหอะ คุณย่า	โกรธ
196	เล่นน้ำน่ะย่าไม่ว่าหรอก แต่เล่นมันเป็นผู้หญิงหน่อยสิ เนี่ยอะไรกัน ทะโมนเป็นผู้ชายเชียว บีเราโตเป็นสาวแล้วนะ	โกรธ
197	เหย ถ้าจะให้บีใส่ทูพีซเล่นน้ำคลอง ชาวบ้านเค้าก็แตกตื่นกันหมดนะสิคะคุณย่า	ดีใจ
198	ตายแล้วบังอร ดู ๆ หลานรักเธอสิ ดูสิยอกย้อนชั้นไม่มีอ่ะ	โกรธ
199	ค่ะ คุณบี แล้ววันนี้ ไปเที่ยวที่บ้านไทยนั่นทำไมคะ ห้ามแล้วไม่ใช่เหรอคะ	โกรธ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
200	ไม่ตลกเลยนะคะ	โกรธ
201	ไม่ชอบหุ่นยนต์แล้วมาเดินตามต้อย ๆ ทำไมคะ	โกรธ
202	เค้าไม่อยากกลับก็ไม่ต้องกลับ เรากลับกันเถอะค่ะ คุณย่า เมเหนียวตัวจะแย่แล้วอยากรีบกลับไปอาบน้ำที่บ้านค่ะ	โกรธ
203	ย่าซักเป็นห่วงยัยบีสิ หรือว่าจะไม่สบายอย่างที่บังอรบอก	โกรธ
204	อุ้ย	เสียใจ
205	เดี๋ยวผมจะลองไปหาทางเข้าทางอื่นดูนะครับ	เป็นกลาง
206	จ้ะ ๆ	เป็นกลาง
207	ว๊าย คุณท่านขา เลือดออกค่า เลือดออก	โกรธ
208	บีเป็นอะไรอาทิตย์	โกรธ
209	น่าจะหัวแตกนะครับ แต่หมดสติแบบนี้ไม่น่าไว้วางใจครับ ผมว่ารีบพาไปโรงพยาบาลดีกว่าครับ	โกรธ
210	ก็รีบไปเลย สิไป	โกรธ
211	เฮ้ย	เป็นกลาง
212	ผมอยู่พัทยา	โกรธ
213	ไหนวันนี้คุณบอกจะถึงบ้านตอนเย็น ๆ ไงคะ เฮ้อ นี่คุณรู้หรือป่าวว่าลูกไม่สบายมาก ตัวร้อนจี๋เลย	โกรธ
214	ลูกไม่สบายคุณก็พาไปหาหมอสิ จะรอผมทำไมอ่ะ	โกรธ
215	เฮ้อ ชั้นก็ไม่ได้อยากจะรอหรอกนะ ถ้าลูกไม่ร้องไห้หาพ่อ หาพ่อ อยู่ตลอดเวลาแบบนี้	โกรธ
216	แต่อาทิตย์เพียบพร้อมทุกอย่างนะลูก ครอบครัว ฐานะหน้าที่การงาน หน้าตาก็ดีด้วย แม่ว่าเมเดินมาถึงที่หมายของชีวิตที่แท้จริงแล้วล่ะลูก ไม่ควรปล่อยโอกาสให้หลุดไปนะ	เป็นกลาง
217	แต่ดูแกไม่สนุกเลยอ่ะ ตั้งแต่เจอผู้หญิงคนนั้น	เป็นกลาง
218	วิย้ายมาอยู่กับผมนะ นะครับ	ดีใจ
219	ถ้าวันนี้สามีคุณไม่มา ผมคงเป็นไอ้ควายตลอดไปใช่มั้ยวิ เหอะ	โกรธ
220	ไก่	ดีใจ
221	**อืม ทำไม บีชอบสอนเด็กอนุบาลไม่ชอบสอนคนโต เพราะคนโตสอนยากคำถามเยอะ**	โกรธ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
222	สมัยเด็ก ๆ พ่อชันษาอะไรๆก็แม่เม คลุกเล่นกับแม่เมมากกว่าแม่บีซะอีก มีของเล่นอะไรพ่อชันษาเค้า ก็มาอวดแม่เมมากกว่า	เป็นกลาง
223	นั่นมันสมัยเด็ก โตมาเนี่ยไม่เห็นชันษาเค้าหาแม่เมเลย คุยกันแทบนับครั้งได้ เห็นคลุกอยู่แต่แม่บี นี่ก็อาสาติวหนังสือให้ แม่ก็โล่งใจ พ่อคนนี้เป็นคนดีใช้ได้เลย	โกรธ
224	ดีขนาดไหนคะ พอจะรับเป็นหลานเขยไหวหรือป่าวคะ	เป็นกลาง
225	หายดีแล้วเหรอครับ น้องบุบบี้	โกรธ
226	เคยรู้จักกันแล้วล่ะ	เป็นกลาง
227	สวัสดีค่ะ ฝนค่ะ เพื่อนบีค่ะ	ดีใจ
228	สวัสดีครับ	ดีใจ
229	เนี่ย พี่เมยังไม่กลับน่ะ ขึ้นไปรอข้างบนบ้านก่อนนะเจ้าค่า	ดีใจ
230	ก็คราวไปเที่ยวบ้านสวนนั่นแหละ เอ๊ะ ยัยเมเค้าไม่ได้เล่าให้ฟังเหรอ	เป็นกลาง
231	ที่ไปสร้างวีรกรรมกระโดดบ้านนั้นนั่นเหรอคะ	โกรธ
232	ก็คราวนั้นแหละ	เป็นกลาง
233	สนิทสนมเอาตอนสลบได้ยังไง	โกรธ
234	สวัสดีครับคุณย่า คุณแม่สวัสดี	ดีใจ
235	หวัดดีจ้ะ	ดีใจ
236	อ้าว เนี่ยเค้ามาก็ถามเค้าดูสิ	ดีใจ
237	ถามอะไรเหรอครับ	ดีใจ
238	เออ ไม่มีอะไรหรอกจ้ะ เชิญนังจ้ะ	เป็นกลาง
239	ครับ	ดีใจ
240	เดี๋ยวแม่เมก็มาจ้ะ รถติดจ้ะ	ดีใจ
241	อ๋อ ครับ คุณย่าชอบดูไพ่เหรอครับ	ดีใจ
242	ก็ลองเล่นเพลิน ๆ น่ะ อยากจะลองดูว่ายัยบีเนี่ย เค้าจะสอบติดกับเค้ามั้ย	เป็นกลาง
243	แล้วผลเป็นยังไงบ้างล่ะครับ	ดีใจ
244	ไพ่บอกว่าสำเร็จนะ แต่ต้องใช้ความพยายามมากหน่อย	เป็นกลาง
245	งั้นคุณย่าดูให้ผมด้วยสิครับ	ดีใจ
246	เฮ้ย แต่ต้องตกลงกันก่อนนะว่าถ้าย่าดูผิดน่ะ จะมาจับย่าไม่ได้นะ ไพ่มันออกมาอย่างงี้ โหเล่นกับตำรวจมันลำบากจริง หึ ๆ	เป็นกลาง

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
247	แม่นไม่แม่นไม่เป็นไรครับคุณย่า ขอให้ถูกใจผมก็พอ	ดีใจ
248	แล้วยังงั้นจะดูไปทำไมล่ะจ้ะ นึกเอาเองดีกว่าจ้ะ	ดีใจ
249	ว่าแต่จะให้ย่าดูอะไรล่ะ	ดีใจ
250	เผอิญเมขออะไรคุณพ่อนิดหน่อยนะค่ะ เลยให้ส่งไปให้ที่ทำงาน คุณพ่อเลยฝากจดหมายคุณย่ามาพร้อมกันเลย	ดีใจ
251	ไปไถอะไรพ่อเค้าอีก กระเป๋าอีกใช่มั้ย เต็มตู้ไปหมดแล้วนะเม	โกรธ
252	งั้นเดี๋ยวเมเอาจดหมายให้นะคะคุณย่า	ดีใจ
253	นี่ เพี้ยนให้มันน้อย ๆ หน่อยแก ชั้นอายเค้า	เป็นกลาง
254	อืม อายทำไม ไม่เห็นต้องอายเหรอ เราเป็นอิสระแล้ว	ดีใจ
255	ทำสอบได้หมดล่ะสิ	ดีใจ
256	ฮื ก็ทำได้บ้างไม่ได้บ้างอ่ะ ส่วนมากก็มั่ว ๆ เอา หุ้ยช่างหัวมันเถอะน่า คุณย่าบนให้แล้ว	ดีใจ
257	ฮิ บ้า	ดีใจ
258	ชั้นก็อยากรู้เหมือนกันว่าระหว่างเจ้าพ่อเจ้าแม่กับคอมพิวเตอร์ ใครมันจะเจ๋งกว่ากัน	ดีใจ
259	ไม่เคยหรอก	ดีใจ
260	เพื่อนพ่อชั้นเหรอ	เป็นกลาง
261	ช่างมันเถอะน่า เจอกันแค่ครั้งเดียวในชีวิตอ่ะ	โกรธ
262	สอบเสร็จแล้ว สบายแล้วดิ	ดีใจ
263	หึ ไม่หรอก ต้องเครียดรอผลสอบอีก	โกรธ
264	เนี่ยถ้าชั้นตีโพยตีพายจริงแบบที่คุณว่าป่านนี้เราแยกกันไปนานแล้ว	โกรธ
265	แล้วคุณจะเอายังไง	โกรธ
266	ผมพูดด้วยดีๆนะ	เป็นกลาง
267	ไหนบอกลักษณะมาสิคะ ถ้าถูกใจเนี่ยอาจจะช่วยบอกให้	ดีใจ
268	อืม เอาเป็นกลอนเลยนะคะ	ดีใจ
269	อ้า ว่ามา	ดีใจ
270	อ้าว	เป็นกลาง
271	บีน่ะ อยากให้คุณบังอรอยู่กับบีกับคุณย่าแบบนี้ตลอดเลยนะ	ดีใจ
272	ชัน เห้ย ชันมาแล้ว	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
273	เออ ไม่ใช่หรอกค่ะ ตอนนี้เค้ายังไม่เลิกงานนะคะ	โกรธ
274	เห้ย จะไปเที่ยวทั้งทีก็ต้องเลิกงานเร็วหน่อยสิคะ	โกรธ
275	คุณบังอร	โกรธ
276	สวัสดีครับ	เป็นกลาง
277	ค่ะ	เป็นกลาง
278	คุณบารมี บุญอนันต์ให้ผมมาพบกับคุณหญิงรุจา อรรคราชครับ	เป็นกลาง
279	เออ ไม่ให้พบ	โกรธ
280	ไม่ให้พบ	โกรธ
281	คุณบี อย่าเสียมารยาทกับแขกของคุณย่านะคะ เอ่อ ต้องขอโทษด้วยนะคะ รอสักครู่ค่ะ จะขึ้นไปเรียนคุณหญิงให้ทราบ ไปค่ะ	โกรธ
282	ก็เธอกับยัยบุบบี้จะไปเที่ยวนิ ชั้นก็ต้องสวดมนต์ให้สบายใจสิ จะได้หายเป็นห่วง	ดีใจ
283	เออ คุณท่านขา ระยองน่ะใกล้แค่นี้เองนะคะ เดี๋ยวนี้เนี่ยถนนหนทางเค้าตัดใหม่ ปลอดภัยดีค่ะ	ดีใจ
284	พูดเหมือนเคยไปนะ	ดีใจ
285	แล้วเนี่ยมีอะไรล่ะ	ดีใจ
286	เอ่อ มีแขกมารอพบค่ะ เค้าบอกว่าคุณบารมี บุญอนันต์ส่งให้มาพบค่ะ	ดีใจ
287	อ้าว ยัยบีเข้ามาสิ	โกรธ
288	เดี๋ยวเถอะ คุณอุปมาเค้าเล่าให้ฟังหมดแล้ว เรานะไปทำกร่างเค้าที่บริษัทนะ เรานั่นแหละ เป็นคนเสียมารยาทก่อน ไปกราบขอโทษเค้าเดี๋ยวนี้ ไม่อย่างงั้นย่าไม่ให้ไปเที่ยวระยอง	โกรธ
289	ยังไงชั้นก็ไม่ขอโทษแก	โกรธ
290	ช่างเถอะครับคุณย่า เด็ก ๆ ก็อย่างงี้แหละครับ ฤทธิ์เยอะไปหน่อยน่ะ ผมไม่ถือสาหรอกครับ ถ้าแกไม่อยากจะไหว้ก็ไม่เป็นไรครับ	ดีใจ
291	เหอะ ตามใจอ่ะ แต่บีไม่พาไปหรอกนะ พี่เมไม่เคยสนใจเพื่อนบีตั้งแต่ไหนแต่ไรแล้ว ทางที่ดีอย่าเข้าไปเลยดีกว่า จะหน้าแหก	โกรธ
292	สวัสดีค่ะ คุณย่า	ดีใจ
293	เชิญครับ แล้วผมจะรอคุณกลับมาอย่างใจจดใจจ่อนะครับ	ดีใจ
294	หน้าปากซอยแล้วค่ะ	โกรธ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
295	ใครชื่อบู้บี้ไม่ทราบ	โกรธ
296	ชกตำรวจเดี๋ยวก็โดนจับหรอก	ดีใจ
297	เหอะ ก็ลองจับดูสิ	โกรธ
298	ไม่เป็นไรหรอก บีไปไม่กี่วันเอง	โกรธ
299	สวัสดีครับคุณย่า	ดีใจ
300	เออ คุณบังอรครับ เดี๋ยวคุณบังอรพักห้องนี้ก็ได้นะครับ	ดีใจ
301	อ้าว แล้วคุณพ่อคุณแม่ของชันล่ะ	ดีใจ
302	โห ไม่ต้องเป็นห่วงเลยครับ พอดีท่านกลัวเราอืดอัดกันนะครับ เลยไปนอนอีกหลังแล้ว	ดีใจ
303	อ๋อ	ดีใจ
304	เดี๋ยวผมขนของ	ดีใจ
305	ให้นะครับขอบคุณค่ะ	ดีใจ
306	ไม่รู้สิ ผมรู้สึกเหมือนเมไม่ค่อยเห็นความสำคัญของผมอ่ะ	โกรธ
307	ทุกคนก็เพื่อนเมทั้งนั้น	โกรธ
308	เมเพิ่งเจอมาร์คแค่หนสองหนก็ให้ความสำคัญกับเค้าเท่ากับผมที่คบกันมาสองปีแล้วหรอ	โกรธ
309	ก็น้องมันน่าสงสารนี่นา	เสียใจ
310	น่าสงสารตรงไหนคะ มีแต่คนคอยรุมเอาใจ ทั้งคุณย่าทั้งคุณพ่อ	โกรธ
311	เราก็มัวคิดเล็กคิดน้อยอยู่อย่างงี้ ใจจะไม่สบายนะลูก เรานะเพียบพร้อมกว่าน้องเป็นไหน ๆ จะไปเปรียบเทียบอะไรกับน้องอีกล่ะลูก	เสียใจ
312	ฮือ พูดธุระของคุณย่ามาเถอะค่ะ	เสียใจ
313	เมคิดยังไงกับคุณอุปมาน่ะลูก	เป็นกลาง
314	ทำไมคุณย่าถามแบบนี้ล่ะคะ อย่าบอกเมนะคะว่าคุณย่านัดเค้ามาให้เมดูตัว	ดีใจ
315	เปล่า เออ เค้ามาเยี่ยมย่าแทนพ่อเค้า ย่าก็เห็นเค้าสนใจเมอยู่นะลูก	ดีใจ
316	ผู้ชายทุกคนที่เจอเม ก็หว่านเมอย่างงี้ทั้งนั้นล่ะค่ะ เมชินชะแล้วล่ะค่ะคุณย่า	ดีใจ
317	อืม ก็เมน่ะดีพร้อมทุกด้านถึงได้มีคนดี ๆ มาให้เลือกไง แต่ทุกอย่างมันอยู่ในสายตาผู้ใหญ่น่ะดีแล้ว ไม่น่าเกลียด	ดีใจ
318	ค่ะ คุณย่า	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
319	เหอะ ทั้งคุณอุปมา คุณอาทิตย์เป็นผู้ชายที่พร้อมทั้งหน้าที่การงาน การศึกษาและฐานะความเป็นอยู่ เฮ้อ ค่อย ๆ ดูค่อย ๆ ศึกษากันไปนะลูก นะ	ดีใจ
320	ค่ะ คุณย่า	ดีใจ
321	ขอบใจนะลูก	ดีใจ
322	หัสเนี่ยค่ะ กะล่อนที่สุดในกลุ่มเลยค่ะ	ดีใจ
323	ค่ะค่ะ รีบมานะคะ	ดีใจ
324	ไอ้ ไอ้หมาลอบกัด	โกรธ
325	บอกได้ไงล่ะคะ อ้าว	ดีใจ
326	วันนี้เงินเดือนชันหมดแหง ๆ กินข้าวเสร็จบีจะไปร้องคาราโอเกะต่อ ฮิ ๆ ๆ ๆ	ดีใจ
327	คุณบีขา ทานแต่พออิ่มได้มั้ยคะ ทำไมจะต้องไปล้มทับชันษาเค้าด้วยคะ	ดีใจ
328	เต็มที่เลยนะบี ฉลองสอบได้	ดีใจ
329	หุย สาธุขอให้ได้จริง ๆ เหอะ	ดีใจ
330	นี่แน่ะขา ไม่หยุดอีก	ดีใจ
331	ไปเถอะค่ะ พี่ชัน ฝนหิวแล้ว	ดีใจ
332	อ๋อ	ดีใจ
333	ทานข้าวกันนะครับ อ่อ	ดีใจ
334	พี่นูมาด้วยหรือเปล่าก็ไม่รู้	โกรธ
335	กุนซือ หึ พวกผู้ชายเจ้าชู้ทำร้ายจิตใจลูกเมียก็ต้องโดนแบบนี้แหละ	โกรธ
336	อ้าว	ดีใจ
337	วิ มีแต่เจ้าหนี้ ยิ่งดิ้นรน ก็ยิ่งเพิ่มหนี้	เสียใจ
338	มะม่วงสด ๆ จากสวนเลยครับ พอดีผมไปราชการมา ก็เลยซื้อมาฝาก	ดีใจ
339	ขอบใจมากนะ นั่งก่อนสิ	ดีใจ
340	นั่งก่อนสิ ขอบคุณครับ	ดีใจ
341	เอ่อ ผมเคยทราบจากเมว่ายังมีคุณอาอีกคน แต่ท่านเสียไปแล้วเหรอครับ	ดีใจ
342	ย่าถึงได้เลี้ยงบีมาอย่างดีที่สุดไง เพื่อชดเชยสิ่งที่เค้าขาดไป	ดีใจ
343	แล้วคุณแม่บี เสียเพราะอะไรเหรอครับ	เสียใจ
344	อื้อหือ ตอนไปก็เจอ ขากลับก็เจอ ทำไมไม่ย้ายมาอยู่ที่นี่เลยล่ะคะ	โกรธ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
345	หวานขนาดนั้น ทำไมไม่อมน้ำตาลให้รู้แล้วรู้รอดไปเลยล่ะคะ	โกรธ
346	ยัยบี เนี่ย พี่สาวเราเค้าป่านนี้ยังไม่กลับเลยนะ	โกรธ
347	เดี๋ยวก็ตามกลิ่นมะม่วงมาเองล่ะคะ คุณย่า	ดีใจ
348	ไม่ใช่พี่เมนะ อื้อหือ	ดีใจ
349	นี่พี่เมไม่อยู่ น่าจะกลับไปได้แล้ว	โกรธ
350	ตายแล้ว ดูพูดจา ทำตัวไม่สมกับเป็นเจ้าของบ้านเลย หื้อ	โกรธ
351	อ้อ เม ป่านนี้ยังไม่กลับเลย คุยงานอะไรกันนักหนาน่ะ	โกรธ
352	คุณย่าจะไปพักผ่อนก่อนก็ได้นะครับ เดี๋ยวผมรอเมเอง	ดีใจ
353	ยังหรอกจ้ะ ย่าจะรอเมกลับก่อน จิตราเค้าไปค้างบ้านแม่ เดี๋ยวจะมาน้อยใจว่าย่าไม่ห่วงลูกสาวเค้า	ดีใจ
354	เราให้ฟังบ้างสิ ฮ่ะ ๆ หลับซะแล้ว ดูสิแม่คนนี้ เหมือนสวิตช์ปิดเปิดเลย นึกจะหลับก็หลับ	ดีใจ
355	แล้วไม่ต้องเรียกไปอาบน้ำก่อนเหรอครับ	ดีใจ
356	ให้หลับไปก่อนเถอะ นี่เป็นเมไม่ได้หรอกนะ คนนั้นเค้าพิถีพิถัน เนี้ยบทุกอย่าง หึ ไม่มีทางให้ใครมาเห็นมานอนหลับแบบนี้หรอก	ดีใจ
357	เฮ้อ คุณเป็นอะไรของคุณน่ะ ผมกลับบ้านมาอารมณ์ดี ๆ อย่าหาเรื่องทะเลาะหน่อยเลยน่ะ	โกรธ
358	เฮ้อ	โกรธ
359	เล่นอะไรของเธอ คนจะหลับจะนอน	โกรธ
360	พี่เม เค้าต้องตื่นเช้านะ ไม่ว่างเหมือนเรานะแม่บี	โกรธ
361	อารมณ์เสียกันจังเลยนะคะ บีน่ะมีข่าวใหญ่จะมาแจ้ง ขี้เกียจพูดหลายทีก็เลยเรียกประชุม จะได้พูดทีเดียว	ดีใจ
362	ข่าวอะไรยะ ถ้าไม่สำคัญ ชั้นจะเล่นงานเธอ	โกรธ
363	ไปรถเมล์ หรือไม่ก็แท็กซี่ ลุงแก้วไม่อยู่พาคุณย่าไปทำธุระ บีไม่มีรถ ถึงมีก็ขับไม่เป็นอยู่ดี จะซักอะไรอีกมั้ย รีบ อิ้ม	โกรธ
364	เดี๋ยว	ดีใจ
365	หือ บีคงไม่ใส่ไปเรียนวันแรกหรอกนะ บีจะโชว์ชุดใหญ่ ใส่รำให้คุณย่าตอนวันเกิด	ดีใจ
366	บู้บี้ นั่นนะ จะรำ	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
367	นั่งทานด้วยกันสิเม สนุกออก	ดีใจ
368	เดี๋ยวเถอะบีนี่ เอาของกินมาขว้างปา มันสมควรเหรอ	โกรธ
369	อืม ขอโทษค่ะ คุณย่า ฮึ่ม	เสียใจ
370	เชิญนั่งสิ ครับ	เป็นกลาง
371	คุณอุปมา ทานอะไรมาหรือยังคะ ที่นี่มีอาหารอีสาน ทานเป็นหรือเปล่า	ดีใจ
372	อ๋อ	ดีใจ
373	เอ่อ คุณบีเลี้ยงที่สอบติดศิลปากรน่ะค่ะ	ดีใจ
374	บี เล่นไม่เลิกนะเราเนี่ย พี่เค้าไม่เคยน่ะ ก็กระดากตายกัน	โกรธ
375	ไม่ได้หรอกค่ะ ทนฟังมานานแล้ว ทำไมถึงได้ก้าวร้าวพี่เค้าอย่างงี้เฮอะ พี่เค้าไปทำอะไรให้	โกรธ
376	ย่าต้องขอโทษแทนหลานสาวด้วยนะคะ	เสียใจ
377	หือ ไม่เป็นหรอกครับคุณย่า ผมก็เจอฤทธิ์เดชเค้าจนเริ่มจะชินแล้วล่ะครับ	เสียใจ
378	เฮอะ คุณย่าครับ ที่ผมมาวันนี้เนี่ย ผมจะมาเรียนคุณย่าทราบว่า คุณพ่อของผมกับคุณอาประมุขน่ะ จะเดินทางกลับเมืองไทยพร้อมกัน	ดีใจ
379	คุณบังอร ห๊า	โกรธ
380	บีพูดจริงนะ หึ คุณย่าชอบเห็นคนอื่นดีกว่าบี คอยดูไม่มีบีสักคนน่ะ คุณย่าจะเคี่ยวเข็ญใคร ใครมันจะฟังคุณย่า เฮ้อ	โกรธ
381	เข้าใจจ้ะ	เสียใจ
382	ไม่ต้องพูดแล้วกัน	เสียใจ
383	เอ่อ ใกล้ถึงงานวันเกิดคุณท่านแล้ว แม่ครัวน่ะฝากให้มาเรียนถามเรื่องอาหารน่ะค่ะ	ดีใจ
384	หม่อมเกด ให้ยืมช่างทำขนมมา เห็นว่าจะขอทิ้งทวนฝีมือชาววังก็งานนี้	ดีใจ
385	อือ	ดีใจ
386	เฮ่อ เรื่องของหวานก็ตัดไปได้แล้ว จะได้เบาแรงแม่ครัวเราหน่อย	ดีใจ
387	ค่ะ อุ๊ย คุณท่านขา อยากให้ถึงงานวันเกิดของคุณท่านเร็วๆจังเลยค่ะ อยากรู้ว่าหลาน ๆ น่ะจะซุ่มทำอะไรให้คุณท่านน่ะค่ะ	ดีใจ
388	เห็นว่าพ่อมุขจะกลับมาพร้อมกับพ่อของอุปมา เค้าจะมางานวันเกิดชั้นเนี่ย	ดีใจ
389	ไปคราวนี้นานเหลือเกิน วิจิตราก็งุ่นง่าน งุ่นง่าน	เสียใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
390	อืม เอ๊ะ คุณท่านคะ คุณพ่อของคุณอุปมาเนี่ย สนิทกับคุณประมุขมากเหรอคะ	ดีใจ
391	อื้ม บังอรน่ะไม่เคยเห็นคุณท่าน พูดถึงเลยนะคะ	ดีใจ
392	มึงไปเลยนะ มึงกลับไปบ้านของมึงเลย เพราะว่าบ้านหลังนี้ไม่ต้อนรับมึง	โกรธ
393	ท่านคะ คุณบารมีเนี่ยเป็นทหารเหมือนกันเหรอคะ	ดีใจ
394	ดีกว่าหน่อย อื้อหือ	ดีใจ
395	จบทหารก่อนประมุขสักสองสามปี แต่เดี๋ยวนี้ไม่ได้เป็นแล้ว เอ้า พอ ๆ ๆ แล้ว	ดีใจ
396	พอแล้ว ค่ะ ค่ะ	ดีใจ
397	ค่ะ	ดีใจ
398	ไม่ได้เรื่อง อืม แต่คุณประจักษ์เธอชอบนี่ค่ะ	ดีใจ
399	อ่า พ่อจักษ์ก็เอาหน่อยนึง แต่สังขารมันไม่ให้ ผอมโกรกขี้โรค พ่อมุขรีก็ยิ่งแย่ สำอางค์เหลือเกิน หยิบจับอะไรก็ไม่ได้ เข้าเรียนนายร้อยได้ก็ดูถูกน้องซะ	ดีใจ
400	จะว่าเป็นคราวซวยของพ่อมีก็ได้นะ เจ้านายพ่อมีน่ะ ไปมีปัญหากับกลุ่มอิทธิพลเข้า พ่อมีก็เลยโดนร่างแหไปด้วย	ดีใจ
401	พ่อระวังตัวด้วยนะ	เสียใจ
402	ไม่กี่วันน่ะ พ่อมีก็ย้อนกลับมา ชั้นก็ไล่เค้าหนีไป เพราะเรื่องมันยังแรงอยู่	เสียใจ
403	เค้าคงจะรู้ข่าวจากปากชาวบ้านน่ะ ว่าพ่อแม่เค้าถูกยิงตาย แล้วบ้านก็ถูกเผาวอดไปทั้งหลังนั่นแหละ	เสียใจ
404	อื้ม โธ่เอ้ย น่าสงสารนะคะ เอ่อ แล้วตกลงเป็นฝีมือใครกันแน่คะ	เสียใจ
405	ฮือ แต่ชั้นก็เสียใจอยู่เรื่องนึง รับฝากน้องเค้าเอาไว้ รับปากเป็นมั่นเป็นเหมาะว่าจะดูแลอย่างดีที่สุด สุดท้ายก็คืนน้องสาวของพ่อมีไปไม่ได้	เสียใจ
406	เหอะ ทำเป็นเก่งหนีออกจากบ้าน แล้วก็เดินประชดเข้าบ้านมืด ๆ ค่ำ ๆ ระวังตัวเอาไว้เหอะ จะซวยเจอไอ้พวกหื่นกามตัวจริงมันฉุดเข้าตึกร้างไปโน่น	ดีใจ
407	เฮ้อ ๆ ไม่ต้องมาทำเป็นพูดดีเข้าตัวเลย ชั้นจะฟ้องคุณย่าว่าแกแกล้งชั้นคราวนี้คุณย่าไม่ต้อนรับแกเข้าบ้านแน่	โกรธ
408	ชั้นไม่ฟ้องคุณย่าก็ได้ ฮือ ๆ แกจะเอายังไงกับชั้นอีกเนี่ย เฮ้อ ๆ	โกรธ
409	ก็ไปขึ้นรถ แล้วกลับบ้านพร้อมชั้น	โกรธ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
410	ไม่	โกรธ
411	ก็ได้ เธออยากจะให้ทุกคนเค้ารู้ใช่มั้ย ห๊า ว่าชั้นเนี่ยได้จุ๊บปากแดง ๆ ของเธอแล้ว	ดีใจ
412	ก็ตามใจ เอ่อ นี่	โกรธ
413	เฮ้ย	โกรธ
414	อื้อ เฮ้อ ชั้นซื้อมาคืนเธอ โทรศัพท์มือถือไง	เป็นกลาง
415	กลับไปห้องเถอะ ค่ะ	ดีใจ
416	ฮิ เร็ว ๆ สิ พาบีเข้าบ้าน เร็ว ๆ ซี่	โกรธ
417	เมไม่ใช่คนใจร้ายขนาดนั้นหรอกค่ะ	ดีใจ
418	ไม่เป็นไร เข้าไปเถอะ เข้าไป	ดีใจ
419	เข้าไปเถอะอาทิตย์ ขนาดต่อหน้าคุณอุปมาน่ะ ซึ่งไม่สนิทกันน่ะ ย่ายังดุเด็กดื้อมาแล้วเลย ใครก็ช่วยอะไรไม่ได้หรอก	โกรธ
420	ครับ	ดีใจ
421	เห็นมั้ยล่ะ บอกแล้วให้เข้าไป เข้าไป	โกรธ
422	คุณอาทิตย์ ไปส่งย่าหน่อยสิ ย่าจะพาบีไปค้างที่บ้านสวน	เสียใจ
423	คืนนี้เลยเหรอ	ดีใจ
424	ก็ที่ช่วยอบรมดัดนิสัยยัยบีซะบ้าง ปรกติไม่มีใครกล้าทำ คุณย่าท่านก็ตามใจซะจนเหลิง	ดีใจ
425	ฮือ คุณย่าคงโกรธผมมาก	เสียใจ
426	คุณย่าท่านโกรธง่ายหายเร็วค่ะ	ดีใจ
427	แม่ชอบอาทิตย์มากกว่า ชาติตระกูลเช็คได้ พ่อแม่ก็รู้จักกัน ที่สำคัญน่ะ หน้าที่การงานก็ดี แล้วเค้าก็รวยด้วย	ดีใจ
428	ส่วนไอ้อุปมานั่นน่ะ ก็แค่ลูกเพื่อนพ่อเรา เพื่อนคนไหนก็ไม่รู้ แม่ก็ไม่เคยรู้จักพ่อเราก็ไม่เคยเอ่ยถึง	โกรธ
429	พอคุณย่าไล่มันกลับบ้าน หนูก็ตามไปส่งมันที่รถ แล้วเนี่ยก็จะไปกินข้าวกับเค้าอีก แล้วอาทิตย์จะคิดยังไงลูก	โกรธ
430	เปลี่ยนใจแล้วเหรอครับ	ดีใจ
431	ก็ ก็เค้าทะลึ่งอ่ะ	โกรธ
432	ทะลึ่ง หึ อย่างงี้ก็แสดงว่าคุณมาร์คก็ทะลึ่งมาก ๆ เลยนะสิคะ	ดีใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
433	ได้ ถ้าไม่ใช่นะ ชั้นจะขี่คอเธอกลับบ้าน	โกรธ
434	เธอก็ให้ชั้นขี่คอกลับบ้าน	ดีใจ
435	แล้วมันต่างกันยังไงคะเนี่ย หุย คุณบีรอด้วยค่า	โกรธ
436	มาร์ค วิเคยเล่าให้มาร์คฟังแล้วไงคะว่าวิไม่มีเจตนาที่จะทำร้ายครอบครัวเค้า วิไม่คิดเลยว่าเค้าจะผูกพันวิไว้กับเค้า วิต้องการอิสระ อิสระที่ไม่จำเป็นว่าบั้นปลายจะจบลงที่คุณ	เสียใจ
437	แล้วคุณรับปากกับผมได้หรือเปล่าล่ะ ว่าคุณธนูจะไม่มาอาละวาดที่บริษัทของผมไม่ต้องขายหน้า	โกรธ
438	แต่ผมขอสั่งคุณเลยนะอย่ามาที่นี่อีก ที่นี่เป็นบ้านของพ่อผมและท่านก็ไม่ชอบต้อนรับคนแปลกหน้าซะด้วย เข้าใจมั้ย	โกรธ
439	ค่ะ มาร์ค	เสียใจ
440	อ่ะ เดี๋ยวผมจะเตือนให้	ดีใจ
441	ผมอยากรู้ความจริง คุณย่าเล่าให้ผมฟังหน่อยครับ	เสียใจ
442	ไว้ให้พ่อทศน่ะโตขึ้นอีกหน่อยได้มั้ยลูก แล้วย่าจะเล่าให้ฟัง	เสียใจ
443	อ้าว ๆ คุณไบ ทักทายแรงจังเลยนะครับ	ดีใจ
444	น่วมไปทั้งตัวเลยว่ะ	ดีใจ
445	มีเรื่องอะไรกันวะ ห๊า	ดีใจ
446	เฮ้อ ก็ที่ชั้นเคยเล่าให้แกฟังไง ชั้นไปหลอกน้องเค้าไว้ว่าชั้นเป็นแก	ดีใจ
447	โอ้ย หาเรื่องมั้ยล่ะ	โกรธ
448	อดีตของบ้านสวนเนี่ยนะคะ ลึกลับซับซ้อนยิ่งกว่านิยายอีกนะคะคุณบังอร	ดีใจ
449	หู ไม่ต้องค่ะ ยายจะสรุปสั้น ๆ ให้เข้าใจง่าย ๆ คุณบารมีนิส่งคุณอุปมาไปที่บ้านอรรคราชเพื่อไปดูตัวเจ้าสาวค่ะ	ดีใจ
450	ถึงขนาดออกไข่เลยหรือครับคุณยาย โอย ๆ เดี๋ยวผมต้องกลับไปดูสักหน่อยแล้วออกไข่จริงหรือเปล่า	ดีใจ
451	ก็ชอบกันอยู่นะครับ ค่ะ	ดีใจ
452	สวนนะคะไม่ใช่ชาววัง	ดีใจ
453	ยัยบีไปหาเรื่องอะไรคุณอุปมาหรือเปล่าคะ	โกรธ
454	เปล่าหรอกครับคุณย่า วันนี้เค้าไปเล่นงานหัสน่ะครับ โทษฐานที่หัสไปหลอกลวงเค้า	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
455	เอ่อ คือ คุณบีเข้าใจว่าผมเป็นมาร์คน่ะครับ ผมก็เลยแกล้งปล่อยเลยตามเลยน่ะครับ วันนี้ความแตกก็เลยโดนเล่นงานเล็กน้อยน่ะครับ	ดีใจ
456	ถ้ายัยบีทำอะไรเสียมารยาทล่ะก็ย่าต้องขอโทษด้วยนะ ซนเหลือเกินเด็กคนนี้ ไอ้คนชินก็ว่าน่ารัก ไอ้คนที่ไม่เคยก็ว่าดื้อน่ะค่ะ	เสียใจ
457	เฮ้อ ลุงบารมีก็บอกว่ายัยบีน่ารักนะครับ แถมยังบอกอีกนะครับว่าเป็นเพื่อนซี้กันเลย	ดีใจ
458	เอ่อ คุณย่าครับ พอดีผมมีของมาฝากน่ะครับ คุณพ่อเค้าซื้อส่งกลับมา เอ่อนี่ครับ	ดีใจ
459	ขอบใจจ้ะ ทีหลังไม่ต้องก็ได้นะ	ดีใจ
460	ครับ คุณย่าครับ ผมอยากขอโทษคุณย่าเรื่องเมื่อวานอีกครั้ง	เสียใจ
461	อืม ช่างมันเถอะเรื่องมันผ่านไปแล้ว อย่าให้เกิดซ้ำสองอีกก็แล้วกัน	ดีใจ
462	ขอบคุณครับ	ดีใจ
463	โอย คุณบี	ดีใจ
464	โอ้โห ตกใจหมดเลยนะคะเนี่ย	โกรธ
465	โอ้โห แต่ว่าคุณบีเนี่ยมาพอดีเวลาของหวานเลยนะคะ วันนี้มีน้ำกะทิลอดช่อง อู้หู น้ำกะทิเยอะแยะเต็มหม้อ เติมได้ไม่อั้นเลยค่ะ	ดีใจ
466	เริ่ดจังเลยค่ะยาย นี่คุณบีดู	ดีใจ
467	หลับหรอ มีแขกค่า	ดีใจ
468	หืม ใครอ่ะ	ดีใจ
469	คุณอุปมา	ดีใจ
470	ใช่ พ่อมีน่ะเป็นเด็กดี หื เอางานเอาการ ตัวเนี่ยดำเมี่ยมเชียว ขยันลอกท้องร่องท้องคู เค้าน่ะเป็นเพื่อนของพ่อยัยเมแล้วก็พ่อของยัยบีด้วย	ดีใจ
471	อ๋อ ครับ	ดีใจ
472	เห็นคุณพ่อเล่าว่ามีเพื่อนรักอยู่คนนึงชื่อประจักษ์	ดีใจ
473	อ๋อ ก็เป็นพ่อของยัยบีนั่นแหละ เค้าน่ะเป็นลูกคนเล็กของย่า แต่ว่าเสียชีวิตไปตั้งแต่ยัยบีสี่ห้าขวบ	ดีใจ
474	เป็นอะไรเหรอครับ	เป็นกลาง
475	นี่คุณแม่ของบีเค้าก็เสียแล้วเหรอครับ	เสียใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
476	ใช่ ตายก่อนพ่อเค้าไม่นาน ยัยบีน่ะกำพร้าใครจะว่ายังไงไม่รู้นะ ชั้นน่ะรักหลานคนนี้มาก ต่อให้เค้าไปฆ่าใครตาย ชั้นก็เข้าข้างเค้าอยู่ดี เข้าข้างมันตะพึดตะพือเลย	เสียใจ
477	ว่าไงนะ รีบหนีไปเถอะ	โกรธ
478	ทำไมล่ะ มีอะไร	โกรธ
479	จ้ะ พ่อมีรีบหนีเถอะ	เสียใจ
480	รีบไปเถอะพ่อมี	โกรธ
481	จักหรอลูก ครับแม่	โกรธ
482	เดี๋ยวครับคุณย่า ผมขอต่ออีกนิดนึง ผมมีเรื่องอยากถามหาความจริงจากคุณย่าครับ	โกรธ
483	มึนหัวจังเลย	เสียใจ
484	นี่ค่ะ นี่ยาดมค่ะ	เสียใจ
485	หืด เล่นบ้าอะไรเนี่ยห้า	โกรธ
486	คุณบีทำอะไรคะ	โกรธ
487	แกทำอะไรย่าชั้นห๊า	โกรธ
488	ทำอะไรล่ะ	โกรธ
489	อ้าว ยัยบีล่ะ	เสียใจ
490	เอ่อ คือ	เสียใจ
491	นี่ นี่ โอ๊ย	โกรธ
492	นี่ห้อเลือดเลยนะเนี่ย โอ้โห	โกรธ
493	คุณย่า	ดีใจ
494	นี่คุณอุปมาทำอะไรหลานชั้นเนี่ย	โกรธ
495	คุณย่าครับ หลานคุณย่าครับทำผม อยู่ดี ๆ ก็เอา เอาร่มนี่มาไล่ฟันผมสองคนน่ะครับ แล้วนี่นะครับมากัดผมเนื้อเกือบแหว่ง ว่าง ๆ เนี่ยผมเอายัยนี่เฝ้าบ้านได้มั้ยครับ ดุดี	โกรธ
496	ไอบ้า บีขอโทษพี่เค้าเดี๋ยวนี้นะ	โกรธ
497	ไม่ บีไม่ชอบมัน บีไม่อยากพบคนอย่างมัน	โกรธ
498	บีเสียมารยาท	โกรธ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
499	คุณอุปมาเค้าเป็นแขกของย่านะ ไหนรับปากว่าจะไม่ดื้อไงล่ะ อยากเห็นย่าเครียดตายหรือไงเหอะ	โกรธ
500	อืม คุณย่า	เสียใจ
501	พ่อเค้าคิดยังไงกับเรื่องที่ได้ยินมาทั้งหมด	เป็นกลาง
502	เฮ้อ ผมก็ไม่ทราบครับคุณย่า คุณพ่อเค้าดำเนินการอยู่	เป็นกลาง
503	รวมทั้งเรื่องการแต่งงานของเราด้วยใช่มั้ย	เป็นกลาง
504	อืม นั่นมันข้อเสนอของลูกชายคุณย่านะครับ คุณพ่อเนี่ยก็เพียงแต่ตอบสนองในขอบเขตที่คุณพ่อเห็นควรก็แค่นั้นเองนะ	เป็นกลาง
505	ย่าไม่เข้าใจ	เสียใจ
506	เฮ้อ เอาเป็นว่าคุณพ่อกลับมาเมื่อไหร่ คุณย่าก็จะเข้าใจเองล่ะครับ	เสียใจ
507	หึ นี่คุยเรื่องอะไรกันน่ะ บีไม่เห็นรู้เรื่องเลย	โกรธ
508	ก็ไม่ใช่เรื่องของเด็กนี่ จะรู้เรื่องได้ไง	โกรธ
509	โห ดูสิคะ หมดกันอุตส่าห์ทำตั้งครึ่งค่อนวันนะคะเนี่ย	เสียใจ
510	นี่บังอร	ดีใจ
511	คะ	ดีใจ
512	ชั้นระอายัยบีจริง ๆ นะ	โกรธ
513	โอย คุณใจเย็น ๆ นะคะ ดูสิ	เสียใจ
514	แต่ผู้ใหญ่ทั้งสองฝ่ายก็ไฟเขียวตลอดนะคะ	ดีใจ
515	ใจลอยไปไหนครับเนี่ย ผมถามว่าคุณเมจะกลับบ้านเลยหรือเปล่า	ดีใจ
516	ยังไงก็ได้ค่ะ แล้วอาทิตย์มีธุระต่อที่ไหนหรือเปล่าล่ะ	เป็นกลาง
517	ผมกะจะหาบีกับคุณย่าที่บ้านสวนน่ะครับ	ดีใจ
518	ห่วงกันซะเหลือเกินนะคะ	โกรธ
519	ก็คุณย่าท่านชวนเอาไว้ ผมรู้ว่าคุณเมคงไม่อยาก	ดีใจ
520	อยู่รีเปล่า จะโหวกเหวกโวยวายทำไมอาทิตย์ เล่นหัวกันมากจนติดนิสัยยัยบีมาแล้ว รู้ตัวมั้ย	โกรธ
521	สักสิบห้านาทีได้แล้วค่ะ	ดีใจ
522	งั้นเราเดินเล่น ๆ ไปหาคุณย่ากันมั้ยอาทิตย์	ดีใจ
523	ที่ชั้นทำแบบนี้ ก็เพื่อจะบอกให้คุณรู้ว่าชั้นไม่ใช่ตัวเลือกของใคร	โกรธ
524	แล้ววันนึงคุณจะเข้าใจนะเมว่าทุกอย่างเนี่ยมันไม่ใช่อย่างที่คุณคิดเลย	เสียใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
525	เหรอคะ	โกรธ
526	จะไปบ้านมันทำไมเนี่ย อุ๊ย จุ๊ ๆ ๆ คุณบีขา เรียกมันไม่ได้นะคะ	โกรธ
527	มันน่ะ ยังสุภาพไปด้วยซ้ำนะคะ	โกรธ
528	อุย	โกรธ
529	เฮ้ย จิ	โกรธ
530	คุณอุปมาชวนคุณท่านไปเที่ยวบ้านค่ะ แล้วก็อยู่ทานข้าวเย็นด้วยกันเลยค่ะ	ดีใจ
531	คุณบีบอกว่าอยากทานไอติมกับถั่วตัดหน้าปากทางค่ะ ปองจะออกไปซื้อให้เธอก็ไม่ยอม เธอจะไปซื้อเอง ปองไม่กล้าขัดใจค่ะ	เสียใจ
532	แล้วบีแต่งตัวยังไง	เป็นกลาง
533	แล้วบีแต่งตัวยังไง ใส่กางเกงขาสั้นกับเสื้อยืดค่ะ	เสียใจ
534	ไม่ได้กลับค่ะ โอย แล้วนี่ยัยบีเค้าไปไหนของ	เสียใจ
535	ยัยบีน่ะเป็นหลานของชั้นเป็นอรรคราชคนนึง ไม่ว่าจะสกปรกหรือสะอาด ยัยบีก็อรรคราช ย่าจะนั่งรอนายขำให้กลับมาก่อน ถ้ายังไม่รู้ข่าวบีแน่ล่ะก็ ย่าจะไปโรงพักกับอาทิตย์	โกรธ
536	เอ่อ คุณท่านไม่ต้องเป็นห่วงนะคะ คนแถวนี้รู้จักกันทั้งนั้น ไม่มีใครมาขโมยตัวคุณบีไปหรอกค่ะ	เสียใจ
537	อืม	เป็นกลาง
538	เฮ้อ สมปองก็น่าจะไปซื้อให้ยัยบี แล้วปล่อยให้ไปคนเดียวอย่างนี้ได้ยังไง	โกรธ
539	อืม คุณท่านขา ลองถ้าคุณบีจะไป ใครเคยห้ามได้เหรอคะ	เสียใจ
540	คุณท่าน ท่านขา	เสียใจ
541	อุ้ย คุณท่านขา รอคุณอาทิตย์กับคุณอุปมากลับมาก่อนเถอะค่ะ เผื่อจะมีข่าวความคืบหน้านะคะ	เสียใจ
542	กลับมากันแล้วค่า	ดีใจ
543	ว่าไงอาทิตย์เจอมั้ย	เสียใจ
544	ผมให้คนงานที่บ้านช่วยออกตามหาแล้วครับ ถ้าเจอเนี่ยเดี๋ยวคงโทรเข้ามาเอง	เสียใจ
545	โอ๊ย ย่ารอไม่ไหวแล้วนะ อาทิตย์พาย่าไปพบกับเพื่อนอาทิตย์ที่โรงพักกันทีเถอะนะ	เสียใจ
546	ได้ครับ	ดีใจ

ลำดับ	ถ้อยความ	อารมณ์
547	ไปดูซี่รี่ยเกาหลีที่บ้านแต๋วมาค่ะ เฮ้อ ง่วงจะตายอยู่แล้ว	โกรธ
548	แล้วทำไมไม่โทรมาบอกหา เห็นมั้ยว่าคนอื่นเค้าเป็นห่วงแล้วออกตามหาให้วุ่นวาย	โกรธ
549	ก็ไม่ได้เอามือถือไปนี่	โกรธ
550	บี ง่วงนอนไม่ใช่เหรอลูก ไปอาบน้ำนอนเถอะนะ ไป	ดีใจ
551	มาร์ค ทำไมวิ	โกรธ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
การอธิบายความแปรปรวนของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยเคอร์เนลฟังก์ชันซิกมอยด์ที่มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
1	0.2629098
2	0.3843930
3	0.4437801
4	0.4963718
5	0.5314762
6	0.5636632
7	0.5848587
8	0.6031087
9	0.6200439
10	0.6345523
11	0.6483580
12	0.6603936
13	0.6717397
14	0.6823487
15	0.6924161
16	0.7014539
17	0.7100677
18	0.7179052
19	0.7256889
20	0.7329941
21	0.7399340
22	0.7465049
23	0.7526529
24	0.7585596
25	0.7641996
26	0.7696182
27	0.7747277

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
28	0.7797419
29	0.7845443
30	0.7891535
31	0.7936587
32	0.7981304
33	0.8023134
34	0.8063725
35	0.8101548
36	0.8138084
37	0.8174279
38	0.8209545
39	0.8243707
40	0.8276545
41	0.8308694
42	0.8340071
43	0.8370774
44	0.8400941
45	0.8430212
46	0.8458351
47	0.8486316
48	0.8512478
49	0.8538470
50	0.8563716
51	0.8588510
52	0.8613167
53	0.8636988
54	0.8660274

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
55	0.8683180
56	0.8705931
57	0.8728208
58	0.8749894
59	0.8771293
60	0.8792293
61	0.8813099
62	0.8833381
63	0.8853324
64	0.8872855
65	0.8891810
66	0.8910460
67	0.8928841
68	0.8947024
69	0.8964849
70	0.8982536
71	0.8999801
72	0.9016488
73	0.9033088
74	0.9049368
75	0.9065401
76	0.9081271
77	0.9096781
78	0.9112170
79	0.9127255
80	0.9142215
81	0.9156940

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
82	0.9171648
83	0.9186013
84	0.9200208
85	0.9214194
86	0.9228009
87	0.9241530
88	0.9254859
89	0.9267773
90	0.9280575
91	0.9293037
92	0.9305393
93	0.9317572
94	0.9329635
95	0.9341453
96	0.9353198
97	0.9364877
98	0.9376202
99	0.9387371
100	0.9398396
101	0.9409191
102	0.9419800
103	0.9430172
104	0.9440513
105	0.9450677
106	0.9460770
107	0.9470621
108	0.9480448

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
109	0.9490130
110	0.9499547
111	0.9508905
112	0.9518182
113	0.9527362
114	0.9536290
115	0.9545118
116	0.9553785
117	0.9562239
118	0.9570540
119	0.9578768
120	0.9586949
121	0.9594895
122	0.9602802
123	0.9610642
124	0.9618338
125	0.9625960
126	0.9633403
127	0.9640772
128	0.9648065
129	0.9655314
130	0.9662459
131	0.9669502
132	0.9676466
133	0.9683316
134	0.9690117
135	0.9696713

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
136	0.9703181
137	0.9709587
138	0.9715943
139	0.9722153
140	0.9728324
141	0.9734276
142	0.9740178
143	0.9746061
144	0.9751842
145	0.9757579
146	0.9763266
147	0.9768946
148	0.9774393
149	0.9779762
150	0.9785044
151	0.9790245
152	0.9795352
153	0.9800374
154	0.9805356
155	0.9810299
156	0.9815113
157	0.9819920
158	0.9824680
159	0.9829401
160	0.9833987
161	0.9838499
162	0.9842945

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
163	0.9847292
164	0.9851585
165	0.9855830
166	0.9860021
167	0.9864048
168	0.9868003
169	0.9871941
170	0.9875763
171	0.9879526
172	0.9883244
173	0.9886915
174	0.9890566
175	0.9894095
176	0.9897530
177	0.9900955
178	0.9904249
179	0.9907480
180	0.9910623
181	0.9913754
182	0.9916797
183	0.9919778
184	0.9922646
185	0.9925493
186	0.9928271
187	0.9930967
188	0.9933616
189	0.9936259

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
190	0.9938797
191	0.9941229
192	0.9943649
193	0.9946036
194	0.9948413
195	0.9950737
196	0.9952985
197	0.9955187
198	0.9957308
199	0.9959376
200	0.9961435
201	0.9963423
202	0.9965389
203	0.9967281
204	0.9969109
205	0.9970899
206	0.9972673
207	0.9974321
208	0.9975948
209	0.9977471
210	0.9978978
211	0.9980433
212	0.9981834
213	0.9983193
214	0.9984478
215	0.9985710
216	0.9986920

ลำดับ	การอธิบายความแปรปรวน
217	0.9988058
218	0.9989110
219	0.9990149
220	0.9991147
221	0.9992117
222	0.9992949
223	0.9993733
224	0.9994473
225	0.9995173
226	0.9995812
227	0.9996384
228	0.9996909
229	0.9997392
230	0.9997847
231	0.9998274
232	0.9998666
233	0.9998970
234	0.9999252
235	0.9999467
236	0.9999664
237	0.9999820
238	0.9999933
239	0.9999998
240	1.0000000
241	1.0000000

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเมธี เจริญดี เกิดเมื่อวันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ภายใต้หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ในปีพ.ศ. 2548 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภายใต้หลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University