

ระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน



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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPEECH PROCESSING SYSTEM FOR EVALUATION OF PARKINSON'S DISEASE

Miss Pawichaya Suphinnapong



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Biomedical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน
โดย	นางสาวปวีชญา สุภินนพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณิชกร ทับทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภรณ์ อีรมงคลศรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณิชกร ทับทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภรณ์ อีรมงคลศรี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อติวงศ์ สุชาโต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปัทมา เอื้อทวีเกียรติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ ประวีณ โสฬ์เสขา)

ปวีชญา สุภินนพงศ์ : ระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน (SPEECH PROCESSING SYSTEM FOR EVALUATION OF PARKINSON'S DISEASE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. นพ. รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. ณีฐกร ทับทอง, ผศ. ดร. อาภรณ์ อีรมงคลศรี, 136 หน้า.

งานวิจัยนี้มุ่งสร้างระบบการประมวลเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันและประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกของผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยแบ่งงานออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. การสร้างฐานข้อมูลเสียง ซึ่งประกอบเสียงตัวอย่างเสียง /อา/ ที่ออกเสียงยาวแบบคงที่ จำนวน 510 เสียง บันทึกจากกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน 59 คน และกลุ่มคนปกติ 43 คน

2. การประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันจากการฟังเสียงพูด โดยใช้ผู้ประเมิน เป็นนักแก้ไขการพูดจำนวน 3 คน ประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง จากเสียงตัวอย่างจำนวน 92 เสียง พบว่า มีความแม่นยำในการประเมินเท่ากับ 64.86% ความไวเท่ากับ 66.67% ความจำเพาะเท่ากับ 62.79%

3. การประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยทำการทดลองกับเสียงตัวอย่าง 460 เสียง จากผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติ 92 คน โดยใช้สวนะลักษณ์ที่คัดเลือกจาก 3 วิธี คือ เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ อ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา และพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงพูด ประมวลผลด้วยเทคนิคการตัดแยก SVM พบว่าความแม่นยำเท่ากับ 82.17%, 78.87% และ 87.17% ตามลำดับการคัดเลือกสวนะลักษณ์

4. การประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิก ที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสัน เทียบเกณฑ์การประเมินด้วยแบบประเมิน UPDRS ข้อที่ 5 6 7 และ 18 เสียงตัวอย่างที่ใช้ประเมินจำนวน 295 เสียงมาจากผู้ป่วยพาร์กินสัน 4 ระดับความรุนแรง จำนวน 59 คน โดยใช้สวนะลักษณ์ที่คัดเลือกจากการพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงพูด ประมวลผลด้วยเทคนิคการตัดแยก multiclass SVM พบว่ามีความแม่นยำ 87 - 93 %

5287853021 : MAJOR BIOMEDICAL ENGINEERING

KEYWORDS: SPEECH PROCESSING / PARKINSON'S DISEASE / CLASSIFICATION / SYMPTOMS SEVERITY / EVALUATION / UPDRS

PAWICHAYA SUPHINNAPONG: SPEECH PROCESSING SYSTEM FOR EVALUATION OF PARKINSON'S DISEASE.
ADVISOR: PROF. ROONGROJ BHIDAYASIRI, M.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. NUTTAKORN THUBTHONG,
Ph.D., ASSOC. PROF. ARPORN TEERAMONGKONRASMEE, Ph.D., 136 pp.

This research aims to develop a speech processing system for evaluation of Parkinson's disease and their clinical severity levels of speech disorder. This research is divided into 4 parts.

1. Creation of speech corpus. The corpus comprised of 510 of sustained phonation /a/ speech samples recording from 59 of Parkinson's disease patients (PD) and 43 of normal controls (NC).

2 Evaluation of PD by listening. The 92 speech samples were evaluated by 3 speech pathologists. The results shown evaluation accuracy as 64.88%, sensitivity as 66.67% and specificity as 62.79%.

3 Speech processing for evaluation of PD. The speech data used in this evaluation consisted of 460 speech samples which originated from 92 people (PD and NC). The three speech feature selection criteria, i.e., computer techniques, related to literatures and related to speech disorder, were explored. SVM was used as a classifier. The accuracies of 82.17%, 78.87% and 87.17% were provided for every criterion respectively.

4. Speech processing for evaluation of the clinical severity rating of PD based on UPDRS section II item 5, 6, 7 and section III items 18. The 259 speech samples were from all stages of 59 PD. The speech features were selected using a related to speech disorder criteria. The results shown the evaluation accuracy around 87-93%.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูป.....	ฌ
สารบัญแผนภูมิ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามในงานวิทยานิพนธ์.....	4
1.3 จุดประสงค์ในงานวิทยานิพนธ์.....	4
1.4 สิ่งที่คาดว่าจะได้รับการทำวิทยานิพนธ์.....	5
1.5 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์.....	5
บทที่ 2 ปรีทัศน์วรรณกรรม.....	7
2.1 ประวัติของโรคพาร์กินสัน.....	7
2.2 ประสาทกายวิภาค ของโรคพาร์กินสัน.....	8
2.3 อุบัติการณ์ (Incidence) ความชุก (Prevalence) และ สัดส่วน ของโรคพาร์กินสัน.....	10
2.4 ลักษณะเด่นทางการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน (Motor –Symptom).....	11
2.4.1. การเคลื่อนไหวช้า.....	11
2.4.2. สั่นขณะพัก.....	11
2.4.3. อาการแข็งเกร็ง.....	12
2.4.4. การทรงตัวขาดสมดุล.....	12

2.5	อาการที่ไม่ได้เกิดจากการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน (non-motor symptom).....	13
2.5.1.	อาการทางจิตและประสาท (Neuropsychiatric symptoms).....	13
2.5.2.	ปัญหาเรื่องการนอน	13
2.5.3.	ปัญหาของระบบประสาทอัตโนมัติ	13
2.5.4.	อาการอื่นๆ.....	14
2.6	เกณฑ์วินิจฉัยโรคพาร์กินสัน.....	14
2.7	แบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน.....	15
2.7.1	การวัดระดับความรุนแรง การเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน ด้วย 5 ลำดับขั้น ของ Hoehn and Yahn	15
2.7.2	แบบประเมินโรคความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน The Unified Parkinson’s Disease Rating Scale (UPDRS).....	16
2.7.2.1	UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 5 (speech in activities of daily living).....	17
2.7.2.2	UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 6 (salivation in activities of daily living).....	17
2.7.2.3	UPDRS ตอนที่ II ข้อ 7 (swallowing in activities of daily living).....	18
2.7.2.4	UPDRS ตอน III ข้อ 18 (speech in motor exam).....	18
2.8	ธรรมชาติของการพูดหรือเปล่งเสียง.....	19
2.8.1	กายวิภาคของการพูด (anatomy of speech production).....	19
2.8.2	กลไกการเปล่งเสียง	20
2.8.3	ประเภทของเสียงพูด	21
2.9	ความผิดปกติในการพูดหรือการเปล่งเสียงในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน.....	22
2.9.1	ระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง	23
2.9.2	การออกเสียงที่ผิดปกติแบ่งตามสาเหตุอื่นๆ.....	25
2.10	ลักษณะทางสวณะศาสตร์ของเสียง (acoustic features) ที่สัมพันธ์กับผู้ป่วยพาร์กินสัน	26
2.10.1	ค่าเฉลี่ยของความถี่มูลฐาน (MF0 : Hz).....	26

2.10.2	จิตเตอร์ เพอร์เซ็นต์ (Jitt : %)	26
2.10.3	ชิมเมอร์ เพอร์เซ็นต์ (Shim : %)	27
2.10.4	สัดส่วนระหว่างสัญญาณเสียงรบกวนต่อสัญญาณเสียงพูดปกติ (NHR)	27
2.10.5	ความยาวของเสียงตัวอย่าง (Tsam : s)	28
2.10.6	ผลหารของการรบกวนคาบพิทซ์ที่ราบเรียบ (sPPQ : %)	28
2.10.7	สัมประสิทธิ์การแปรผันของความถี่มูลฐาน (vF0 : %)	29
2.10.8	ผลหารของการรบกวนค่าแอมพลิจูดที่ราบเรียบ (sAPQ : %)	29
2.10.9	สัมประสิทธิ์การแปรผันของแอมพลิจูด (vAm : %)	30
2.10.10	ดัชนีวัดความเบาของเสียง (SPI)	30
2.11	ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง	31
2.12	ซัพพอร์ต เวกเตอร์ แมชชีน (Support Vector Machine: SVM)	32
2.13	การตรวจสอบความถูกต้อง	35
2.14	การวัดประสิทธิผลที่ได้รับจากการประเมิน	36
2.14.1	ตารางการประเมินโรค (Evaluation table หรือ Diagnosis table)	36
2.14.2	ค่าความแม่นยำ (detection accuracy)	37
2.14.3	ค่าความไว (sensitivity หรือ true positive rate)	37
2.14.4	ความจำเพาะในการประเมินโรค (specificity หรือ true negative rate)	38
2.14.5	ค่าการทำนาย (predictive value)	38
บทที่ 3	ฐานข้อมูลเสียง	39
3.1	กลุ่มตัวอย่าง	39
3.1.1	เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	39
3.1.1.1	กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน	39
3.1.1.2	กลุ่มคนปกติ (หรือกลุ่มควบคุม)	40

3.2 เสียงที่ใช้ในการวิจัย	45
3.3 การเก็บข้อมูล	46
3.3.1 อุปกรณ์บันทึกเสียง	46
3.3.1.1 ลำโพงหูฟังสำหรับผู้วิจัย.....	46
3.3.1.2 ไมโครโฟนสำหรับคาศรีษะของกลุ่มตัวอย่าง	46
3.3.1.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อออดิโอ.....	46
3.3.1.4 คอมพิวเตอร์	46
3.3.1.5 โปรแกรมบันทึกเสียง	47
3.3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเสียงตัวอย่าง.....	47
3.3.3 การบันทึกเสียง.....	48
บทที่ 4 การประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง	49
4.1. จุดประสงค์ของการวิจัย.....	49
4.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
4.2 การออกแบบการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง	53
4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	53
4.2.2 ผู้ประเมิน	54
4.2.3 รูปแบบการประเมิน	54
4.3 ผลการประเมิน และอภิปรายผล.....	55
4.4 บทสรุป.....	59
บทที่ 5 การประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน	60
5.1 จุดประสงค์ของการวิจัย.....	60
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	60
5.3 การออกแบบระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ	69

5.4 การสกัดสวณะลักษณะ (Acoustic feature extraction)	69
5.5 การคัดเลือกสวณะลักษณะ (acoustic feature selection)	70
5.5.1. การคัดเลือกสวณะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์.....	70
5.5.2. การคัดเลือกสวณะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา	72
5.5.3. การคัดเลือกสวณะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง	73
5.6. วิธีการประเมิน (Evaluation method).....	79
5.7. ผลการประเมิน และอภิปรายผล.....	81
5.7.1. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสวณะลักษณะด้วยเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์	81
5.7.2. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสวณะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา	82
5.7.3. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสวณะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความ ผิดปกติของเสียง	82
5.8. การเปรียบเทียบการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด และการฟัง ด้วยมนุษย์.....	85
5.9. บทสรุปการวิจัยในบทนี้	87
บทที่ 6 การประเมินระดับความรุนแรงที่เกี่ยวข้องกับอาการออกเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน ด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด.....	88
6.1 จุดประสงค์ของงานวิจัย.....	88
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	88
6.3 การออกแบบการประเมินระดับความรุนแรงทางด้วยการประมวลผลเสียงพูด.....	89
6.3.1 กลุ่มตัวอย่าง.....	89
6.3.2 เสียงตัวอย่าง	90
6.3.3 การประเมินความรุนแรงทางคลินิกด้วยแพทย์เฉพาะทาง	91
6.3.4 วิธีการประเมินระดับความรุนแรงด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด	92
6.4 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด	92

6.5 สรุปผลการวิจัย.....	95
บทที่ 7 สรุป ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	96
7.1. สรุปงานวิจัย	96
7.2. ข้อจำกัดในการวิจัย.....	97
7.3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	97
รายการอ้างอิง	98
ภาคผนวก ก The Unified Parkinson’s Disease Rating Scale : UPDRS	115
ภาคผนวก ข ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลทางคลินิก.....	126
ภาคผนวก ค ผลการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง	129
ภาคผนวก ง seven categories of extracted acoustic features	132
ภาคผนวก จ The Institutional Review Board	133
ภาคผนวก ฉ รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในงานวิทยานิพนธ์	135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	136

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	อวัยวะที่มีหน้าที่การเปล่งเสียงพูด	20
ตารางที่ 2.2	ค่าการประเมินโรค	37
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	44
ตารางที่ 3.2	จำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันแยกตามระดับความรุนแรงที่ประเมินด้วย H&Y Scale	45
ตารางที่ 4.1	สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
ตารางที่ 4.2	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง	53
ตารางที่ 4.3	จำนวนผู้ป่วยพาร์กินสัน ถูกแบ่งตามระดับความรุนแรง ด้านการเคลื่อนไหว H&Y	54
ตารางที่ 4.4	ความแม่นยำ เวลา และจำนวนรอบในการฟัง แยกตามผู้ประเมิน	56
ตารางที่ 4.5	ความแม่นยำ และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (ICC) ของผู้ประเมิน โดย แยกตามกลุ่มตัวอย่างและเพศ	57
ตารางที่ 4.6	ผลการประเมิน	58
ตารางที่ 4.7	สรุปผลที่ได้จากการประเมินด้วยการฟังเสียง	59
ตารางที่ 5.1	เทคนิคการคัดแยกและสวนะลักษณะที่ใช้ของ Ramani และ Sivagami (2011)	64
ตารางที่ 5.2	ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	66
ตารางที่ 5.3	สรุปการคัดเลือกสวนะลักษณะตามเทคนิคทางคอมพิวเตอร์	72
ตารางที่ 5.4	สรุปการคัดเลือกสวนะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา	73
ตารางที่ 5.5	ชื่อย่อสวนะลักษณะที่คัดเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้	75
ตารางที่ 5.6	การจัดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละไฟล์ด	80
ตารางที่ 5.7	ค่าความแม่นยำของการประเมิน เมื่อใช้การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทาง คอมพิวเตอร์	81
ตารางที่ 5.8	ค่าความแม่นยำ เมื่อใช้การคัดเลือกสวนะลักษณะ กับงานวิจัยอื่น	82
ตารางที่ 5.9	ผลการประเมิน ด้วยคัดเลือกสวนะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติ ของเสียงพูด	83

ตารางที่ 5.10 ผลการประเมินโรคพาร์กินสัน (จำนวนเสียงตัวอย่าง = 460)	83
ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบความแม่นยำการคัดเลือกสวนะลักษณะ ด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ งานวิจัยที่ผ่านมา และพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติที่เกี่ยวข้อง	84
ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบความแม่นยำการประเมินกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน และ ค่า ICC ระหว่างการฟัง และการประมวลสัญญาณเสียงพูด.....	86
ตารางที่ 5.13 ผลการประเมินระหว่างการฟัง และการประมวลสัญญาณเสียงพูด.....	86
ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประเมินโรคพาร์กินสัน ด้วยการฟัง และการ ประมวลสัญญาณเสียงพูด.....	87
ตารางที่ 6.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยพาร์กินสัน	90
ตารางที่ 6.2 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 5.....	93
ตารางที่ 6.3 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 6.....	93
ตารางที่ 6.4 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 7.....	94
ตารางที่ 6.5 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 18.....	95

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	An Essay on The Shaking Palsy (Parkinson, 2002)	8
รูปที่ 2.2	Basal Ganglia	9
รูปที่ 2.3	Lewy Body	9
รูปที่ 2.4	กายวิภาคของการเปล่งเสียง	19
รูปที่ 2.5	แบบจำลองกลไกการเปล่งเสียงของมนุษย์ (Deller, Hansen และ Proakis, 1999)	21
รูปที่ 2.6	การแบ่งข้อมูลออกเป็นสองระดับ ด้วย SVM (Wikipedia, 2016).....	33
รูปที่ 3.1	เครื่องมือตรวจในช่องปาก.....	42
รูปที่ 3.2	กล่องส่งเส้นเสียงแบบอ่อน	42
รูปที่ 3.3	อุปกรณ์ประมวลผลและจอตอร์ทัศน์แสดงผล	43
รูปที่ 3.4	การส่องกล่อง Laryngoscope ด้วยแพทย์เฉพาะทาง.....	43
รูปที่ 3.5	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเสียงตัวอย่าง.....	47
รูปที่ 3.6	การจัดลักษณะสิ่งแวดล้อมการบันทึกเสียงในกลุ่มตัวอย่าง.....	48

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 3.1	กระบวนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	41
แผนภูมิที่ 5.1	ออกแบบระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ	69
แผนภูมิที่ 5.2	การคัดเลือกสวนะลักษณะ.....	74
แผนภูมิที่ 6.1	แสดงแจกแจงจำนวนของผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งถูกประเมินความรุนแรงทางคลินิกฯ ด้วยแบบประเมิน UPDRS	91



บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของงานวิทยานิพนธ์ คำถามที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดวิทยานิพนธ์นี้ขึ้นมา ยังรวมไปถึงวัตถุประสงค์ และสิ่งที่จะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์ และท้ายที่สุด ได้อธิบายถึงภาพรวมของแต่ละบท ซึ่งมีทั้งหมด 7 บท ในงานวิทยานิพนธ์นี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease: PD) ถูกค้นพบ โดยนายแพทย์ชาวอังกฤษชื่อ "James Parkinson" เขาได้บันทึกลงในหนังสือชื่อ "An Essay on the Shaking Palsy" ในปี ค.ศ. 1817 นายแพทย์ท่านนี้เป็นคนแรกที่ค้นพบกลุ่มอาการที่เรียกว่า "Shaking Palsy" และอาการนี้ถูกเข้าใจผิดเรียกว่า "Paralysis Agitans" (Parkinson, 2002) ต่อมานายแพทย์ Charcot ตั้งชื่อโรคนี้ว่า "โรคพาร์กินสัน" หลังจากทีนายแพทย์พาร์กินสันเสียชีวิตลง โรคพาร์กินสันเป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาทมักเกิดขึ้นในผู้ป่วยสูงอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป และ 5-10% ของโรคมักเกิดในผู้ที่มีอายุน้อย (young onset) (Quedas, Duprat Ade และ Gasparini, 2007) โดยคาดการณ์ว่าจะเพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี ทุกวันนี้อุบัติการณ์ของโรคพาร์กินสันมากกว่าหนึ่งล้านคนในสหรัฐอเมริกา และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี (Lang และ Lozano, 1998) การศึกษาระบาดวิทยาของโรคพาร์กินสันในประเทศไทยในปี พ.ศ 2554 พบว่า จำนวนประชากรที่เป็นโรคพาร์กินสันมีประมาณ 60,565 คน ซึ่งคิดเป็นความชุกของโรคพาร์กินสันเท่ากับ 126.83 คน ต่อประชากร 100,000 คน ในพื้นที่เขตเมือง และ 90.82 ต่อประชากร 100,000 คน ในพื้นที่ชนบท (Bhidayasiri และคณะ, 2011)

โรคพาร์กินสันมีสาเหตุมาจาก ระบบประสาทในสมอง (Dopaminergic - Nigrostriatal) มีการเสื่อมลงอย่างช้าๆ โดยเริ่มจากบริเวณ Substantia Nigra (SN) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตสารโดปามีน เมื่อ SN เกิดความเสื่อม จะส่งผลให้ใยประสาทที่เชื่อมต่อกับบริเวณ Basal ganglia โดยเฉพาะในส่วนของ Striatum เสื่อมลงต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งบริเวณนี้มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว หากระบบ Dopaminergic nigrostriatal ทำงานแย่ง จะทำให้การปล่อยสารโดปามีนลดลงตามไปด้วย ซึ่งสารโดปามีนนั้นเป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ที่มีหน้าที่เชื่อมโยงและส่งต่อกระแสประสาท

จากสมองไปยังส่วนที่รับผิดชอบ ดังนั้นหากโดปามีนลดลง จะทำให้การเคลื่อนไหวของร่างกายทำงานบกพร่อง เกิดอาการเคลื่อนไหวไม่ราบเรียบ ติดขัด แข็งเกร็ง เคลื่อนไหวช้า และอื่นๆตามมา จากการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับสารโดปามีนพบว่า ในส่วนของ SN จะผลิตสารโดปามีนสีดำ และเมื่อ SN เสื่อม จะทำให้สารโดปามีนนั้นมีสีดำจางลง และพบกลุ่มก้อนโปรตีนเกิดขึ้นมาในส่วนของ SN ก้อนดังกล่าวนี้เรียกว่า Lewy Body เชื่อกันว่าก้อนนี้เป็นสาเหตุของการเสื่อมของเซลล์ และอาจเกิดขึ้นในโรคความเสื่อมในระบบประสาทอื่นๆ อีกด้วย (Gibb และ Lees, 1988; รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดา และ ศรีจิตรา บุคณา, 2550)

โรคพาร์กินสัน (PD) มีลักษณะของอาการหลักที่เกิดมาจากความเสื่อมของสมองในส่วนที่เรียกว่า Basal Ganglia ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหว ดังนั้นหากส่วนนี้เสียไปจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ เช่น การเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง (muscle rigidity) สั่นขณะพัก (resting tremor) และการทรงตัวไม่ดี (postural instability) (Gelb, Oliver และ Gilman, 1999) และสัมพันธ์กับส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (non-motor symptom) (Bhidayasiri, 2010-2011) อีกหลายอาการ เช่น อาการทางจิตประสาท ปัญหาการนอนหลับ ปัญหา ระบบประสาทอัตโนมัติ อีกสิ่งที่สำคัญ คือ ปัญหาในการออกเสียงที่ผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสัน (Canter, 1963; L. Ramig, Fox และ Sapir, 2007) เนื่องจากว่าการติดต่อสื่อสาร สันทนาการ พูดคุยนั้น เป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน เพราะเป็นพื้นฐานในการสร้างสัมพันธ์ภาพในครอบครัว คนรอบข้าง และในสังคม หากผู้ป่วยมีปัญหาทางด้านารพูดแล้วจะทำให้มีปัญหาอื่นๆ ตามมาอีกด้วย เช่น พูดคุยไม่รู้เรื่อง พูดน้อยลง ไม่มีคู่สนทนา เกิดภาวะเครียด หดหู่ ปลีกตัว ตกงาน และในที่สุดทำให้เกิดคุณภาพชีวิตที่แย่ลงโดยตรงกับผู้ป่วยเอง และครอบครัว (Miller และคณะ, 2006b)

จากการศึกษาที่ผ่านมา ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวนประมาณ 75-90% มีการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่ผิดปกติ หรือบกพร่องไป (Ho และคณะ, 1998; Logemann และคณะ, 1978; Ramig, Fox และ Sapir, 2008; L. Ramig และคณะ, 2007) ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่นพบความบกพร่องของสมองในส่วน Basal ganglia ทำให้กล้ามเนื้อทำงานบกพร่องตามไปด้วย เช่น แข็งเกร็ง สั่น เคลื่อนไหวไม่ราบเรียบ ไม่สมดุล ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวผิดปกติออกไปจากแนวแกนกลางของร่างกาย (body midline) หรือ มีการโค้งงอของร่างกายมากเกินไป (Srivanitchapoom, Pandey และ Hallett, 2014) เนื่องจากว่าอวัยวะและกล้ามเนื้อหลักที่ช่วยในการออกเสียง ซึ่งอยู่ในแนวแกนกลางของร่างกายของผู้ป่วยพาร์กินสันถูกผลกระทบตามไปด้วย จึงส่งผลให้เกิดพยาธิสภาพของเสียงที่

ผิดปกติ หรือการออกเสียงผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้ เช่น การพูดเบาเสียง (Dysphonia) ซึ่งเป็นอาการหลักที่พบเห็นได้บ่อยในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Little และคณะ, 2009; Stewart และคณะ, 1995) การพูดไม่ชัด มีเสียงสั่น (voice tremor) พูดติดขัด เสียงลมหายใจที่แทรกเพิ่มเข้ามาเวลาพูด หรือเรียกว่าการออกเสียงลมแทรก (breathy voice) เสียงแหบแห้ง (hoarseness) การออกเสียงโทนเดียว (monotone) ความถี่เสียงต่ำลง (reduces frequency) มีปัญหาการกลืน (swallowing) ภาชนะน้ำลายไหลที่มากกว่าปกติ (drooling) เป็นต้น (Darley, Aronson และ Brown, 1969a; Darley, Aronson และ Brown, 1969b; Goberman และ Coelho, 2002; Logerman และคณะ, 1978; Miller และคณะ, 2006a; Rajesh และ Kelly, 2007) หลายการศึกษาพบว่า อาการเสียงที่ผิดปกติ นั้นสามารถพบได้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 3-5 ปีแรก ก่อนอาการทางกายปรากฏขึ้น หรือ ก่อนได้รับการยืนยันวินิจฉัยโรคพาร์กินสันจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ (Bocklet และคณะ, 2011; Buck และ Cooper, 1956; Hoberman, 1958) ยกเว้นบางการศึกษาพบว่า เสียงสั่น มักจะพบในพาร์กินสันที่มีอาการระยะรุนแรงเท่านั้น (Chenery, Murdoch และ Ingram, 1988; Holmes และคณะ, 2000; Selby, 1986) และมีการศึกษาจำนวนน้อยที่พบว่าเสียงที่ผิดปกติไม่ได้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาความรุนแรงของการดำเนินของโรค (Gamboa และคณะ, 1997; Metter และ Hanson, 1986) จึงอาจกล่าวได้ว่าการเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสันในช่วงระยะแรกและปานกลาง ดังนั้นเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสันจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัย ว่าสามารถใช้ประเมินโรคพาร์กินสันออกจากคนปกติได้จริงหรือไม่ และหากสามารถใช้ในการประเมินโรคพาร์กินสันได้จริง จะมีความแม่นยำเท่าใด

ปัญหาของการออกเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสันนั้นมีจำนวนมากเพิ่มมากขึ้น พบได้บ่อยครั้ง แต่ยังคงได้รับความสนใจน้อยทั้งจากตัวผู้ป่วย ญาติ คนรอบข้าง และแพทย์ผู้วินิจฉัยเอง ส่งผลให้ผู้พาร์กินสันที่มีอาการที่ไม่รุนแรง หรืออยู่ในระยะเริ่มต้น ขาดการเฝ้าระวัง และการรักษาในช่วงแรก ทำให้โรคพาร์กินสันมีโอกาสรุนแรงมากขึ้น ยกเว้นหากได้รับการวินิจฉัยได้เร็วโดยเฉพาะในช่วงระยะเริ่มต้น จะเป็นโอกาสอันดีในการช่วยเหลือ รักษา ลดความเสี่ยงในการพัฒนาโดยทั่วไปแล้ว การวินิจฉัยโรคพาร์กินสันจะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง ซึ่งมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี (Montgomery และคณะ, 2000) นอกจากนั้นความแตกต่างระหว่างบุคคลและประสบการณ์การทำงานของแพทย์เป็นหนึ่งในอุปสรรคการวินิจฉัย เพราะเนื่องจากการวินิจฉัยใช้ตัวบุคคลเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ จึงส่งผลกระทบต่อการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันอาจคลาดเคลื่อน ไม่แม่นยำไปบ้าง (Bhidayasiri และคณะ, 2014; Hoehn และ Yahr, 1967)

จากปัญหาความผิดปกติในการออกเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสันดังกล่าวข้างต้น ความต้องการประเมินโรคพาร์กินสันระยะเริ่มแรก หรือการคัดกรองผู้ป่วยพาร์กินสันเบื้องต้นที่รวดเร็ว ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพนั้น เป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยพยายามศึกษาค้นหาวิธีในการประเมินโรคพาร์กินสันจากการเปลี่ยนแปลงของเสียง เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรค วิธีการดังกล่าวนี้ได้รับการยืนยันว่าเป็นวิธีที่เชื่อถือได้ สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และได้ประสิทธิภาพสูง (Bocklet และคณะ, 2011; Cnockaert และคณะ, 2008; Kapoor และ Sharma, 2011; Little และคณะ, 2007; Tsanas และคณะ, 2012) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอการสร้างระบบการประมวลผลจากสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน เพื่อช่วยคัดกรองผู้ป่วยที่มีโอกาสเป็นโรคพาร์กินสัน และเพื่อการเฝ้าระวัง ให้การรักษาได้เหมาะสม ทันเวลา ลดโอกาสการพัฒนาความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

1.2 คำถามในงานวิทยานิพนธ์

- 1.2.1 การฟังเสียงด้วยมนุษย์สามารถประเมินหรือคัดแยกเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสันในระยะเริ่มต้นและระยะกลาง ออกจากเสียงคนปกติ ได้หรือไม่
- 1.2.2 การประมวลผลเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถประเมินหรือคัดแยกเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสันในระยะเริ่มต้นและระยะกลาง ออกจากเสียงของคนปกติ ได้หรือไม่
- 1.2.3 การประมวลผลเสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถประเมินระดับความรุนแรงของโรคผู้ป่วยพาร์กินสัน ได้หรือไม่

1.3 จุดประสงค์ในงานวิทยานิพนธ์

- 1.3.1 เพื่อศึกษาการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันในระยะเริ่มต้นและระยะกลางออกจากคนปกติ จากการฟังเสียงพูด ของผู้ประเมิน
- 1.3.2 เพื่อสร้างระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน และเปรียบเทียบระบบที่ได้ กับการฟังเสียงของผู้ประเมิน
- 1.3.3 เพื่อสร้างระบบแยกระดับความรุนแรงของผู้ป่วยพาร์กินสันตามเกณฑ์การประเมินโรคด้วย UPDRS โดยการประมวลผลเสียงพูด

1.4 สิ่งที่ได้คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์

- 1.4.1. ได้ฐานข้อมูลเสียงผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติที่เป็นคนไทย ซึ่งยังไม่มีในประเทศไทย
- 1.4.2. ได้ระบบประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการประมวลผลเสียงพูด
- 1.4.3. ได้ระบบประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงที่ผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสัน

1.5 ภาพรวมของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งออกทั้งหมดเป็น 7 บท โดยในบทถัดๆ ไป มีเนื้อหาโดยย่อ ดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนสิ่งที่เกี่ยวข้องทางการแพทย์ของโรคพาร์กินสัน เช่น ประวัติและที่มาของโรคพาร์กินสัน ลักษณะทางสรีระวิทยาและกายวิภาคของโรคพาร์กินสัน ลักษณะทางการเคลื่อนไหวของกลุ่มอาการ แบบประเมินที่ใช้สำหรับประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน จากนั้นจะกล่าวถึงที่เกี่ยวกับการพูด การเปล่งเสียงตามธรรมชาติ เสียงผิดปกติที่สัมพันธ์กับโรคพาร์กินสัน การเรียนรู้ของเครื่อง และการประเมินผล

บทที่ 3 กล่าวถึงการสร้างฐานข้อมูลเสียง โดยอธิบายเงื่อนไขการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การบันทึกเสียง และการเก็บข้อมูล

บทที่ 4 กล่าวถึงการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียงโดยผู้ประเมินซึ่งเป็นนักแก้ไขการพูด โดยนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบการประเมิน กลุ่มเสียงตัวอย่าง ผู้ประเมิน ขั้นตอนการประเมิน และผลการประเมิน

บทที่ 5 นำเสนอระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยเริ่มต้นจากการสกัดสวณะลักษณะ การคัดเลือกสวณะลักษณะแบบต่างๆ วิธีการประเมิน การวัดประสิทธิภาพของระบบ และผลที่ได้จากการประเมิน หลังจากนั้นจะนำผลการประเมินไปเปรียบเทียบกับผลการประเมินด้วยผู้ประเมินในบทที่ 4

บทที่ 6 กล่าวถึงระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ ในบทที่ 5 สำหรับการประเมินระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน ตามเกณฑ์การประเมิน UPDRS โดยบทนี้จะเริ่มต้นถึงที่มาของการวิจัยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบการประเมิน วิธีการประเมินระดับความรุนแรงของโรค และผลการประเมิน

บทที่ 7 ได้กล่าวถึง สรุปรวิทยานิพนธ์ ข้อจำกัด และแนวทางวิจัยในอนาคต



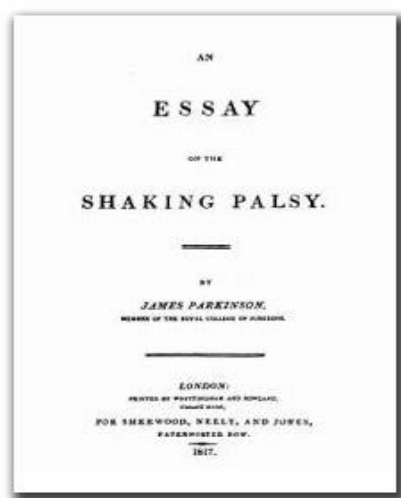
บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรม

ในบทนี้จะเริ่มต้นด้วยการนำเสนอทฤษฎีทางการแพทย์ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคพาร์กินสัน อุบัติการณ์และความชุกของโรคพาร์กินสัน การวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน แบบประเมินลักษณะความรุนแรงทางคลินิกที่นิยมใช้ในโรคพาร์กินสัน รวมถึงความผิดปกติทางการเปลี่ยนแปลงเสียงหรือการพูดของโรคพาร์กินสัน และในตอนท้ายจะอธิบายถึงหลักการคำนวณ ความสามารถในการประเมินกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา รวมถึงการวัดประสิทธิผลของระบบการประเมิน

2.1 ประวัติของโรคพาร์กินสัน

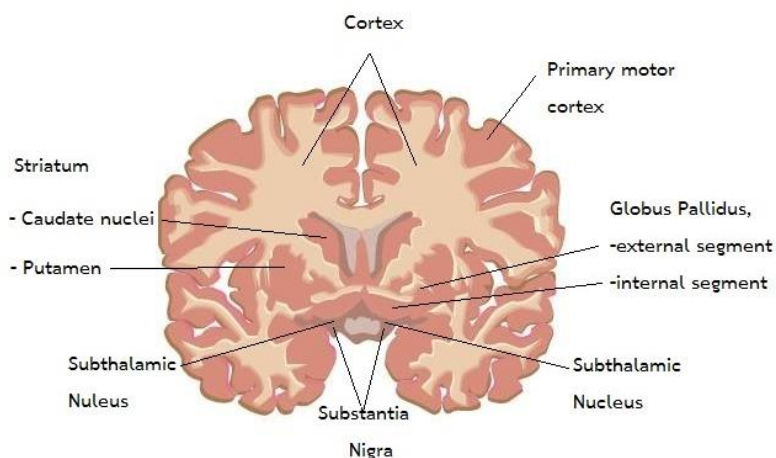
ในอดีตโรคพาร์กินสัน ถูกเรียกอากาว่า “กัมพาวาตา” (Kampavata) เนื่องจากชื่อของมันอยู่ภายใต้ระบบการรักษาของแพทย์อินเดียแผนโบราณ “อายุรเวท (Ayurveda)” (Ovallath และ Deepa, 2013) ซึ่งอาการของโรคนี้ อธิบายได้ตรงกับแพทย์แผนตะวันตก และถูกเรียกว่า “*Shaking Palsy*” โดยแพทย์ชื่อ “Galen” ได้กล่าวไว้ ในปีค.ศ. 175 จนกระทั่งใน ค.ศ. 1817 แพทย์ชาวอังกฤษชื่อ เจมส์ พาร์กินสัน “James Parkinson” ได้อธิบายรายละเอียดทางระบบประสาทต่างๆ ของกลุ่มอาการพาร์กินโซนิซึมซึ่งถูกตีพิมพ์ในหนังสือชื่อ “*An Essay on the Shaking Palsy*” (Parkinson, 2002) (รูปที่ 2.1) หลังจากที่เขาเสียชีวิตได้ 60 ปี นักประสาทวิทยาชาวฝรั่งเศส Jean Martin Charcot ซึ่งเป็นเพื่อนร่วมงานของนายแพทย์พาร์กินสัน ได้ให้การจารึกผลงานที่นายแพทย์พาร์กินสันได้ทำมา และตั้งชื่อว่า “*Maladies De Parkinson or Parkinson’s Disease*” ในปี 1919 ได้มีบทความตีพิมพ์เกี่ยวกับโรคพาร์กินสันว่า ผู้ป่วยจะมีการสูญเสียเซลล์ในบริเวณ substantia nigra ในปี 1957 Carlsson และคณะ ได้พบสารสื่อประสาท ชื่อ โดปามีน (Dopamine) ในบริเวณ Putamen ที่สมอง (Kempster, Hurwitz และ Lees, 2007) หลังจากนั้นในปี 1960 Ehringer และ Hornykiewicz ได้ประกาศว่า ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจะมีปริมาณของโดปามีนที่บริเวณ striatum ลดลง ดังนั้นพวกเขาได้พยายามทำการรักษาต่อ โดยใช้ยาที่เกี่ยวข้องกับ Levodopa เพื่อช่วยในการรักษาโรคพาร์กินสันจนสำเร็จ และหลังจากนั้นพวกเขาก็ได้รับรางวัลโนเบลสาขาการแพทย์ ในปี ค.ศ. 2000 (Hornykiewicz, 2006) และในปัจจุบันนี้โรคพาร์กินสันแท้ รู้จักกันดีในนาม “*Idiopathic Parkinson’s Disease*” (Goberman และ Coelho, 2002)



รูปที่ 2.1 An Essay on The Shaking Palsy (Parkinson, 2002)

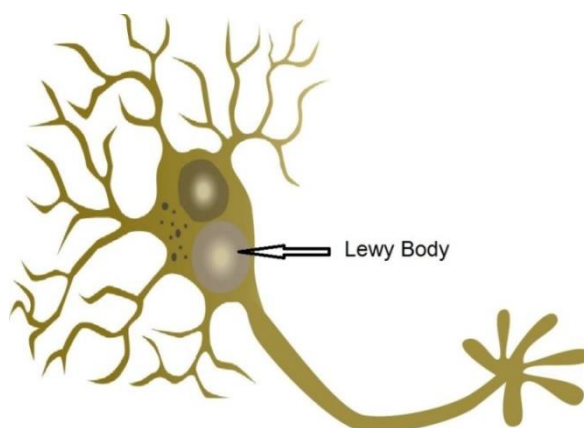
2.2 ประสาทกายวิภาค ของโรคพาร์กินสัน

โรคพาร์กินสันเป็นโรคที่มีสาเหตุมาจากการเสื่อมอย่างช้าๆ ของระบบ dopaminergic nigrostriatal ที่อยู่ในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งมีสาเหตุมาจากจำนวนนิวรอนที่เกี่ยวข้องกับสารโดปามีน (dopaminergic neurons) มีการลดลงเรื่อยๆ โดยทั่วไปในแต่ละคนปกติจะมีการลดลงของจำนวนนิวรอน (neuron) ประมาณ 1,200 – 400,000 นิวรอนและ ในทุกๆ 10 ปี จะพบจำนวนนิวรอนลดลงประมาณ 9 – 13% หากแต่ในผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีปริมาณนิวรอนที่ลดลงมากกว่าในคนปกติ ซึ่งพบสัดส่วนการตายของเซลล์ มีค่าประมาณ 70 – 80% และจะแสดงอาการของโรคพาร์กินสัน (Fearnley และ Lees, 1991; Garie, Church และ Conkling, 2007)



รูปที่ 2.2 Basal Ganglia

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า สารสื่อประสาทโดปามีนถูกผลิตออกมาจากส่วน Striatum ซึ่งประกอบด้วย 1) Caudate nucleus และ Putamen 2) Globus Pallidus ภายในและภายนอก 3) Subthalamic nucleus และไปสิ้นสุดที่บริเวณ Substantia Nigra (Par Compacta and Reticulata) ซึ่งเป็นแกนกลาง (Nuclei) ของ Basal ganglia (Harting, 2006) (ดูรูปที่ 2.2) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ควบคุมการทำงานทั้งแบบเคลื่อนไหว (motor control) และไม่เคลื่อนไหว (non-motor control) โดปามีนจะช่วยส่งเสริมการทำงานของ Thalamic และส่งต่อไปยัง Cortical motor area ซึ่งมีหน้าที่ช่วยในการวางแผนการเคลื่อนไหว เพื่อให้เคลื่อนไหวเป็นปกติ ราบเรียบ สมดุล เป็นต้น หากโดปามีนลดลงจะทำให้การเคลื่อนไหวผิดปกติ (Santens และคณะ, 2003)



รูปที่ 2.3 Lewy Body

จากการตรวจด้วยภาพถ่ายสมองของคนปกติพบว่า Substantia Nigra (SN) นั้น จะมีสีเข้มค่อนข้างดำ จะมีสีจางลงในสมองของผู้ป่วยพาร์กินสัน และมักจะพบก้อนโปรตีน (inclusion) ที่บริเวณไซโทพลาซึม (cytoplasm) ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Lewy body (ดูรูปที่ 2.3) Lewy body ถูกพบมากที่สมองส่วน SN ส่วนโลคัส ซีรูเลียส (Locus coeruleus) ส่วนทาลามัส (Thalamus) และอาจยังพบในเนื้อสมองส่วนหน้า (cerebral cortex) ด้วย แต่ก้อนโปรตีน Lewy body นั้น ยังไม่ได้ถูกชี้ชัดว่า เป็นสาเหตุของการเป็นโรคพาร์กินสัน แต่ Lewy body นั้น ยังสามารถพบในผู้สูงอายุที่ไม่ได้เป็นโรคพาร์กินสันและโรคทางระบบประสาทอื่นๆอีกด้วย (รุ่งโรจน์ พิทยศิริ และคณะ, 2550) แต่ในปัจจุบันการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันนั้นยังคงใช้วิธีการตรวจ Lewy body เป็นเกณฑ์มาตรฐานร่วม ในการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันด้วย (Jankovic, 2008)

2.3 อุบัติการณ์ (Incidence) ความชุก (Prevalence) และ สัดส่วน ของโรคพาร์กินสัน

ในปี ค.ศ. 2005 ประเทศสหรัฐอเมริกามีสถิติผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวนมากกว่า 340,000 คน ซึ่งถูกคาดการณ์ว่าจะเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 610,000 คน ในปี ค.ศ. 2030 (Dorsey และคณะ, 2007) และจะเพิ่มจำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันขึ้นเป็น 8,000,000 คนในทั่วโลก (Sapir, Ramig และ Fox, 2008; United States Census Bureau, 2012) ในทวีปยุโรปประเทศกำลังพัฒนาด้านตะวันออก คาดการณ์ว่าจะเพิ่มจำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันเป็นจำนวน 6.7 ล้านคน - 9.3 ล้านคนในปี 2030 (Dorsey และคณะ, 2007) อุบัติการณ์โรคพาร์กินสันจะพบได้ 100 คน จากประชากรจำนวน 100,000 คน (Sonja และคณะ, 2005) และจากรายงานในประเทศไทยพบว่า มีจำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันแบบคร่าวๆ 95.34 คน ต่อประชากรจำนวน 100,000 คน และอัตราความชุกที่ปรับตามอายุแล้ว (age-adjusted prevalent rate) 424.57 คนต่อประชากรจำนวน 100,000 คน ความชุกของโรคเท่ากับ 126.83 ต่อจำนวนประชากร 100,000 ในชุมชนเมือง และ 90.82 คน ต่อประชากร 100,000 ในชุมชนห่างไกล (Bhidayasiri และคณะ, 2011) ทั้งนี้องค์การอนามัยโรค (World Health Organization) ได้เสนอข้อมูลว่าอุบัติการณ์ของโรคพาร์กินสัน และความชุกของโรคพาร์กินสันในผู้ป่วยที่อายุมากกว่า 65 ปี คือ 49.3 คน และ 70 คน ต่อประชากร 100,000 คน ตามลำดับ (Clinical Key, 2012)

โดยทั่วไปผู้ป่วยพาร์กินสันมักจะมีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป (National Institute of Neurological Disorders and Stroke, 2014) และเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณ 1.6% ในผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป (deRijk และคณะ, 1997; Hoehn, 1992; United States Census Bureau, 2012) และพบว่าผู้ป่วยพาร์กินสันพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง 1.5 % (Wooten และคณะ, 2004)

2.4 ลักษณะเด่นทางการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน (Motor –Symptom)

ผู้ป่วยพาร์กินสัน มักเกิดอาการลักษณะเด่นทางด้านกายภาพ ของการเคลื่อนไหว มี 4 ลักษณะ คือ (Gelb และคณะ, 1999; Jankovic, 2008; Koller และ Montgomery, 1997; Lang และ Lozano, 1998; Poewe, 2006)

2.4.1. การเคลื่อนไหวช้า

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีอาการเคลื่อนไหวช้า ยาก ลำบาก ในขณะเริ่มต้นของการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่พบได้บ่อยและมากที่สุดในผู้ป่วยพาร์กินสัน เพราะเป็นอาการที่เกิดจากความผิดปกติของ Basal ganglia ที่ทำหน้าที่ส่งต่อการวางแผนการควบคุมระบบการเคลื่อนไหว จึงมีผลทำให้เคลื่อนไหวช้าในการทำกิจกรรมต่างๆ รวมถึงปฏิกิริยาการตอบสนองของการเคลื่อนไหวจะช้าลง และมีการลดลงของช่วงการแกว่งแขนขณะก้าวเดินร่วมด้วย (Buck และ Cooper, 1956) ลักษณะเด่นอีกด้านของการเคลื่อนไหวช้าที่เกี่ยวข้องนั้นจะสัมพันธ์กับการแสดงสีหน้าที่ลดต่ำลง (hypomimia) (Giovannoni และคณะ, 1999)

2.4.2. สั่นขณะพัก

ผู้ป่วยพาร์กินสันส่วนใหญ่จะพบอาการสั่นขณะพัก ซึ่งจะเริ่มเกิดขึ้นจากแขน หรือขาข้างใดข้างหนึ่งก่อน และเกิดกับส่วนที่อยู่บริเวณที่ต่ำกว่าหรือไกลจากบริเวณแกนของร่างกาย เช่น บริเวณปลายนิ้วมือ จะเกิดก่อนแขนหรือไหล่ที่อยู่บริเวณส่วนที่เหนือกว่า หรือใกล้บริเวณแกนของร่างกาย เป็นต้น การสั่นจะมีความถี่ประมาณ 4-6 Hz อาการสั่นที่ปลายนิ้วมือ จะมีลักษณะคล้ายการปั้นยา ลูกกลอนเล็กๆ (pill-rolling) หรือมีลักษณะอาการคว่ำมือ หงายมือ เป็นต้น อาจพบเห็นการสั่นเพิ่มเติมที่บริเวณคาง ริมฝีปาก ขากรรไกร ขา ต้นคอ หัว หรือ เสียงพูด ร่วมด้วย เป็นต้น การสั่น

มักจะปรากฏขณะเวลาพัก หรือไม่ได้ตั้งใจทำกิจกรรม และการสั่นนี้จะลดลงและค่อยๆหายไป ในขณะที่ทำกิจกรรมที่ตั้งใจ หรือในขณะที่ผู้ป่วยนอนหลับ

2.4.3. อาการแข็งเกร็ง

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีลักษณะอาการแข็งเกร็ง หรือการเคลื่อนไหวมีลักษณะเหมือนมีแรงต้าน (resistances) ทำให้เคลื่อนไหวยาก จะมีความรู้สึกตึง แน่น ที่บริเวณกล้ามเนื้อ ยากต่อการเคลื่อนไหวทุกทิศทาง ช่วงของการเคลื่อนไหวจะลดลง และจะมาพร้อมกับอาการ “cogwheel” ด้วยความถี่การสั่น 5 – 8 Hz เสมอๆ อาการแข็งเกร็งที่บริเวณส่วนต้นของรยางค์ เช่น คอ ไหล่ และ สะโพก และในส่วนปลายของรยางค์ เช่น ข้อแขน ข้อเท้า เมื่อมีอาการเคลื่อนไหวแบบตั้งใจ มักจะส่งผลทำให้อีกด้านของกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวหรือยุกยิกตามไปด้วย อาการนี้เรียกว่า “Froment” หรือ “Synkinesis” และจะถูกใช้เพื่อเช็คอาการแข็งเกร็งชนิดไม่รุนแรง (Broussolle และคณะ, 2007) ซึ่งอาการแข็งเกร็งนี้ คือหนึ่งในลักษณะเด่นของอาการเริ่มต้น ที่พบได้มากที่สุด ในผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอาการปวดไหล่ และมักพบว่ามีอาการวินิจฉัยโรคผิดเสมอ ด้วยอาการของโรคข้ออักเสบ (arthritis) หรือบาดเจ็บที่บริเวณจุดหมุนของแขน (Jankovic, 2008; Khara, 2012; Riley และคณะ, 1989) อาการแข็งเกร็งนี้จะค่อยๆ หายไปขณะพัก หรือเมื่อรู้สึกผ่อนคลาย และยังพบอาการเหล่านี้ได้อีก ในผู้ป่วยพาร์กินสันระยะรุนแรง

2.4.4. การทรงตัวขาดสมดุล

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีการทรงตัวที่ขาดความสมดุล โดยขาดการสะท้อนกลับ การทรงตัวของร่างกายมักจะเกิดขึ้นในผู้ป่วยพาร์กินสันที่อยู่ในระยะรุนแรง และมักเกิดภายหลังอาการลักษณะเด่นของความผิดปกติอื่นๆ อาการทรงตัวขาดความสมดุลจะมาร่วมกับการเดินแบบแข็งเกร็ง (freezing gait) ซึ่งเป็นอาการสำคัญและสาเหตุหลักของการหกล้มในผู้ป่วยอีกด้วย (Williams, Watt และ Lees, 2006) การทดสอบแบบดึง (pull test) เป็นการทดสอบที่ใช้ในการประเมินการยกตัวขึ้นของผู้ป่วยพาร์กินสัน แพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะดึงไหล่ผู้ป่วยมาด้านหลังและไปด้านหน้าอย่างรวดเร็วมากกว่า 2 รอบ และเช็คระดับของแรงผลักออกไป (propulsion) และแรงดึงกลับมา (re-propulsion) หรือเช็คการตอบสนองในการทรงตัว ปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลกระทบต่ออาการทรงตัวขาดสมดุลในผู้ป่วยพาร์กินสัน คือ อายุ ความหนาแน่นของกระดูกต่ำ (orthostatic hypotension) ความสามารถในการมอง (integrate visual) ระบบการทรงตัวที่เวสติบูล่า (vestibular) และการรับรู้

ประสาทสัมผัสของข้อต่อ (proprioceptive sensory input) หรือการรับรู้การเคลื่อนไหว (kinesthesia) (Kim และคณะ, 2013)

2.5 อาการที่ไม่ได้เกิดจากการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน (non-motor symptom)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีอาการ นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย ที่มักเกิดขึ้นร่วมด้วย แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะใหญ่ๆ (Bhidayasiri, 2010-2011)

2.5.1. อาการทางจิตและประสาท (Neuropsychiatric symptoms)

- ภาวะพุทธิปัญญาบกพร่อง
- ภาวะซึมเศร้า
- ขาดความไม่ยับยั้งชั่งใจ
- ภาวะวิตกกังวล และประสาทหลอน

2.5.2. ปัญหาเรื่องการนอน

- หลับแล้วตื่นเป็นช่วงๆ
- นอนไม่หลับ
- ขาไม่อยู่สุข และกระตุกเป็นช่วงๆ
- ง่วงนอนตอนกลางวัน
- หลับเป็นช่วงๆ ตอนกลางวันโดยไม่มีการเตือน
- ฝันรุนแรง และเห็นภาพหลอน

2.5.3. ปัญหาของระบบประสาทอัตโนมัติ

- ท้องผูก
- กลั้นปัสสาวะไม่อยู่
- เสื่อมสมรรถภาพทางเพศ
- การควบคุมความดันโลหิตเมื่อเปลี่ยนท่า
- เหงื่อออกมากกว่าปกติ
- น้ำลายไหลยืด

2.5.4. อาการอื่นๆ

- อาการปวด
- อาการเหนื่อยง่าย

2.6 เกณฑ์วินิจฉัยโรคพาร์กินสัน

ปัจจุบันเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพาร์กินสันที่ถูกยอมรับด้านคลินิกและงานวิจัย จะใช้เกณฑ์การวินิจฉัยด้วย The United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank (UKPDS-BB) ซึ่งแพทย์เฉพาะทางจะเป็นผู้ทำการวินิจฉัย ผู้ป่วยที่มีกลุ่มอาการพาร์กินโซนิซึม หรือ กลุ่มอาการที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโรคพาร์กินสัน ซึ่งมีสาเหตุต่างๆที่ทำให้เกิดอาการเหล่านั้น อาจถือว่าเป็นอาการเหล่านั้นเป็นโรคพาร์กินสันเทียม ดังนั้นโรคพาร์กินสันแท้จะถูกประเมินด้วยเกณฑ์การวินิจฉัยดังนี้ (Bhidayasiri, 2010-2011; Hughes และคณะ, 1992b)

ขั้นตอนที่ 1 วินิจฉัยกลุ่มอาการพาร์กินโซนิซึม อาการเคลื่อนไหวช้า เป็นอาการหลักที่เกิดขึ้น และจะต้องมีอาการอย่างน้อย 1 ใน 4 อาการเหล่านี้

- อาการแข็งเกร็ง จะเกิดขึ้นเดียวกับข้างที่มีอาการสั่น
- มีอาการสั่นขณะพัก ด้วยความถี่ประมาณ 4-6 Hz มักเกิดกับมือ มากกว่าขา
- การทรงตัวผิดปกติ ซึ่งไม่ได้มีสาเหตุเบื้องต้นมาจากการมองที่มีปัญหา ระบบการทรงตัว ความบกพร่องที่เกิดจากระบบการรับรู้ของข้อต่อ หรือ ระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหว (cerebellar) อาการอาจไม่เด่นชัดในช่วง 2-3 ปีแรก

ขั้นตอนที่ 2 วินิจฉัยโรคอื่นที่ทำให้เกิดมีอาการพาร์กินโซนิซึม

- ได้รับยาทางจิตเวช หรือ ยาต้านโดปามีน
- เคยมีประวัติเป็นโรคทางเส้นเลือดในสมองชนิดซ้ำซ้อน (repeated strokes) และมีความก้าวหน้าของโรคเป็นแบบขั้นบันได
- เคยมีประวัติการได้รับบาดเจ็บทางศีรษะ
- เคยมีประวัติสมองอักเสบ (Encephalitis)
- ญาติในครอบครัวมีอาการ มากกว่าหนึ่งคน

- หายได้เองโดยไม่ได้รับการรักษา
- ไม่ตอบสนองต่อ ยาเลโวโดปา (Levodopa)
- มีอาการติดเกร็งของแขน หรือขา ข้างใดข้างหนึ่งอย่างน้อย 3 ปี
- มีอาการทางระบบประสาทอัตโนมัติ เช่นกรอกตาผิดปกติ อาการผิดปกติจาก ระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหว และอาการอ่อนแรง
- สัมผัสกับสารพิษ
- มีก้อนเนื้อออกหรือช่องน้ำในโพรงกระโหลก ขยายจากรังสีวินิจฉัย

ขั้นตอนที่ 3 ลักษณะเด่นที่สนับสนุนการวินิจฉัยว่าเป็นโรคพาร์กินสัน (ต้องมีอย่างน้อย 3 อาการ หรือมากกว่านั้น เพื่อยืนยันการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน)

- เริ่มต้นอาการจากข้างใดข้างหนึ่ง
- มีอาการสั่นขณะพัก และคงมีอาการอยู่ในปัจจุบัน
- มีการดำเนินของโรครุนแรงเพิ่มมากขึ้น
- ร่างกายไม่สมมาตรกัน และส่งผลมากที่สุดต่อด้านที่เริ่มเป็นในช่วงแรก แม้จะเป็นทั้งสองข้างแล้ว
- ตอบสนองกับยาเลโวโดปา ดีมาก (ประมาณ 70-100%)
- มีอาการยุกยิกรุนแรงที่เป็นผลจากยาเลโวโดปา
- ตอบสนองกับยาเลโวโดปา นานประมาณ 5 ปี
- มีการดำเนินโรคมานานกว่า 10 ปี

2.7 แบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน

2.7.1 การวัดระดับความรุนแรง การเคลื่อนไหวของผู้ป่วยพาร์กินสัน ด้วย 5 ลำดับขั้นของ Hoehn and Yahr

Hoehn and Yahr (H&Y) เป็นระดับการให้คะแนนอย่างเป็นระบบ และใช้กันอย่างแพร่หลายทางคลินิก ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารชื่อ Journal of Neurology ในปี ค.ศ. 1967 โดย Margaret Hoehn และ Melvin Yahr (EPDA, 2014; Hoehn และ Yahr, 1967) เพื่อใช้อธิบายอาการ และการดำเนินของโรคพาร์กินสันว่าเป็นอย่างไร และอะไรคือเกณฑ์ในการแบ่งระดับของโรค

พาร์กินสัน ระยะความรุนแรงของ H&Y จะสัมพันธ์กับกลุ่มอาการเคลื่อนไหวที่บกพร่อง หรือเป็นการประมวลจากภาพใหญ่ของการเคลื่อนไหว

ระดับความรุนแรงโรคพาร์กินสันของ Hoehn and Yarh นั้นถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 5 แต่ต่อมาได้ถูกเปลี่ยนแปลง ระดับความรุนแรงของโรคให้ละเอียดมากขึ้น คือเพิ่มระดับ 1.5 และ 2.5 และถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในวงกว้าง (Bhidayasiri และ Tarsy, 2012; EPDA, 2014)

ระยะที่ 0	เคลื่อนไหวปกติ
ระยะที่ 1	มีอาการเพียงด้านใดด้านหนึ่ง (unilateral)
ระยะที่ 1.5	มีอาการเพียงด้านใดด้านหนึ่ง และมีคาบเกี่ยวกับบริเวณคอ และกระดูกสันหลัง
ระยะที่ 2	มีอาการทั้งสองด้าน (bilateral) แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ทรงตัว
ระยะที่ 2.5	มีอาการทั้งสองด้านเพียงเล็กน้อยเมื่อทำ ‘pull test’ แล้วดึงตัวเองกลับมาให้อยู่ในแนวตรงได้ (การทดสอบด้วย ‘pull test’ คือ แพทย์ยืนด้านหลังผู้ป่วย และบอกให้ผู้ป่วยรักษาการทรงตัวให้มั่นคง เมื่อโดนดึงไปด้านหลัง) **และเริ่มมีการออกเสียงที่ความผิดปกติเด่นชัดขึ้น**
ระยะที่ 3	ร่างกายไม่สมดุล มีความพิการด้านการเคลื่อนไหวเล็กน้อยถึงปานกลาง หรือไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างมีอิสระ
ระยะที่ 4	มีความพิการอย่างรุนแรง แต่ยังสามารถเดินได้เองโดยปราศจากการช่วยเหลือ
ระยะที่ 5	ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ต้องใช้รถเข็น หรือนอนติดเตียง ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือ

2.7.2 แบบประเมินโรคความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน The Unified Parkinson’s Disease Rating Scale (UPDRS)

แบบประเมิน UPDRS นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทางการแพทย์ สำหรับการประเมินความบกพร่อง หรือความพิการของผู้ป่วยพาร์กินสัน จะประกอบด้วย 4 ตอน รวม 42 ข้อหรือรายการประเมิน ตอนที่ I เกี่ยวข้องกับ “จิตใจนิสัย และอารมณ์” (mental, behavior and mood) ตอนที่ II เกี่ยวข้องกับ “กิจวัตรประจำวัน” (activities of daily living) ตอนที่ III เกี่ยวข้องกับ “การเคลื่อนไหว” (motor examination) และตอนที่ IV เกี่ยวข้องกับ “ภาวะแทรกซ้อน”

(complications of therapy) แบบประเมินนี้จะใช้การสัมภาษณ์ และการสังเกตทางคลินิก คะแนนของแบบประเมินที่วัดด้วย UPDRS จะมีคะแนนรวมที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 0 – 199 คะแนน (0 = ปกติ และ 199 = มีความผิดปกติในระดับอย่างมาก) แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้วิจัย มักจะใช้คะแนนที่ได้จากการประเมิน พิจารณาการดำเนินของโรค ในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Goetz และคณะ, 2008; MDS, 2003)

ในบทนี้จะพิจารณาเฉพาะ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 5 6 7 ตอนที่ III ข้อ 18 เนื่องจากลักษณะอาการดังกล่าวมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการออกเสียงพูดหรือเปล่งเสียงที่ผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสัน (ข้อมูลเพิ่มเติม ดูที่ภาคผนวก ก.)

2.7.2.1 UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 5 (speech in activities of daily living)

UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 5 สัมพันธ์กับการออกเสียงพูด หรือการสนทนาของผู้ป่วยพาร์กินสันที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งระดับอาการความรุนแรงของการออกเสียงพูด หรือการสนทนาความหมายคือ

คะแนน 0	หมายถึง ปกติ หรือไม่มีอาการ
คะแนน 1	หมายถึง มีปัญหาเล็กน้อย (mildly affected) หรือไม่มีความยากลำบากต่อการเข้าใจ (no difficulty being understood)
คะแนน 2	หมายถึง มีปัญหาระดับปานกลาง หรือต้องให้พูดใหม่อีกรอบเป็นบางที (sometimes asked to repeat statements)
คะแนน 3	หมายถึง มีปัญหาระดับรุนแรง หรือต้องให้พูดซ้ำอีกรอบ บ่อยครั้ง (frequently asked to repeat statements)
คะแนน 4	หมายถึง ไม่สามารถเข้าใจความเป็นภาษาได้เลย (unintelligible most of time)

2.7.2.2 UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 6 (salivation in activities of daily living)

UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 6 สัมพันธ์กับการสภาวะการหลั่งน้ำลาย ของผู้ป่วยพาร์กินสัน ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งระดับอาการความรุนแรงของสภาวะการหลั่งน้ำลายมีความหมายดังนี้

คะแนน 0	หมายถึง ปกติหรือไม่มีอาการ
คะแนน 1	หมายถึง มีภาวะน้ำลายไหลออกจากปากจำนวนเล็กน้อย อาจมีน้ำลายไหลขณะนอนหลับเวลากลางคืน (night time drooling)
คะแนน 2	หมายถึง มีภาวะน้ำลายไหลออกจากปากจำนวนปานกลาง อาจจะมีน้ำลายไหลเล็กน้อย (minimal drooling)
คะแนน 3	หมายถึง มีภาวะน้ำลายไหล จนสังเกตเห็นได้
คะแนน 4	หมายถึง มีน้ำลายไหลจนสังเกตเห็นได้ และต้องใช้กระดาษทิชชู หรือผ้าเช็ดหน้าซับ

2.7.2.3 UPDRS ตอนที่ II ข้อ 7 (swallowing in activities of daily living)

UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 7 จะสัมพันธ์กับสภาวะการกลืนของผู้ป่วยพาร์กินสันที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ระดับอาการความรุนแรงของสภาวะการกลืนมีความหมายดังนี้

คะแนน 0	หมายถึง ปกติหรือไม่มีอาการ
คะแนน 1	หมายถึง มีปัญหาเพียงเล็กน้อย หรือสาลักน้อยมาก (rare choking)
คะแนน 2	หมายถึง มีปัญหาปานกลาง หรือสาลักบ้างบางครั้ง (occasional choking)
คะแนน 3	หมายถึง ต้องทานอาหารเหลว
คะแนน 4	หมายถึง ต้องใช้สายส่งอาหารทางจมูก (nasogastric tube) หรือ ให้อาหารด้วยการผ่าตัดระบบทางเดินอาหาร (gastrostomy feeding)

2.7.2.4 UPDRS ตอนที่ III ข้อ 18 (speech in motor exam)

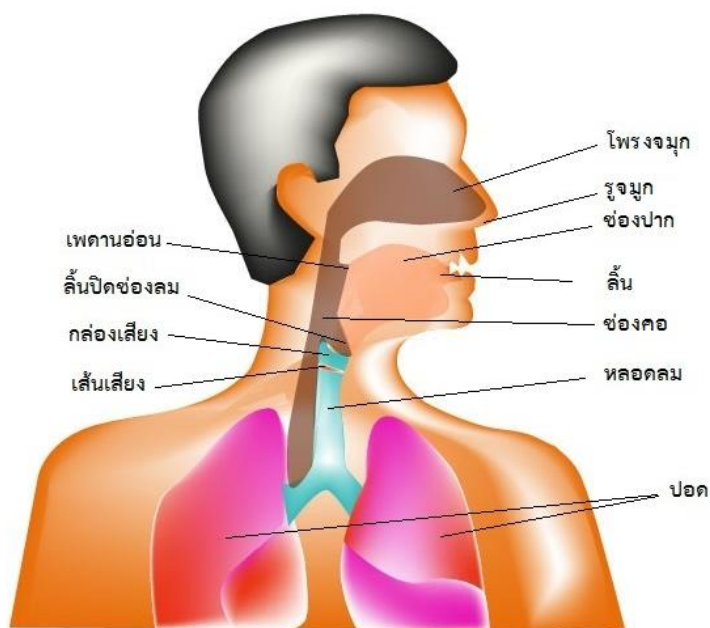
UPDRS ตอนที่ III ข้อที่ 18 จะสัมพันธ์อาการที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวในการพูดหรือเปล่งเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งระดับอาการความรุนแรงของการออกเสียงที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทการเคลื่อนไหวความหมายดังนี้

คะแนน 0	หมายถึง ปกติหรือไม่มีอาการ
คะแนน 1	หมายถึง มีปัญหาเล็กน้อย หรือสูญเสียการแสดงออกในการพูด การพูดติดขัด เสียงเบาเพียงเล็กน้อย
คะแนน 2	หมายถึง มีปัญหาปานกลาง หรือพูดมีโทนเสียงเดียว เสียงพูดไม่ชัดแต่พูดพอเข้าใจได้
คะแนน 3	หมายถึง มีปัญหารุนแรง หรือมีความบกพร่องจนเห็นได้ชัด หรือเข้าใจยาก
คะแนน 4	หมายถึง ไม่สามารถเข้าใจภาษาได้เลย

2.8 ธรรมชาติของการพูดหรือเปล่งเสียง

2.8.1 กายวิภาคของการพูด (anatomy of speech production)

กายวิภาคของการพูด แสดงในรูปที่ 2.4 ประกอบไปด้วยปอด หลอดลม (trachea) กล้องเสียง (larynx) ภายในกล้องเสียงจะมีเส้นกล้ามเนื้อบางๆจำนวนสองเส้น เรียกว่า “เส้นเสียง” (vocal cords) มันสามารถยอมให้อากาศผ่าน เข้าและออกจากปอด เมื่อมีแรงดันลมผ่านไปยังช่องคอ ด้านบนของกล้องเสียงประกอบไปด้วยลิ้นปิดช่องลม (epiglottis) มีลักษณะเป็นกระดูกอ่อน (cartilage) มีขนาดเล็กวางอยู่ที่บริเวณปลายยอดของหลอดลม ช่วยป้องกันไม่ให้อาหารหรือของเหลวตกลงไปใน ท่อทางเดินหายใจ บริเวณด้านบนของกล้องเสียงจะติดกับโพรงหรือช่องปาก (oral cavity) ซึ่งเป็นท่อนำเสียง ซึ่งพื้นที่หน้าตัดประมาณ 20 ตารางเซนติเมตร และมีความยาวประมาณ 17 เซนติเมตรใน ผู้ใหญ่ โดยวัดจากด้านหลังของเส้นเสียงและสิ้นสุดที่ด้านหน้าของริมฝีปาก โพรงจมูก (nasal cavity) เป็นท่อนำเสียงที่มียาวประมาณ 12 เซนติเมตรในผู้ใหญ่ โดยวัดจากเพดานอ่อน (velum) และสิ้นสุด ที่บริเวณด้านหน้าของรูจมูก (nostrils) (Lieberman และคณะ, 1992; Owens, 1993)



รูปที่ 2.4 กายวิภาคของการเปล่งเสียง

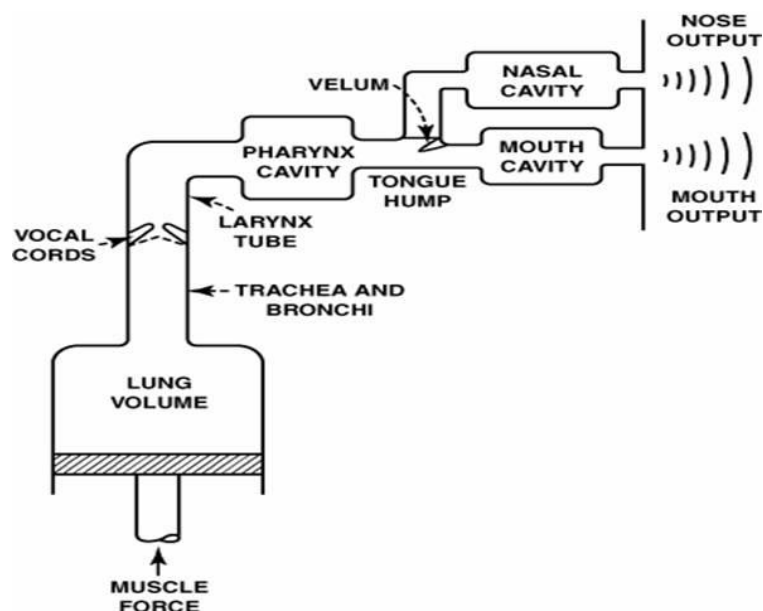
ตารางที่ 2.1 อวัยวะที่มีหน้าที่การแปลงเสียงพูด

อวัยวะ	หน้าที่
ปอด	มีหน้าที่ในการเก็บและปล่อยแรงดันลม เพื่อเข้าสู่กระบวนการแปลงเสียง
หลอดลมหรือท่อลม	มีหน้าที่เป็นทางผ่านของอากาศ เข้าสู่ และ ออกจากปอด
เส้นเสียง	มีหน้าที่ช่วยเป็นตัวปล่อยให้แรงดันลมที่มาจากปอด ผ่านออกไปยังปาก หรือจมูก และลมจากปากกลับไปปอดได้ ซึ่งเส้นเสียงนี้ทำให้เกิดเสียงขึ้น
ช่องคอ	มีหน้าที่ช่วยให้ลมจากปอดผ่านเข้า-ออกไปยังปาก ถัดจากปากลงไปถึงเส้นเสียง
ลิ้นปิดช่องลมหรือ ลิ้นไก่	มีหน้าที่ช่วยในการปิดและเปิดทางเดินช่องลม โดยจะยกตัวขึ้นไปติดกับคอ จะช่วยในเวลาหายใจ และการออกเสียงพูดจากปาก และเมื่อลิ้นไก่อลดตัวลง จะช่วยในการกั้นลมจากปากให้ออกไปจากจมูก ทำให้เกิดเสียงนาสิก
เพดานอ่อน	มีหน้าที่ช่วยการทำงานคู่กับลิ้นไก่ ให้เคลื่อนไหวคล่องและสะดวกขึ้น
ลิ้น	มีหน้าที่ช่วยในการออกเสียง และเป็นอวัยวะที่เคลื่อนไหวมากที่สุดในขณะที่ออกเสียงพูด

2.8.2 กลไกการแปลงเสียง

โดยทั่วไปแล้ว กลไกการแปลงเสียงนั้น (ดูจากรูปที่ 2.5) จะเริ่มต้นจากขณะมีการหายใจเข้า ลมจะเข้ามาสู่ปอดซึ่งจะทำหน้าที่เก็บอากาศไว้ กระตุกซีโครงและกล้ามเนื้อกะบังลม ส่วนล่างจะถูกขยายออก ในขณะที่แปลงเสียง กล้ามเนื้อกระตุกซีโครงจะหดตัว อากาศที่เก็บไว้ในปอด จะถูกปล่อยออกมา เสมือนเป็นแรงดันตามหลอดลมหรือท่อลม ไปที่แหล่งกำเนิดเสียง คือสายเสียง หรือเส้นเสียงจำนวนสองเส้นที่อยู่ในกล่องเสียง โดยทั่วไปแล้วในขณะที่หายใจปกติเส้นเสียงจะเปิด หรือห่างออกจากกัน แต่ขณะที่มีการแปลงเสียงกล้ามเนื้อรอบๆกล่องเสียงจะดึงเส้นเสียงทั้งสองเส้นให้มาชิดติดกันจนตึง ทำให้ปิดทางเดินลมจากปอด เมื่อมีแรงดันลมจากปอดผ่านเส้นเสียงจะทำให้เส้นเสียงที่ตึงมีการสั่นสะเทือน เส้นเสียงจะปิดและเปิดอย่างเป็นจังหวะตามแรงดันลมที่มาจากปอด และส่งมาช่องคอ (การสั่นสะเทือนจะทำให้เส้นเสียงมีการสั่นเป็นรูปคลื่น หากลักษณะของการสั่นของเส้นเสียงมีความถี่สูง เสียงที่ออกมาจะเป็นเสียงแหลม และหากสั่นด้วยความถี่ต่ำ จะเป็นเสียงทุ้ม) จากนั้นลมก็จะถูกกั้นด้วยแผ่นหรือติ่งเนื้อบางๆ เรียกว่าลิ้นไก่ (velum) ซึ่งสามารถเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลงได้ หากเพดานอ่อนเลื่อนขึ้นจะทำให้ปิดกั้นทางเดินอากาศของโพรงจมูก ทิศทางลมจะออกทางปาก จะเป็น

เสียงพูดจากปาก (mouth output) หากเพดานอ่อนเลื่อนลงจะทำให้ปิดกั้นทางเดินอากาศเข้าสู่ปาก จะทำให้ทิศทางของลมขึ้นไปยังโพรงจมูก ทำให้เกิดเสียงนาสิก (nose output) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 แบบจำลองกลไกการเปล่งเสียงของมนุษย์ (Deller, Hansen และ Proakis, 1999)

2.8.3 ประเภทของเสียงพูด

การเกิดเสียงพูดของมนุษย์นั้น หากใช้เส้นเสียงเป็นเกณฑ์ในจำแนก เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ

1. **เสียงก้อง** (voiced sound) คือ เสียงพูดที่เกิดขึ้นในขณะที่เส้นเสียงมีการปิดหรือตึง แรงดันลมจากปอดจะทำให้เส้นเสียงมีการสั่น ก่อให้เกิดสัญญาณเสียงที่มีคาบ โดยคาบของการสั่นของเส้นเสียง 1 รอบ เรียกว่า คาบมูลฐาน (fundamental period : T_0) และอัตราการสั่นเส้นเสียง เรียกว่า ความถี่มูลฐาน (fundamental frequency หรือ ค่า F_0) โดยทั่วไปแล้วค่าความถี่มูลฐานของผู้ใหญ่เพศชาย มีค่าเฉลี่ยประมาณ 120 Hz ในขณะที่เพศหญิงมีช่วงความถี่ประมาณ 200 Hz จนถึงสูงสุดเท่ากับ 500 Hz อัตราการสั่นของเส้นเสียงขึ้นอยู่กับแรงดันอากาศที่ออกจากปอดจะทำให้เกิดความดังที่แตกต่างกัน เสียงก้องที่มีการเปล่งลมขึ้นไปที่ยังจมูกเรียกว่าเสียงนาสิก เช่น /ม/ /น/ และ /ง/ เป็นต้น (Deller และคณะ, 1999)

2. **เสียงไม่ก้อง** (unvoiced sound) คือ เสียงพูดที่เกิดขึ้นในขณะที่เส้นเสียงเปิด ลมจะไหลผ่านช่องทางเดินเสียงหรือหลอดลมแคบๆ เมื่อเส้นเสียงไม่มีการสั่น สัญญาณเสียงจะมีลักษณะที่ไม่เป็นคาบ เช่น เสียง /พ/ /ท/ /ซ/ /ป/ หรือคล้ายเสียงสัญญาณรบกวน เช่น เสียง /ส/

2.9 ความผิดปกติในการพูดหรือการเปล่งเสียงในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

ผู้ป่วยพาร์กินสันประมาณ 90% จะมีการดำเนินของโรค ด้วยปัญหาเรื่องการพูดหรือเปล่งเสียงที่ผิดปกติ โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่า อาการการพูด การเปล่งเสียง หรือภาษาที่ผิดปกติจะเกิดขึ้นก่อนหรือบางครั้งอาจเกิดพร้อมกับอาการอื่นๆ (Berg และคณะ, 2003) ผู้ป่วยพาร์กินสันมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการพูดที่ผิดปกติ เนื่องจากระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวในการออกเสียง (motor speech) และเป็นหนึ่งในอาการที่สำคัญของอาการทั้งหลายที่เกิดขึ้นอีกด้วย (Hanson, Gerratt และ Ward, 1984; Logemann และคณะ, 1978; Perez และคณะ, 1996; Yuceturk และคณะ, 2002)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีลักษณะความผิดปกติในการพูด หรือการเปล่งเสียงที่เรียกว่า (Hypokinetic Dysarthria หรือ HKD) คำว่า Hypokinetic หมายถึงการเคลื่อนไหวที่ลดลง และคำว่า Dysarthria หมายถึงการที่ไม่สามารถควบคุมกล้ามเนื้อการเคลื่อนไหวที่ใช้สำหรับการออกเสียงได้ ดังนั้นคำว่า HKD คือการออกเสียงที่ผิดปกติที่เกิดมาจากการไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการเปล่งเสียงได้ เช่น กล้ามเนื้อใบหน้า และกล้ามเนื้อขากรรไกร (Countryman, 1996-1998) การออกเสียงแบบ HKD นั้นยังส่งผลกระทบต่อระบบหายใจ (respiration) การออกเสียงที่มาจากเส้นเสียง (phonation) การพูดเสียงต่างๆ (resonation) และการออกเสียงพูดที่ชัดเจน (articulation) รวมถึงอาการต่างๆเหล่านี้คือ (Darley, Aronson และ Brown, 1975)

อาการพูดเสียงเบาลง (hypophonia) เป็นอาการที่ควบคุมความดัง-เบาของเสียงได้ยากลำบาก ขณะพูดจะมีอาการเสียงเบาลงไปเรื่อยๆ หรือมีเสียงเบาตั้งแต่เริ่มต้นสนทนา เสียงโทนเดียว (monotone) หรือเสียงดังระดับเดียว (monoloud)

อาการพูดไม่ชัด เป็นอาการพูดเพี้ยน ไม่ชัด มีสาเหตุมาจากกล้ามเนื้อของการออกเสียงพูดมีอาการอ่อนแรง หรือเป็นอัมพาต ซึ่งเกิดจากสมองถูกทำลายหรือมีความผิดปกติ ทำให้เกิดการออกเสียงไม่ชัดเจน (imprecise) การสื่อสารซ้ำ พูดผิดเพี้ยนไป

อาการพูดเสียงสั่น (voice tremor) เป็นความผิดปกติของการออกเสียงจากเส้นเสียงหรือกล้ามเนื้อบริเวณกล่องเสียง คือภาวะที่ผู้ป่วยพาร์กินสันพูดจะมีเสียงสั่นเครือ (roughness) เกิดจาก

ในขณะที่ช่องเปิดสายเสียงบริเวณกล่องเสียง มีการเปิดปิดที่ไม่สมบูรณ์ เส้นเสียง หรือ กล้ามเนื้อกล่องเสียงมีความผิดปกติ อาการเสียงสั่นของเสียงนี้ ในปัจจุบันสามารถวัดได้หลายวิธี สามารถทำได้โดยการพิจารณาจากรูปแบบการสั่นของเส้นเสียง โดยดูได้จากกล้องสโตรโบสโคป (stroboscope) ชนิดกล้องส่องเส้นเสียงแบบอ่อน (fiber optic laryngoscope) หรือการวัดเสียงทดสอบในการพิจารณา ระดับความรุนแรงของการออกเสียงนี้ จะถูกประเมินจากด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญหรือนักแก้ไขการพูด ที่ได้รับการอบรมแล้วด้วยแบบประเมิน Grade of Hoarseness; Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain (GRBAS) คือการประเมินระดับความรุนแรงในภาพรวมเกี่ยวกับคุณภาพของเสียง แหบแห้ง เช่น การพูดมีเสียงติดขัด เสียงลมแทรก เสียงอ่อนแรง และเสียงเค้น (เสียงเกร็ง) ซึ่งในผู้ป่วยพาร์กินสันมักพบอาการเสียงแหบแห้งได้บ่อย ซึ่งอาการทั้งหลายเกิดจากหลายสาเหตุ ดังนี้ (Omori, 2011; Ravary และ Beet, 2012)

- 1) เสียงแหบแห้งพูดติดขัด มีลักษณะการพูดที่ไม่เรียบ ฟังไม่ลื่นหู อาจเกิดจากมีติ่งเนื้อ (vocal cords polyp) การเพิ่มขึ้นของโครโมโซมเส้นเสียง (polypoid vocal cords) หรือมะเร็งเส้นเสียงได้
- 2) เสียงลมแทรก มีลักษณะคล้ายเสียงกระซิบ เกิดขึ้นด้วยเส้นประสาทที่การทำงานผิดปกติ เป็นอัมพาต (recurrent nerve paralysis) เส้นเสียงมีตุ่ม (vocal cords nodule) เส้นเสียงเป็นมะเร็ง หรือเส้นเสียงเหี่ยวลีบ (vocal cords atrophy)
- 3) เสียงอ่อนแรง มีลักษณะพูดอ่อนแรง พูดน้อย และเสียงพูดไม่มีพลัง เกิดจากสภาพทางจิตใจ (psychosomatic aphonia) หรือกล้ามเนื้ออ่อนแรง (myasthenia gravis)
- 4) เสียงเค้น มีลักษณะพูดไม่ชัดเพราะสายเสียงตึงหรือแข็งเกร็ง (spasmodic voice disorder) เกิดจากความผิดปกติของการหดเกร็งของกล้ามเนื้อลำคอ หรือเป็นมะเร็ง เป็นต้น ความผิดปกติจากการออกเสียงนั้น มักมีสาเหตุเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทที่ควบคุมกล้ามเนื้อการเคลื่อนไหวการออกเสียง และกล้ามเนื้อที่ช่วยในการออกเสียง

2.9.1 ระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง

ระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง แบ่งตามโครงสร้างหน้าที่ หรือการทำงานที่เกี่ยวข้อง (Kent, 2004)

- **กล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับข้อต่อ** (joint-related muscle) เช่น กล้ามเนื้อขากรรไกร (masseter muscle) และกล้ามเนื้อช่วยในการกัด-ยึดขากรรไกร ช่วยในการอ้าปาก และช่วยในการกลืนอาหาร (digastric muscle) หากมีอาการบกพร่องจะทำให้เกิดภาวะสำลักอาหารได้ (swallowing)

- **กล้ามเนื้อหูรูด** (sphincteric muscle) คือ กล้ามเนื้อบริเวณรอบๆปาก (orbicularis muscle) กล้ามเนื้อช่วยในการหดตัวของคอหอย (constrictor muscle) และกล้ามเนื้อเพดานและคอหอย (velopharynx muscle) จะช่วยในการเปล่งเสียงพูด หากมีความบกพร่องในส่วนนี้ การควบคุมการออกเสียงพูด เช่น การเปลี่ยนแปลงความดัง-เบาผิดปกติ (hypoprosodia) หรือ เสียงแบบโทนเดียว (monopitch) ไม่มีทำนองของเสียง (monotonous speech) (Kosowski และคณะ, 2012) จะเกิดขึ้นได้ ซึ่งอาการพูดแบบไม่มีทำนองของเสียงมักเกิดขึ้นในผู้ป่วยพาร์กินสัน (Sapir และคณะ, 2008) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดภาวะการกลืนบกพร่องด้วย (Johnston และคณะ, 1995)

- **กล้ามเนื้อภายในลิ้น** (tongue muscle) เนื่องจากการเคลื่อนไหวของลิ้นในลักษณะต่างๆ ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดเล็กๆ ในลิ้น มันจะเป็นการช่วยปรับรูปแบบการออกเสียง หากลิ้นมีพยาธิสภาพที่จากระบบประสาทส่วนกลาง จะทำให้ลิ้นเป็นอ่อนแรง (fatigue) อัมพาต (paralysis) หรือ เคลื่อนไหวน้อยลง (loss of movement) อาจเกิดภาวะแข็งเกร็งได้ ในผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีภาวะแข็งเกร็ง ส่งผลกระทบต่อกล้ามเนื้อที่บริเวณปาก ลิ้น จะทำให้เกิดลิ้นสั้น ลิ้นเกร็ง ลดการเคลื่อนไหวของลิ้น หากเกิดปัญหาร่วมกับระบบการหายใจ จะทำให้ผู้ป่วยมีภาวะการกลืนลำบาก (Robbins, Logemann และ Kirshner, 1986) และภาวะน้ำลายไหล (drooling) เนื่องจากการเคลื่อนไหวของลิ้นที่ลดลง หรือลิ้นที่ผิดปกติ (Kalf และคณะ, 2011; Meningaud และคณะ, 2006)

- **กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการสำเนาะที่ หรือลิ้นเปิด-ปิดของทางผ่านช่องลม** (airway-valving) ซึ่งอยู่ในกล่องเสียง (laryngeal) หากเส้นประสาทหรือกล้ามเนื้อบริเวณนี้เสียไปจะทำให้เส้นเสียงเกิดการห่อหุ้ม หรือเสื่อมลง (atrophy) อาจเป็นเพียงเส้นเดียว (unilateral) หรือสองเส้น (bilateral) ก็ได้ ผลกระทบที่ตามมาทำให้เกิดผู้ป่วยพาร์กินสันมีการพูดไม่เป็นภาษา คือ เกิดจาก

ภาวะเสียงแหบแห้ง (Feierabend และ Shahram, 2009) หรือเสียงมีลมแทรก (breath voice or speech respiration) มีเสียงสั้น (Moore, Ding และ Stewart, 2000; Perez และคณะ, 1996) คือ ความดังของระดับเสียงมีค่าที่ไม่สม่ำเสมอ เปลี่ยนแปลงไปมาขณะพูดหรือเปล่งเสียง การพูดด้วยเสียงที่เบาลง (hypophonia or hypophonic) (Lombard และ Steinhauer, 2007) หรือขณะที่พูดเกิดเสียงหายไปอย่างไม่เหมาะสม (inappropriate silences) ระหว่างคำ หรือประโยคยาวๆ (Daley และคณะ, 1969b)

- **กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจ** (respiratory muscle) หรือกล้ามเนื้อที่ช่วยทำให้ปอดพองขึ้น (inflate) และ ยุบลง (deflate) หากผู้ป่วยพาร์กินสันมีอาการบกพร่องของกล้ามเนื้อช่วยหายใจ จะทำให้เกิดการสำลักอาหารได้ ภาวะการสำลักอาหารพบได้บ่อยในผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งพบมากในผู้ป่วยพาร์กินสันระยะกลางถึงรุนแรง (H&Y 2 ขึ้นไป) (Troche และคณะ, 2011)

2.9.2 การออกเสียงที่ผิดปกติแบ่งตามสาเหตุอื่นๆ

การออกเสียงที่ผิดปกติ ที่แบ่งตามสาเหตุอื่นๆ (เบญจมาศ พระธานี, 2014)

- **เสียงผิดปกติที่ไม่มีพยาธิสภาพของกล่องเสียง (functional voice disorder)** เป็นการใช้น้ำเสียงผิดวิธี (vocal abuse) เช่น การเกร็งกล้ามเนื้อในการพูด หรือใช้กล้ามเนื้อผิดวิธี เช่น การพูดเสียงแหบ การตะโกน การใช้น้ำเสียงเป็นเวลานานๆ

- **เสียงผิดปกติที่เกิดจากปัญหาอารมณ์ จิตใจ นิสัย (emotional, psychogenic, behavior voice disorder)** เช่น การบาดเจ็บทางกายภาพ การรู้สึกเสียใจ หดหู่ หมกมุ่น เครียด เกี่ยวกับพยาธิสภาพของตน หรือ สิ่งรอบข้าง ทำให้เสียงเกิดความผิดปกติได้ หรือเกิดภาวะติดอ่าง (stuttering) เช่น พูดคำ หรือ พยางค์ซ้ำๆ (repetition speech) หรือเป็นการลากเสียง เป็นต้น (Breitenstein และคณะ, 2001; Pell และ Leonard, 2003)

- **ที่มาจากระบบประสาทที่มาเลี้ยงสายเสียง** เช่น การเป็นอัมพาตของเส้นประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อต่างๆที่ช่วยในการออกเสียง การหดเกร็งของสายเสียงจนพูดไม่ได้ (spasmodic dysphonia) เสียงสั้นควบคุมไม่ได้ หรือการผ่าตัดเอาต่อมไทรอยด์ออก (thyroidectomy)

- **เสียงผิดปกติที่มาจากความไม่สมดุลของฮอร์โมน** เป็นความไม่สมดุลของฮอร์โมน มากหรือน้อยเกินไป เช่น ฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์มีน้อยเกินไปจะทำให้สายเสียงมีอาการ

บวม หนัก มีความยืดหยุ่นน้อย จึงทำให้ผู้ป่วยใช้เสียงมากขึ้น ทำให้มีเสียงห้าว เสียงลมแทรก และแหบแห้ง

2.10 ลักษณะทางสวณะศาสตร์ของเสียง (acoustic features) ที่สัมพันธ์กับผู้ป่วยพาร์กินสัน

ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 90% จะมีการออกเสียงที่ผิดปกติ บกพร่อง และมีลักษณะเด่นเฉพาะของการออกเสียง เช่น มีเสียงที่เบาลง เสียงติดขัด เสียงสั้น เสียงแหบแห้ง เป็นต้น สวณะลักษณะต่างๆ ที่สัมพันธ์กับความผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสันโดยรวมได้แก่

2.10.1 ค่าเฉลี่ยของความถี่มูลฐาน (MFO : Hz)

ค่าเฉลี่ยของความถี่มูลฐาน (mean of fundamental frequency) คือ ค่าเฉลี่ยความถี่มูลฐานของสัญญาณเสียงจากเสียงตัวอย่างที่ต้องการวัด mFO สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$mFO^{(i)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{T0^{(i)}} \quad (2.1)$$

เมื่อ $T0^{(i)}$ = คาบพิทช์ของคลื่นลูกที่ i

i = 1, 2, ..., N

N = จำนวนคาบพิทช์ทั้งหมด

2.10.2 จิตเตอร์ เปอร์เซนต์ (Jitt : %)

จิตเตอร์ เปอร์เซนต์ (jitter percent) คือ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของคาบพิทช์ซึ่งสัมพันธ์กับการสั่นของเส้นเสียงและความถี่มูลฐานโดยเทียบเป็นเปอร์เซนต์ ถ้าเส้นเสียงสั่นผิดปกติ Jitter จะมีค่ามาก ตัวอย่างของเส้นเสียงสั่นผิดปกติ เช่น เสียงแหบแห้ง จิตเตอร์สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$Jitt = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |T0^{(i)} - T0^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T0^{(i)}} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ $TO^{(i)}$ = คาบพิทช์ของคลื่นลูกที่ i
 N = จำนวนคาบพิทช์ทั้งหมด

2.10.3 ซิมเมอร์ เปอร์เซนต์ (Shim : %)

ซิมเมอร์ เปอร์เซนต์ (shimmer percent) คือค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูด (amplitude) แต่ละลูกคลื่นที่อยู่ติดกัน โดยเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซนต์ ใช้วัดความดังที่ไม่คงที่ของเสียงที่ผิดปกติ (voice perturbation) สามารถวัดเสียงแหบแห้ง และเสียงลมแทรก เป็นต้น (Iwata และ Leden, 1970; KayPENTAX, 2008) shim (%) สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$Shim = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |A^{(i)} - A^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A^{(i)}} \times 100 \quad (2.3)$$

เมื่อ $A^{(i)}$ = แอมพลิจูดลูกสัญญาณเสียงที่ i
 N = จำนวนลูกคลื่นทั้งหมด

2.10.4 สัดส่วนระหว่างสัญญาณเสียงรบกวนต่อสัญญาณเสียงพูดปกติ (NHR)

NHR (noise-to-harmonic ratio) คือสัดส่วนระหว่างพลังงานสเปกตรัมไม่ฮาร์โมนิก (inharmonic spectral energy) ต่อ พลังงานสเปกตรัมฮาร์โมนิก (harmonic spectral energy) ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ 70-4200 Hz NHR จะใช้วัดระดับการออกเสียงที่แหบแห้ง การเพิ่มขึ้นของค่า NHR หมายถึงมีการเพิ่มขึ้นของเสียงรบกวน ส่งผลให้สัญญาณเสียงมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อค่า NHR เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับระดับของเสียงแหบแห้งที่มากขึ้น (Llorente และคณะ, 2010; Yumoto, Gould และ Baer, 1982) NHR สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$NHR = \frac{\text{inhamonic spectral energy}}{\text{hamonic spectral energy}} \quad (2.4)$$

2.10.5 ความยาวของเสียงตัวอย่าง (Tsam : s)

ความยาวของเสียงตัวอย่าง คือ ความยาวของเสียงตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (KayPENTAX, 2008) บางตำราจะใช้คำว่า maximum phonation time นิยมใช้ในการวัดระยะเวลาในการออกเสียงที่มากที่สุดของผู้ป่วยในการออกเสียงยาวแบบคงที่ (sustained phonation) มักใช้เสียงคู่กับการออกเสียงอา /อา/ ซึ่งจะเริ่มวัดค่าตั้งแต่เริ่มออกเสียงพูดไปจนเสียงหยุด (Kurtz และ Cielo, 2010; Maslan และคณะ, 2011a; Sachin และคณะ, 2008; Sewall, Jiang และ Ford, 2006) ในทางคลินิกจะใช้วัดประสิทธิภาพกลไกการออกเสียง เพื่อดูการทำงานหรือความบกพร่องของกล่องเสียงในทางอ้อม (Arnold, 1955, 1958; Maslan และคณะ, 2011b)

2.10.6 ผลหารของการรบกวนคาบพิทซ์ที่ราบเรียบ (sPPQ : %)

ผลหารของการรบกวนของคาบพิทซ์ที่ราบเรียบ (smooth pitch period perturbation quotient) คือ การประเมินความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของคาบพิทซ์ โดยสามารถปรับค่า SF (smoothing factor) ได้ โดย SF ที่นิยมใช้เท่ากับ 55 (Iwata และ Leden, 1970; KayPENTAX, 2008) sPPQ (55) เมื่อพิจารณาพร้อมกับสวณะลักษณะ $vF0$ สามารถใช้ประเมินอาการเสียงแหบแห้ง และเสียงลมแทรกได้ (Deliyski, Orlikoff และ Kahane, 1991a; KayPENTAX, 2008) sPPQ สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$sPPQ = \frac{\frac{1}{N - sf + 1} \sum_{i=1}^{N-sf+1} \left| \frac{1}{sf} \sum_{r=0}^{sf-1} T0^{(i+r)} - T0^{(i+m)} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T0^{(i)}} \times 100 \quad (2.5)$$

- เมื่อ : $T0^{(i)}$, = คาบพิทซ์ของคลื่นลูกที่ i
 N = จำนวนคาบของพิทซ์ทั้งหมด
 sf = ค่า smoothing factor
 m = $\text{int}(sf/2)$

2.10.7 สัมประสิทธิ์การแปรผันของความถี่มูลฐาน (vF0 : %)

สัมประสิทธิ์การแปรผันของความถี่มูลฐาน (coefficient of fundamental frequency variation : vF0) คือ สัดส่วนค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความถี่มูลฐาน ต่อค่าเฉลี่ยความถี่มูลฐาน โดยไม่คำนวณรวมเสียงเงียบ (KayPENTAX, 2008) เมื่อใช้ค่าสวนะลักษณะ vF0 ร่วมกับสวนะลักษณะ sPPQ ที่ค่า SF สูงๆ เช่น SF=55 จะสามารถใช้ในการประเมินการสั่นของเสียงได้ (Deliyski, Orlikoff และ Kahane, 1991b; Iwata และ Leden, 1970) vF0 สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$vF0 = \frac{\sigma}{F0} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F0^{(j)} - F0^{(i)} \right)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F0^{(i)}} \times 100 \quad (2.6)$$

เมื่อ : $F0^{(i)} = \frac{1}{T0^{(i)}}$

$T0^{(i)}$ = คาบพิทช์ของคลื่นลูกที่ i

N = จำนวนคาบพิทช์ทั้งหมด

2.10.8 ผลหารของการรบกวนค่าแอมพลิจูดที่ราบเรียบ (sAPQ : %)

ผลหารของการรบกวนค่าแอมพลิจูดที่ราบเรียบ (smooth amplitude perturbation quotient) คือการประเมินความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมพลิจูด (variability of amplitude) โดยสามารถปรับค่า SF ได้ โดย SF ที่นิยมใช้เท่ากับ 55 (Iwata และ Leden, 1970; KayPENTAX, 2008) sPPQ (55) เมื่อพิจารณาพร้อมกับสวนะลักษณะ vAm สามารถใช้ประเมินการสั่นของแอมพลิจูดของเสียงได้ (amplitude voice tremors) ซึ่งสามารถบอกเป็นนัยถึงความผิดปกติของการออกเสียง เช่น เสียงแหบแห้งหรือเสียงลมแทรกได้ และการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงตั้ง-เบา (Deliyski และคณะ, 1991a; KayPENTAX, 2008) sAPQ สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$sAPQ = \frac{\frac{1}{N - sf + 1} \sum_{i=1}^{N-sf+1} \left| \frac{1}{sf} \sum_{r=0}^{sf-1} A^{(i+r)} - A^{i+m} \right|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A^{(i)}} \times 100 \quad (2.7)$$

- เมื่อ $A^{(i)}$ = แอมพลิจูดลูกสัญญาณเสียงที่ i
 N = จำนวนแอมพลิจูดที่ถูกใช้ในการวิเคราะห์
 sf = ค่า smoothing factor
 m = $\text{int}(sf/2)$

2.10.9 สัมประสิทธิ์การแปรผันของแอมพลิจูด (vAm : %)

สัมประสิทธิ์การแปรผันของแอมพลิจูด (coefficient of amplitude variation : vAm) คือสัดส่วนค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแอมพลิจูดต่อค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูด โดยไม่คำนวนรวมเสียงเงียบ และค่า vAm อาจเพิ่มขึ้น โดยไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมพลิจูดด้วย (KayPENTAX, 2008) เมื่อใช้ค่าลักษณะเด่น vAm ร่วมกับสวนะลักษณ์ sAPQ ที่ค่า SF สูงสามารถใช้ในการประเมินการสั้นของแอมพลิจูดของเสียงได้และ ใช้วัดเสียงแหบแห้ง เสียงลมแทรก ความตึง-เบาที่ผิดปกติได้ (Deliyski และคณะ, 1991b) vAM นิยามได้ดังสมการ

$$vAm = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A^{(j)} - A^{(i)} \right)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A^{(i)}} \times 100 \quad (2.8)$$

- เมื่อ : $A^{(i)}$ = แอมพลิจูดลูกสัญญาณเสียงที่ i
 N = จำนวนของแอมพลิจูดทั้งหมด

2.10.10 ดัชนีวัดความเบาของเสียง (SPI)

ดัชนีวัดความเบาของเสียง (soft phonation index) คือ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของพลังงานฮาร์โมนิกความถี่ต่ำในช่วง 70-1550 Hz เทียบกับพลังงานฮาร์โมนิกความถี่สูงในช่วง 1600-4200 Hz (KayPENTAX, 2008) ค่า SPI จะวัดต่อโครงสร้างของการออกเสียงสระ /อา/ เนื่องจากเป็นเสียงสระจะมีค่าพลังงานในช่วงความถี่สูง ที่ต่ำกว่าปกติ จึงทำให้ค่า SPI เพิ่มขึ้น (Perez และคณะ,

1996; Stelzig และคณะ, 1999) การเพิ่มขึ้นของค่า SPI แสดงถึงเส้นเสียงปิดได้ไม่สนิท ไม่สมบูรณ์ หรือหลวม ซึ่งจะทำให้เสียงที่ออกมาสั้นเบาลง ดังนั้นค่า SPI จึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดเส้นเสียงว่าปิดได้แน่นหรือสมบูรณ์เพียงใด ขณะที่ทำการออกเสียงแบบคงที่ยาวๆ SPI สามารถนิยามได้ดังสมการ

$$SPI = \frac{\text{lower-frequency harmonic energy}}{\text{higher-frequency harmonic energy in the range}} \quad (2.9)$$

2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหารูปแบบ และความสัมพันธ์ซับซ้อนที่อยู่ในข้อมูล (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546) โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ (computer learning theory) และการรู้จำแบบอย่าง (pattern recognition) หลักการทำงานของเครื่องเรียนรู้ของเครื่อง คือ “การสำรวจ หรือการเรียนรู้” (exploring or learning) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่สามารถใช้ในการทำนาย หรือตัดสินใจ บนข้อมูลใหม่ที่ป้อนเข้ามาได้ (Bishop, 2006) การเรียนรู้ของเครื่องนั้นเป็นที่นิยมกันใช้กันอย่างกว้างขวางในหลายวงการวิจัย เช่น ทาง การแพทย์ คอมพิวเตอร์ การบิน พยากรณ์อากาศ เศรษฐกิจ มลพิษ ภูมิประเทศ อาชญากรรม และอื่นๆ เป็นต้น

คำว่า “การเรียนรู้” ในขอบเขตการเรียนรู้ของเครื่องนั้น ประกอบขึ้นจากสามส่วนหลัก คือ 1) การเป็นตัวแทน (representation) 2) การประเมินฟังก์ชัน (function evaluation) และ 3) การหาค่าเหมาะสมที่สุด (optimization) ซึ่งการเป็นตัวแทน หมายถึง การคัดเลือกกลุ่มข้อมูลนำเข้า (input data) เพื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม และตัวแบ่ง จะแบ่งในอาณาเขตพื้นที่ของสมมติฐาน ให้เหมาะสมเพื่อเตรียมนำเสนอข้อมูล รวมถึงการคำนวณลักษณะเด่นที่เหมาะสมเป็นตัวแทนในการศึกษา ส่วนการประเมินฟังก์ชัน เป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการวินิจฉัยว่า ดีหรือไม่ ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่อยู่ภายในการเรียนรู้ของเครื่องจะใช้แสดงผลการทำนายออกมา และส่วนสุดท้าย คือ การหาค่าเหมาะสมที่สุด เพื่อช่วยคัดแยกข้อมูลที่ดีที่สุด จากการประมวลผลที่ได้ค่าความแม่นยำสูงสุดออกมา และยังช่วยพิจารณาคัดเลือกผลของการวินิจฉัย ในกรณีที่มีการประเมินมีค่าที่เหมาะสมมากกว่าหนึ่งค่าอีกด้วย (Domingos, 2012)

การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) แบ่งได้สองประเภท (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2548)

การเรียนรู้เชิงอุปนัย (induction learning) หมายถึง การเรียนรู้ที่มีกฎเกณฑ์ หรือความรู้แฝงอยู่ในกลุ่มเรียนรู้ หรือกลุ่มตัวอย่างสอน เราจะเรียกว่า Training example set ถูกนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ความรู้สิ่งใหม่ๆ ที่คล้ายกันกับกลุ่มเรียนรู้หรือกลุ่มตัวอย่างสอน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วการเรียนรู้ของเครื่องจะเป็นการเรียนรู้เชิงอุปนัย

การเรียนรู้เชิงวิเคราะห์ (analytical learning) เป็นการจัดรูปแบบของความรู้ใหม่ เพื่อการทำงานได้ประสิทธิภาพสูง

2.12 ซัพพอร์ต เวกเตอร์ แมชชีน (Support Vector Machine: SVM)

ซัพพอร์ต เวกเตอร์ แมชชีน คือเทคนิคการเรียนรู้เชิงสถิติ ที่คิดค้นด้วย Vapnik ใช้เพื่อการเรียนรู้การแยกกลุ่มของข้อมูลออกจากกันด้วยระยะห่างที่มากที่สุด โดยการสร้างระนาบหลายมิติ และลดความเสี่ยงเชิงโครงสร้างให้ต่ำที่สุด (structural risk minimization: SRM) ซึ่ง SVM สามารถนำไปใช้ตัดแยกข้อมูลที่มีลักษณะเชิงเส้นและปัญหาที่ไม่ใช่ลักษณะเชิงเส้นได้ (Vapnik, 1998)

SVM ถูกนิยมนำมาใช้กันมากในหลายวงการ เช่น ด้านธุรกิจ ด้านสายการบิน ด้านการสำรวจผังเมือง ด้านเศรษฐกิจ ด้านตลาดหุ้น ด้านการพยากรณ์อากาศ ด้านการวินิจฉัยโรค และอื่นๆ เพราะให้ความแม่นยำสูง

หลักแนวคิดพื้นฐานของ SVM มี 3 หลักการ (ณรงค์ บุญศิริสัมพันธ์, 2003)

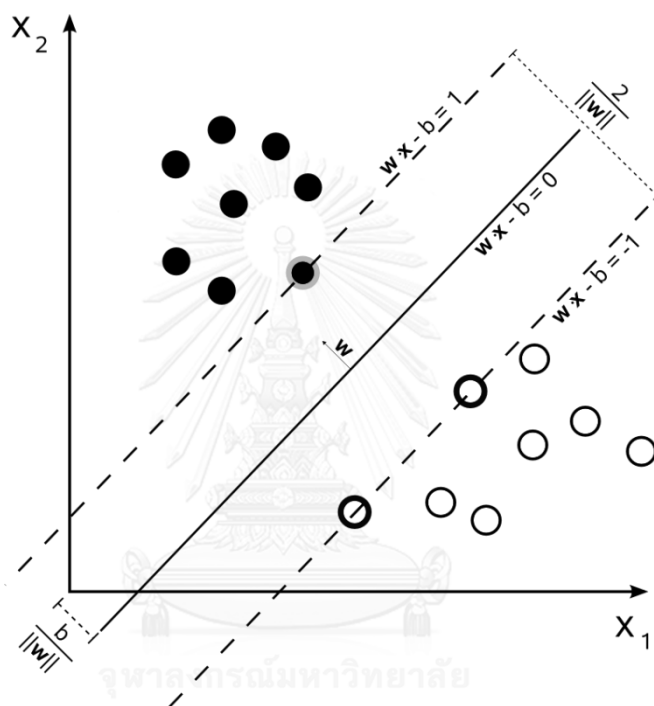
1) การลดความเสี่ยงทางโครงสร้างให้น้อยที่สุด เพื่อพิจารณาหาขอบเขตความเสี่ยง หรือโอกาสของความผิดพลาดที่เกิดจากการเรียนรู้ และหาฟังก์ชันเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

2) ปริภูมิที่แสดงลักษณะสำคัญ เมื่อใช้ร่วมกับเคอร์เนล (feature space and kernel) คือ เป็นการแมป (map) ข้อมูลจากปริภูมินำเข้า (input space) เพื่อสร้างฟังก์ชันการตัดสินใจ ข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น ให้เป็นข้อมูลแบบเชิงเส้น กับข้อมูลปริภูมินำเข้า การแบ่งจึงยืดหยุ่นสูง

3) ระนาบแบบหลายมิติสำหรับการตัดแยกเพื่อให้ผลออกมาดีที่สุด (optimal margin hyperplane) โดยจะทำการหาระนาบที่มีระยะห่างมากที่สุด สำหรับการแบ่งข้อมูลออกจากกัน

ซัพพอร์ต เวกเตอร์ แมชชีน แบบเชิงเส้น (linear SVM)

SVM จะพยายามหาไฮเปอร์เพลน (hyperplane) ที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลของสองกลุ่มให้ห่างกันมากที่สุด (maximum margin) ข้อมูลที่ตำแหน่งขอบระยะจะเรียกว่า ซัพพอร์ต เวกเตอร์ ซึ่งระยะขอบจะพยายามกันไม่ให้ข้อมูลเกินเข้ามา ในระยะขอบทั้งสอง และซัพพอร์ตเวกเตอร์นี้จะถูกใช้เป็นตัวแทนแต่ละกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การแบ่งข้อมูลออกเป็นสองระดับ ด้วย SVM (Wikipedia, 2016)

ค่าไฮเปอร์เพลนจะถูกกำหนดเป็น (\bar{w}, b) ข้อมูลตัวอย่าง (support vector) จะอยู่ที่ขอบ margin และ \bar{w} เป็นเวกเตอร์น้ำหนัก ตั้งฉากกับไฮเปอร์เพลน b เป็นค่า bias มีหน้าที่กำหนดตำแหน่งของเวกเตอร์ ที่สัมพันธ์กันกับตำแหน่งเดิมในอณาเขตนำเข้า (input space) แสดงดังรูป 2.6 จะใช้สมการคือ

$$f(x) = [(\bar{w} \cdot \bar{x}) + b] \geq +1 \quad (2.10)$$

กลุ่มข้อมูล $d = \{\bar{x}_i, y_i\}$ และ $i = 1, 2, \dots, \ell$ ให้ ℓ คือจำนวนข้อมูล

ขณะที่ $\bar{x}_i = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ เป็นข้อมูลนำเข้า เมื่อ n คือ ข้อมูลลำดับที่ n

และ $y = \{+1, -1\}$ เมื่อ $f(x) > 0$ จะทำให้ $y_i = +1$ ถ้า $f(x) < 0$ จะทำให้ $y_i = -1$ เขียนแทนสมการได้คือ

$$y_i(\bar{w}^t \cdot \bar{x}) + b - 1 \geq 0; \forall i$$

สมการคำนวณน้ำหนักของ \bar{w} คือ

$$\bar{w} = \sum_{i=1}^{\ell} (\alpha_i^* - \alpha_i) \bar{x}_i \quad (2.11)$$

แต่ข้อมูลไม่สามารถแยกได้ทั้งหมด ต้องเพิ่มตัวแปรในการยอมรับค่าผิดพลาด ดังนั้นสมการจะเป็น

$$\left. \begin{aligned} & (\bar{w}^t \cdot \bar{x}) + b - 1 + \xi; y_i = +1 \\ \text{และ} & \\ & (\bar{w}^t \cdot \bar{x}) + b - 1 + \xi^*; y_i = -1 \text{ เมื่อ } \xi_i > 0 \end{aligned} \right\} (2.12)$$

ดังนั้น SVM จะมี 2 ส่วนหลัก คือ การเพิ่ม และการลด ระยะแยกแยะมากที่สุด ดังนั้นจะลดข้อผิดพลาดให้ต่ำที่สุด คือ

$$\text{minimize}_{\bar{w}, b, \xi} \frac{1}{2} \|\bar{w}\|^2 + c \sum_{i=1}^{\ell} (\xi_i + \xi_i^*)$$

โดยที่ C เป็นค่าตัวแปรที่สามารถกำหนดได้เพื่อปรับความสมดุลของการตัดแยก และให้ความสำคัญกับค่าผิดพลาดให้น้อยที่สุด โดยทั่วไป ค่า C จะมากกว่า 1 จากนั้นแก้ปัญหาแบบเซตคู่ (dual set) ด้วยฟังก์ชันลากรางจ์ (Lagrangian) และค่า ξ และ ξ_i^* (slack) เป็นค่าความคาดเคลื่อนของข้อมูลที่อยู่นอกเหนือจากขอบระนาบทั้งสองขอบบน ขอบล่างตามลำดับ จะทำให้ได้สมการสุดท้าย เป็นสมการการตัดแยก ด้วยอัลกอริทึม SVM แบบเชิงเส้น คือ

$$f(x) = \text{sgn} \left(\sum_{i=1}^{\ell} \alpha_i y_i (\bar{x}_i \cdot \bar{x}) + b \right) \quad (2.13)$$

หรือใช้ร่วมกับสมการ เคอร์เนลคือ $K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j)$
 สมการ SVM แบบเส้นตรงที่ใช้ร่วมกับเคอร์เนล คือ

$$f(x) = \left(\sum_{j=1}^{\ell} \omega_j \alpha_j K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}) + b \right) \quad (2.14)$$

ข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear data) หรือเวกเตอร์เรียนรู้ (training vector) SVM จะทำการปรับระดับปริภูมิด้วยการแมป ด้วยฟังก์ชันในการแมป $\Phi: \mathcal{R}^n \mapsto H$ เมื่อปริภูมิของ H มีค่าอันดับสูงกว่าปริภูมิ n ให้เข้าไปยังอณาเขต (input space) อีกมิติหนึ่งที่สูงขึ้น (higher dimensional space หรือ feature space) จากนั้นจะทำคั่นหาระนาบปริภูมิที่สามารถแบ่งแยกได้ดีที่สุดในปริภูมิอันดับสูงที่เทียบเท่าการแบ่งแบบเส้นตรง และเปลี่ยนข้อมูลเป็นแบบเส้นตรง (linear form) ที่อณาเขตเอาต์พุต (output space) เนื่องจากปริภูมิอันดับสูง H จะคำนวณค่าออกมาค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นจึงจะใช้สมการเคอร์เนลคือ $K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) = \langle \Phi(\bar{x}_i) \cdot \Phi(\bar{x}_j) \rangle$ แทนที่ $\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j$ ในการคำนวณ ในปริภูมินำเข้าเพื่อความสะดวกในการคำนวณ โดยไม่จำเป็นต้องทราบฟังก์ชันแมป Φ

สมการของ SVM ที่นิยมใช้ร่วมกับฟังก์ชันเคอร์เนล (kernel) คือ (Gordon, 2004)

1) Polynomial $K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) = (\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j)^d \quad (2.15)$

2) Radial Basis Function (RBF) $K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) = \exp \left\| -\frac{\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j}{2\sigma^2} \right\|^2 \quad (2.16)$

3) Hyperbolic Tangent (Sigmoid) Kernels $K(\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) = \tanh(k\bar{x}_i \cdot \bar{x}_j) - \delta \quad (2.17)$

2.13 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องใช้ การตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้จำนวน k โฟลด์ (กลุ่ม) (k - fold cross validation) (Mitchell, 1997) ซึ่งเป็นเทคนิคเพื่อใช้ในการประมาณค่าความสามารถการวัดความแม่นยำของระบบการประเมิน ด้วยเหตุผลที่ว่าทุกตัวอย่างข้อมูลสามารถเป็นได้ทั้งชุดข้อมูลฝึก (training data) และข้อมูลทดสอบ (testing data) เริ่มต้นด้วยการแบ่งข้อมูลในลักษณะของการสุ่มออกเป็นจำนวน k กลุ่ม จากนั้นใช้ข้อมูลจาก 1 กลุ่ม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลทดสอบ และกลุ่มที่เหลือจะถูกรวมเป็นข้อมูลฝึก ทำวนไปเรื่อยๆจนครบ k รอบ และหาค่าเฉลี่ยของผลการประเมิน

ตัวอย่างเช่น ในการตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ 10 โฟลด์ ข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นจำนวน 10 กลุ่ม ซึ่งจะเป็นการทดสอบในลักษณะวนไปจนครบ 10 รอบ รอบที่ 1 จะเป็นการดึงข้อมูลในกลุ่มที่ 1 เพื่อเป็นข้อมูลทดสอบ และ กลุ่มที่เหลือ คือ กลุ่มที่ 2 ถึง กลุ่มที่ 10 จะรวมเป็นข้อมูลฝึก จากนั้นในรอบที่ 2 จะเป็นการดึงข้อมูลกลุ่มที่ 2 ออกมาเพื่อใช้เป็นข้อมูลทดสอบ และข้อมูลในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 ไปจนถึงกลุ่มที่ 10 จะรวมเป็นข้อมูลฝึก ทำไปเรื่อยๆ จนครบรอบที่ 10 ซึ่งหมายความว่า ในรอบที่ 10 ข้อมูลในกลุ่มที่ 10 จะถูกนำมาเป็นชุดทดสอบ และกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 9 จะเป็นกลุ่มที่จะรวมเป็นข้อมูลฝึก และนำผลที่ได้จากทดสอบในแต่ละรอบมาหาค่าเฉลี่ย

2.14 การวัดประสิทธิผลที่ได้รับจากการประเมิน

2.14.1 ตารางการประเมินโรค (Evaluation table หรือ Diagnosis table)

เป็นตารางที่บรรจุข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่แท้จริง (actual conditions) และผลที่ได้จากการประเมิน (testing outcome) หรือผลจากการทำนาย ซึ่งผลการประเมินจะแสดงออกเป็น 4 แบบคือ 1) true positive (TP) 2) true negative (TN) 3) false positive (FP) และ 4) false negative (FN) แสดงดังตารางที่ 2.2 (Kohavi และ Provost, 1998)

2.14.1.1. True Positive (TP) คือ “ผลบวกจริง” หมายถึง จำนวนของการประเมินหรือทำนายผลเป็นบวก ซึ่งสภาพที่แท้จริงแล้วเป็นบวกหรือมีพยาธิสภาพ

2.14.1.2. True Negative (TN) คือ “ผลลบจริง” หมายถึง จำนวนของการประเมินหรือทำนายผลเป็นลบ ซึ่งสภาพที่แท้จริงก็เป็นลบหรือมีสภาพปกติ

2.14.1.3. False Positive (FP) คือ “ผลบวกหลง” หมายถึง จำนวนของการประเมินหรือทำนายผลเป็นบวก ซึ่งสภาพที่แท้จริงเป็นลบหรือมีสภาพปกติ

2.14.1.4. False Negative (FN) คือ “ผลลบหลง” หมายถึง จำนวนเลขของการประเมินหรือทำนายผลเป็นลบ ซึ่งสภาพที่แท้จริงเป็นบวกหรือมีพยาธิสภาพ

ตารางที่ 2.2 ค่าการประเมินโรค

	ผลการประเมินเป็นบวก (outcome positive)	ผลการประเมินเป็นลบ (outcome negative)
สภาพที่แท้จริงเป็นบวก (condition positive)	TP	FN
สภาพที่แท้จริงเป็นลบ (condition Negative)	FP	TN

2.14.2 ค่าความแม่นยำ (detection accuracy)

ค่าความแม่นยำ คือ เปอร์เซ็นต์ของการประเมิน หรือทำนาย จำนวนสภาพแท้จริงเป็นบวก (โรคพาร์กินสัน) และสภาพแท้จริงเป็นลบ (คนปกติ) ได้อย่างถูกต้อง (correctly predicted data) เทียบกับจำนวนการประเมินผลทั้งหมด (total of result number of testing data)

$$\text{ค่าความแม่นยำ} = \frac{\text{จำนวนของการประเมินที่ถูกต้อง (TP+TN)}}{\text{จำนวนการประเมินผลทั้งหมด (TP +TN +FP+FN)}} \quad (2.18)$$

2.14.3 ค่าความไว (sensitivity หรือ true positive rate)

ค่าความไว คือ สัดส่วน จำนวนผลการประเมินเป็นบวก (positive outcome) ต่อจำนวนสภาพแท้จริงเป็นบวก (positive condition) (Carneiro, 2011) หรือ หมายความว่า โอกาสที่ผู้เป็นโรคจะตรวจได้ผลบวก อาจเรียกว่า “ผลบวกจริง” ในการตรวจคัดกรอง หรือประเมินผู้ป่วย ค่าความไว ควรจะมีค่าสูงๆ เพื่อช่วยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

$$\text{ค่าความไว} = \frac{\text{จำนวนค่า “ผลบวกจริง” (TP)}}{\text{จำนวนค่า “ผลบวกจริง” (TP) + จำนวนค่า “ผลลบจริง” (FN)}} \quad (2.19)$$

2.14.4 ความจำเพาะในการประเมินโรค (specificity หรือ true negative rate)

ความจำเพาะในการประเมินโรค คือ สัดส่วน จำนวนผลการประเมินเป็นลบ (negative outcome) ต่อจำนวนสภาพแท้จริงเป็นลบ (negative condition) (Carneiro, 2011) หรือ โอกาสที่ผู้ไม่เป็นโรคจะตรวจให้ผลลบ อาจเรียกว่า “ผลลบจริง” ในการตรวจคัดกรอง หรือ ประเมินคนปกติ ค่าความไว ควรจะมีค่าสูงๆ เพื่อช่วยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

$$\text{ความจำเพาะ} = \frac{\text{จำนวนค่า “ผลลบจริง” (TN)}}{\text{จำนวนค่า “ผลลบจริง” (TN) + จำนวนค่า “ผลบวกหลง” (FP)}} \quad (2.20)$$

2.14.5 ค่าการทำนาย (predictive value)

ค่าการทำนาย คือ ค่าการทำนายผลของผลที่จะเกิดขึ้น ตามการประเมินที่ได้

ค่าการทำนายเป็นบวก (positive predictive value) คือค่าที่แสดงถึงโอกาส จำนวนผลการประเมินเป็นบวก และป่วยเป็นโรคจริงเท่าใด

$$\text{ค่าการทำนายเป็นบวก (PPV)} = \frac{\text{TP (ผลบวกจริง)}}{\text{TP (ผลบวกจริง) + FP (ผลบวกหลง)}} \quad (2.21)$$

ค่าการทำนายเป็นลบ (negative predictive value) คือ ค่าที่แสดงถึงโอกาส จำนวนผลการประเมินเป็นลบ และเป็นคนปกติจริงเท่าใด

$$\text{ค่าการทำนายเป็นลบ (NPV)} = \frac{\text{TN (ผลลบจริง)}}{\text{TN (ผลลบจริง) + FN (ผลลบหลง)}} \quad (2.22)$$

บทที่ 3

ฐานข้อมูลเสียง

ฐานข้อมูลเสียงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการวิจัยนี้ ในปัจจุบันยังไม่มีฐานข้อมูลเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นคนไทย ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างฐานข้อมูลเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นคนไทย โดยการออกแบบฐานข้อมูลนั้น ต้องใช้ความละเอียดอ่อน รอบคอบ รัดกุม และให้คุ้มค่าที่สุด เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลเสียงที่มีปริมาณมากเพียงพอและมีความถูกต้องน่าเชื่อถือสูงสุด อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกเสียงต้องมีมาตรฐานทางด้านงานวิจัย กลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องผ่านเกณฑ์ในการคัดเลือกที่กำหนดไว้ จึงจะสามารถเป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ได้

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันและกลุ่มคนปกติ กระบวนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังแผนภูมิที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1.1 กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน

- ผู้ป่วยพาร์กินสันจะต้องมีอายุ 50 ปีขึ้นไป
- ต้องถูกวินิจฉัยเป็นโรคพาร์กินสันแท้เท่านั้น ด้วยเกณฑ์การวินิจฉัยของแบบประเมิน United Kingdom Parkinson's Disease Societies Brain Bank (UKPDS-BB) (Gelb และคณะ, 1999; Hughes และคณะ, 1992a) (ดูหัวข้อ 2.6) ด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จากศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย
- ต้องได้รับการประเมินระดับความรุนแรงของโรคด้วยแบบประเมิน Hoehn and Yahr (Hoehn และ Yahr, 1967) (ดูหัวข้อ 2.7.1) ในทุกระดับความรุนแรง คือระดับ 1-5 ด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จากศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

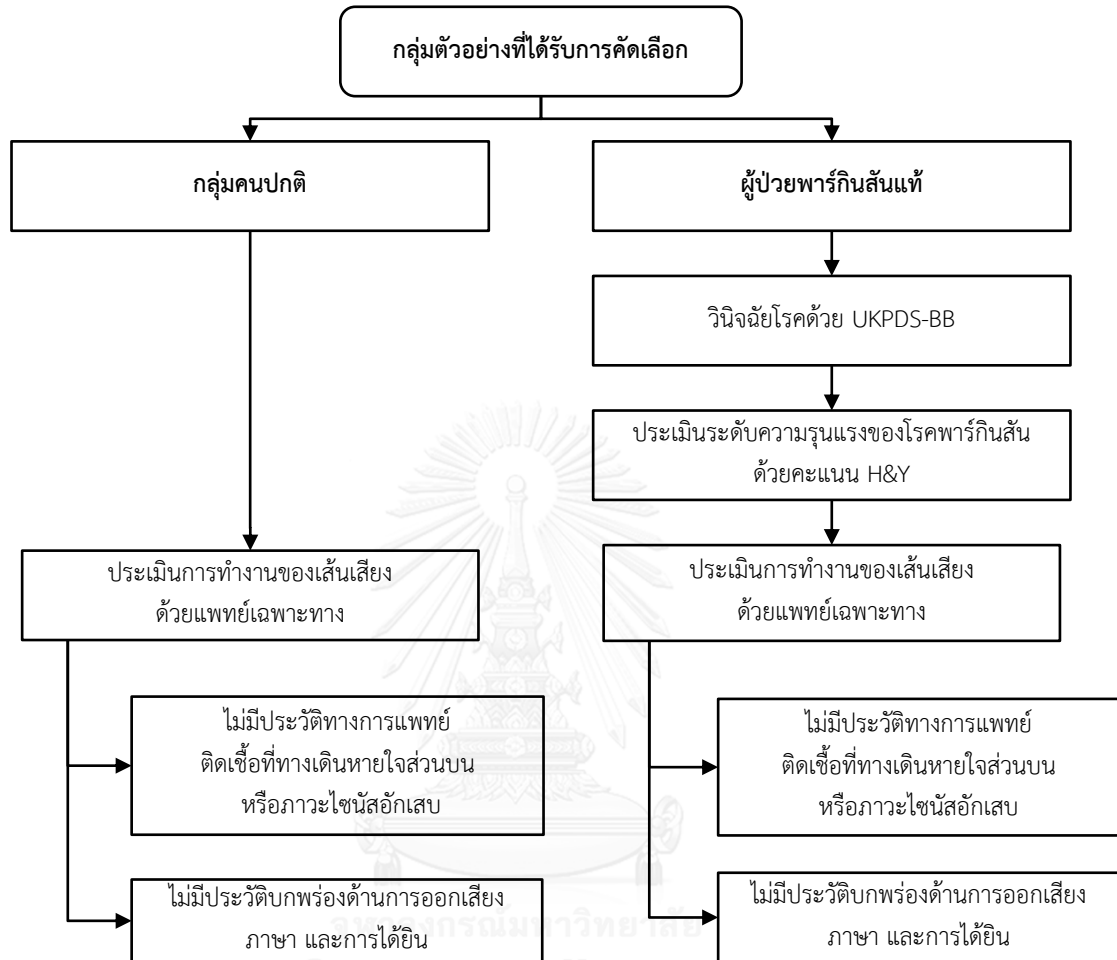
- หากมีการรักษาทางยา ขณะดำเนินการวิจัยจะต้องอยู่ในช่วงยาไม่ได้ออกฤทธิ์ (off-time duration)
- ไม่มีประวัติทางการแพทย์การติดเชื้อทางเดินหายใจตอนบน หรือภาวะไซนัสอักเสบ
- ได้รับการตรวจในช่องปาก ด้วยเครื่องมือตรวจในช่องปากของผู้ป่วย (ดูรูปที่ 3.1) และกล้องสโตรโบสโคป (stroboscope) ชนิดกล้องส่องเส้นเสียงแบบอ่อน (fiber optic laryngoscope) ซึ่งมีลักษณะเป็นสายยาว อ่อนๆ ขนาดเล็กประมาณ 0.5 ซม. และมีกล้องส่องติดอยู่ที่ปลายสาย (ดูรูปที่ 3.2) ซึ่งเชื่อมต่อด้วยอุปกรณ์ประมวลผล และแสดงผลออกทางจอโทรทัศน์ (ดูรูปที่ 3.3) ตรวจด้วยแพทย์เฉพาะทาง หรือ แพทย์กล้องเสียง (Laryngologist) (ดูรูปที่ 3.4) ที่แผนกโสตศอนาสิก คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สภากาชาดไทย เพื่อตรวจการทำงานของเส้นเสียงในกล่องเสียง
- ไม่มีความบกพร่องด้านการพูดหรือการสื่อสารมาก่อน สามารถอ่านหรือพูดภาษาไทยได้
- ต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในเอกสารการวิจัย และได้รับค่าตอบแทนในการเข้าร่วมโครงการศึกษาครั้งนี้

3.1.1.2 กลุ่มคนปกติ (หรือกลุ่มควบคุม)

- กลุ่มคนปกติจะต้องมีอายุ 50 ปีขึ้นไป
- ไม่มีประวัติทางการแพทย์การติดเชื้อทางเดินหายใจตอนบน และภาวะไซนัสอักเสบ
- ได้รับการตรวจในช่องปาก ด้วยกระบวนการเดียวกับกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน
- ไม่มีความบกพร่องด้านการพูดหรือการสื่อสารมาก่อน
- ต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในเอกสารการวิจัย และได้รับค่าตอบแทนในการเข้าร่วมโครงการศึกษาครั้งนี้

กลุ่มตัวอย่างทุกคนในการศึกษาครั้งนี้ จะต้องได้รับการพิจารณาเห็นชอบและอนุมัติด้วยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (Human Subjects Committee of the Institute

Review Broad : IRB) คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
(ดูภาคผนวก จ.)



แผนภูมิที่ 3.1 กระบวนการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 3.1 เครื่องมือตรวจในช่องปาก



รูปที่ 3.2 กล้องส่องเส้นเสียงแบบอ่อน



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ประมวลผลและจอโทรทัศน์แสดงผล



รูปที่ 3.4 การส่งกล้อง Laryngoscope ด้วยแพทย์เฉพาะทาง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือก มีจำนวน 102 คน ซึ่งเป็นผู้ป่วยพาร์กินสันแท้จำนวน 59 คน ประกอบด้วย เพศชาย (Parkinson's disease male : PDM) จำนวน 30 คน และเพศหญิง (Parkinson's disease female : PDF) จำนวน 29 คน กลุ่มคนปกติ (normal control : NC) จำนวน 43 คน ประกอบด้วย เพศชาย (normal control male : NCM) จำนวน 19 คน และเพศหญิง (normal control female : NCF) จำนวน 24 คน (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ข.1-ข.3)

เมื่อพิจารณาแยกตามกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันและกลุ่มคนปกติ ดังตารางที่ 3.1 พบว่า ผู้ป่วยพาร์กินสันทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 67.29 ± 7.49 ปี ระยะเวลาเฉลี่ยในการเป็นโรคพาร์กินสัน เท่ากับ 6.79 ± 4.65 ปี และระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสันที่ประเมินด้วย H&Y เท่ากับ 2.45 ± 0.93 โดยผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 67.52 ± 7.95 ปี ระยะเวลาเฉลี่ยในการเป็นโรคพาร์กินสัน เท่ากับ 7.41 ± 4.26 ปี และระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสันที่ประเมินด้วย H&Y เท่ากับ 2.60 ± 0.97 และผู้ป่วยพาร์กินสันเพศชายมีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 67.07 ± 7.00 ปี ระยะเวลาเฉลี่ยในการเป็นโรคพาร์กินสันเท่ากับ 6.33 ± 5.00 ปี และระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสันที่ประเมินด้วย H&Y เท่ากับ 2.35 ± 0.92 ในขณะที่กลุ่มคนปกติ มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 59.63 ± 6.89 ปี ซึ่งเพศหญิงมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 59.58 ± 7.26 ปี และเพศชายมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 59.68 ± 6.58 ปี (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ข.1-ข.3)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

รายการ	PD			NC		
	PDF	PDM	รวม	NCF	NCM	รวม
อายุเฉลี่ย (ปี)	67.52	67.07	67.29	59.58	59.68	59.63
± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 7.95	± 7.00	± 7.49	± 7.26	± 6.58	± 6.89
ระยะเวลาของการเป็นโรค (ปี)	7.41	6.33	6.79			
± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 4.26	± 5.00	± 4.65			
H&Y	2.60	2.35	2.45			
± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	± 0.97	± 0.92	± 0.93			

หมายเหตุ PD = กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน, NC = กลุ่มคนปกติ, PDF = กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง, PDM = กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันเพศชาย, NCF = กลุ่มคนปกติเพศหญิง, NCM = กลุ่มคนปกติเพศชาย

กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันทุกคน ถูกประเมินความรุนแรงของโรคด้วยเกณฑ์การวินิจฉัย ด้วยแบบประเมินด้วย H&Y จากแพทย์เฉพาะทาง จำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันแยกตามระดับความรุนแรง แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนผู้ป่วยพาร์กินสันแยกตามระดับความรุนแรงที่ประเมินด้วย H&Y Scale

ความรุนแรงที่ประเมินตาม H&Y	จำนวน (คน)
1	10
2	15
2.5	12
3	12
4	10
5	0
รวม	59

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน คือ อายุ ระยะเวลาการดำเนินของโรค ระดับความรุนแรงของโรค (H&Y) และคะแนนการประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อ 5 6 7 และตอนที่ III ข้อ 18 (ดูเพิ่มเติมได้ใน ภาคผนวก ข. 1- ข. 2)

3.2 เสียงที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เสียง /อา/ ซึ่งเป็นการออกเสียงยาวแบบคงที่ (sustained phonation) ใช้เพื่อวัดเสียง ที่เกิดจากการสั่นของเส้นเสียงโดยตรง การออกเสียงยาวแบบคงที่ ที่สมบูรณ์นั้น ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญคือ (Bailey, Johnson และ Newlands, 2006)

- 3.2.1. เส้นเสียงจะต้องมีรูปร่างสมบูรณ์
- 3.2.2. เส้นเสียงจะต้องมีประสิทธิภาพดีขณะทำการหายใจ
- 3.2.3. เส้นเสียงจะต้องมีสภาพยืดหยุ่นที่มากพอดีกับขนาดของแรงสั่น
- 3.2.4. เส้นเสียงจะต้องสามารถปรับระดับความยาวและความตึงที่เหมาะสมได้ ขณะพูดแบบตั้งใจ
- 3.2.5. รูปร่างของเส้นเสียงจะต้องเหมาะสมกับลักษณะของการสั่นที่แตกต่างกัน

3.3 การเก็บข้อมูล

3.3.1 อุปกรณ์บันทึกเสียง

3.3.1.1 ลำโพงหูฟังสำหรับผู้วิจัย

ลำโพงหูฟังสำหรับผู้วิจัย ยี่ห้อ Superlux รุ่น HD-660 เป็นชนิดไดนามิก มีระดับความดันเสียง (speech pressure level : SPL) เท่ากับ 98 dB สามารถตอบสนองกับความถี่เสียงตั้งแต่ 10 – 30,000 Hz

3.3.1.2 ไมโครโฟนสำหรับภาคศีรษะของกลุ่มตัวอย่าง

ไมโครโฟนภาคศีรษะกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ยี่ห้อ Shure รุ่น SM 2 เป็นชนิดไดนามิก ที่สามารถปรับระดับขึ้นและลงได้ถึง 155° สามารถตอบสนองกับความถี่ ตั้งแต่ 50 ถึง 15000 Hz ที่ระดับพูดใกล้ไมโครโฟนประมาณ 8 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทาน ประมาณ 2,000 Ω มีค่าความไว เท่ากับ -47.0 dBV/Pa

3.3.1.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อออดิโอ

ตัวเชื่อมต่อออดิโอ (audio interface) คือ ตัวแปลงสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อก (analog) เป็น สัญญาณดิจิทัล (digital) ในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวเชื่อมต่อออดิโอของบริษัท PreSonus Audio Electronic รุ่น AUDIOBOX USB โดยมีคุณสมบัติ แปลงสัญญาณแบบแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (analog to digital converter หรือ ADC) และแปลงสัญญาณแบบดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (digital to analog convertor หรือ DAC) อยู่ช่วง dynamic range เท่ากับ 105 dB 24 bit มีค่า sample frequency เท่ากับ 44.1 kHz และ 48.0 kHz

3.3.1.4 คอมพิวเตอร์

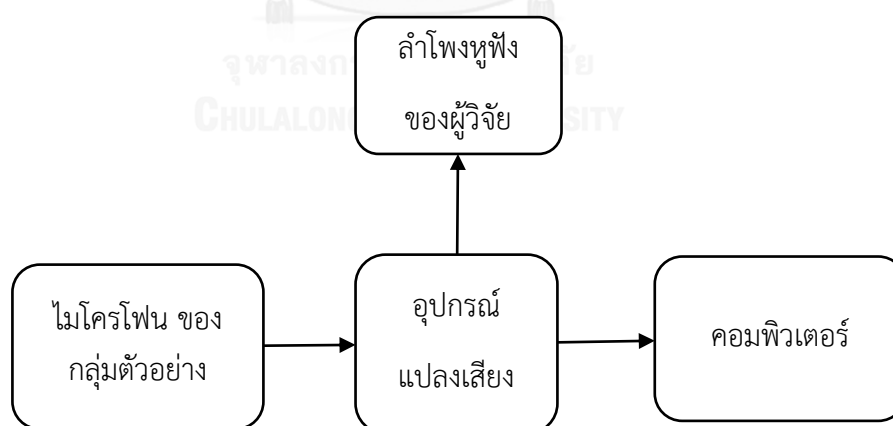
คอมพิวเตอร์กระเป๋าทันที ยี่ห้อเลนโนโว รุ่น T60 โดยใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7

3.3.1.5 โปรแกรมบันทึกเสียง

งานวิจัยนี้ได้เลือกโปรแกรม Adobe Audition CS6 ของบริษัท Adobe Systems Incorporated (Adobe Systems Incorporated, 2013) ในการบันทึกเสียงกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ถูกใช้ในงานวิจัยทางคลินิกด้านสวนะศาสตร์เป็นจำนวนมาก (Bernstein และ Trahiotis, 2008; Chasin และ Russo, 2004; Freyman, Griffin และ Oxenham, 2012) และเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย

3.3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเสียงตัวอย่าง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการเก็บเสียงตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 3.5 โดยเริ่มต้นจาก ไมโครโฟนที่ใช้ในการบันทึกเสียงของกลุ่มตัวอย่าง เชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์แปลงเสียง เพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อก ให้เป็นสัญญาณเสียงแบบดิจิทัล จากนั้นตัวอุปกรณ์แปลงเสียง ถูกเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อีกสองตัวคือ 1) ลำโพงหูฟังของผู้วิจัย เพื่อให้ผู้บันทึกเสียง ได้ยินเสียงที่บันทึก ในขณะที่ทำการบันทึกเสียง และ 2) คอมพิวเตอร์ พร้อมด้วยโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกเสียงสำหรับการบันทึกเสียง

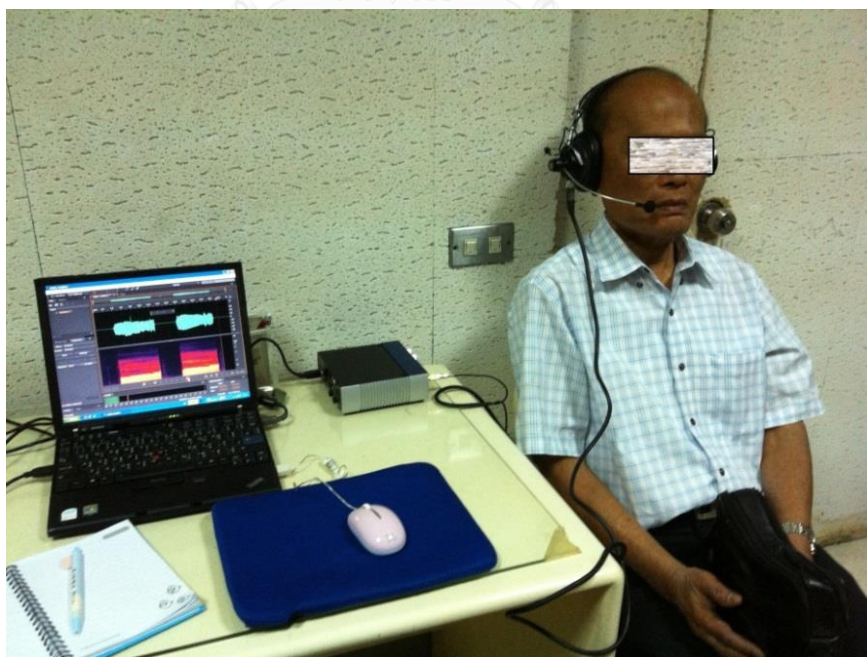


รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเสียงตัวอย่าง

3.3.3 การบันทึกเสียง

การบันทึกเสียงจะทำในห้องกันเสียงรบกวน (soundproof room) กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับคำชี้แจงและการสาธิตการบันทึกเสียง โดยให้ออกเสียง /อา/ ยาวๆ แบบคงที่ในหนึ่งลมหายใจ โดยจะต้องพยายามรักษาระดับโทนเสียงขณะที่ทำการเปล่งเสียงออกมาในหนึ่งลมหายใจ เพื่อแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเส้นเสียง (Gillivan-Murphy และ Miller, 2011) จะทำการบันทึกเสียง /อา/ 5 ครั้ง

ในการบันทึกเสียงในแต่ละครั้ง กลุ่มตัวอย่างจะต้องรู้สึกสบาย ไม่เกร็ง นั่งเก้าอี้ด้วยท่าทางที่เป็นธรรมชาติ พร้อมทั้งออกเสียงดังในระดับปกติตามธรรมชาติของแต่ละบุคคล การจัดลักษณะสิ่งแวดล้อมในการบันทึกเสียง แสดงดังรูปที่ 3.6 หลังการบันทึกเสียงแต่ละครั้งจะให้กลุ่มตัวอย่างพัก ในขณะที่พักเพื่อเริ่มการบันทึกเสียงครั้งต่อไป กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการแนะนำในการบันทึกเสียงครั้งต่อไป และเริ่มบันทึกเสียงต่อไปเมื่อหายเหนื่อย ทำเช่นนี้จนครบจำนวน 5 ครั้ง



รูปที่ 3.6 การจัดลักษณะสิ่งแวดล้อมการบันทึกเสียงในกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

การประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง

จากคำถามว่า การฟังเสียงด้วยมนุษย์สามารถประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันได้หรือไม่ ในบทนี้ ผู้วิจัยได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการฟังเสียงพูด โดยกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การออกแบบการประเมิน ผลการประเมิน และการสรุปผล

4.1. จุดประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน จากการฟังเสียงพูด

4.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากปัจจุบันนี้ยังไม่มีวิธีการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียงพูดโดยมนุษย์ ดังนั้น ผู้วิจัยได้นำงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใกล้เคียงกับการประเมินด้วยการฟังเสียงพูดเท่านั้นมาทบทวนในบทนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างวิธีการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการฟังเสียงต่อไป โดยสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	การศึกษา	ผลที่ได้รับ
Maryn และ Roy (2012)	การฟังเสียงพูด โดยผู้เชี่ยวชาญทางคลินิก จำนวน 5 คน ฟังเสียงที่ผิดปกติแบบ dysphonia ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเสียงที่ความแตกต่างกัน จำนวน 39 คน (จำนวน 177 เสียง) ทุกระดับความรุนแรงของโรค และประเมินทางคลินิก ด้วยการศึกษารูปแบบคือ	

ตารางที่ 4.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้วิจัย	การศึกษา	ผลที่ได้รับ
Maryn และ Roy (2012) (ต่อ)	<p>1) ศึกษาความแตกต่างของผู้ฟัง ใน ระดับการให้คะแนนความรุนแรงของ ความผิดปกติของการออกเสียงแบบ พื้นฐาน</p> <p>2) อิทธิพลของการให้คะแนนความ รุนแรงในเสียงที่ผิดปกติ คือ การออก เสียงแบบคงที่ต่อเนื่อง และการออกเสียง แบบถ้อยความยาวๆ และเสียงที่ถูก สังเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์</p> <p>3) ศึกษาความแตกต่างของความเชื่อมั่น ภายนอกตามระดับความรุนแรงความ ผิดปกติของเสียงระหว่างการศึกษา</p>	<p>1) คะแนนการออกเสียงแบบคงที่ ต่อเนื่อง มีความชัดเจนอย่างมี นัยสำคัญมากกว่าการออกเสียง แบบถ้อยความยาวๆ</p> <p>2) ในส่วนระดับความรุนแรงของ โรคนั้น เสียงจากการสังเคราะห์ ด้วยคอมพิวเตอร์ ให้คะแนน ประเมินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการ ออกเสียงแบบคงที่</p> <p>3) ไม่มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญของความเชื่อมั่นแบบ ภายนอก ระหว่างระดับความ รุนแรงของการออกเสียงที่ผิดปกติ ด้วยการออกเสียงแบบคงที่ต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับการ</p>
Walshe และ คณะ (2008)	<p>การฟังเสียงของนักแก้ไขการพูดจำนวน 10 คน และผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ทาง คลินิกด้านการพูด จำนวน 20 คน ฟัง เสียงกลุ่มอาการพูดไม่ชัด และประเมิน คะแนนการฟังความเป็นภาษาด้วย Direct Magnitude Estimation (DME)</p>	

ตารางที่ 4.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้วิจัย	การศึกษา	ผลที่ได้รับ
Walshe และคณะ (2008) (ต่อ)	<p>1) การฟังการพูด เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศ และประสบการณ์ของผู้ฟัง ด้วยกลุ่มผู้ฟังที่ไม่มีประสบการณ์ทางคลินิกด้านภาษา และ นักแก้ไขการพูด</p> <p>1) พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง การฟังความเป็นภาษาของผู้พูดเอง ความเป็นภาษาของผู้พูดเอง ด้วยกลุ่มตัวอย่างเดิม และการประเมินด้วย DME หลังจากนั้น นักแก้ไขการพูดและกลุ่มผู้ฟังที่ไม่มีประสบการณ์ทางคลินิกด้านภาษาให้คะแนนการฟัง ความเป็นภาษาของผู้พูด และทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศ และประสบการณ์ของผู้ฟัง</p> <p>2) เปรียบเทียบคะแนนการฟังที่ประเมินความเป็นภาษาของตน กับคะแนนจากการประเมินด้วยแบบประเมินความเป็นภาษาแบบมาตรฐาน Assessment of Intelligibility of Dysarthria Speech (ASSIDS)</p>	<p>1) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการฟังความเป็นภาษาของทั้งสามกลุ่มผู้ฟัง ตลอดจนผลที่ได้ บ่งบอกว่า ผู้พูดให้คะแนนการฟังความเป็นภาษาแตกต่างจากนักแก้ไขการพูดและกลุ่มผู้ฟังที่ไม่มีประสบการณ์ทางคลินิกด้านภาษา</p> <p>1) จะมีความแตกต่างบางรายการในการให้คะแนนระหว่างผู้พูดและผู้ฟัง แต่ภาพรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศ และ ประสบการณ์ ของ ผู้ ฟัง ตลอดจนนักแก้ไขการพูดมี ความสอดคล้องกันกับการให้คะแนนการฟัง ในระดับต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ฟังที่ไม่มีประสบการณ์ทางคลินิกด้านภาษา ในการศึกษา</p> <p>2) ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างคะแนนการฟังความเป็นภาษาของผู้พูดเอง และคะแนนจากแบบประเมินความเป็นภาษาแบบมาตรฐาน</p>

ตารางที่ 4.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้วิจัย	การศึกษา	ผลที่ได้รับ
Anand และคณะ (2015)	<p>การฟังเสียงจากผู้ฟัง ซึ่งเป็นคนพื้นเมืองอเมริกัน-อังกฤษ ที่ไม่มีความรู้ด้านคลินิก การประเมินเสียง 16 คน เป็นผู้ประเมินให้คะแนนในการออกเสียงวลีสั้น ๆ จำนวน 2 วลี ของผู้ป่วยพาร์กินสัน 16 คน และคนปกติ 5 คน คนละ 2 ครั้ง และเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ จึงเพิ่มวลีที่ฟังซ้ำ 15% เป็น 48 วลี ประเมินการให้คะแนนใน 3 ด้านคือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การออกเสียงโทนเดียว 2) ความเป็นธรรมชาติของภาษา (naturalness) 3) ความเป็นภาษา (intelligibility) 	<p>ความน่าเชื่อถือภายนอก การออกเสียงโทนเดียวควรได้รับการประเมินเพิ่มเติมในการรักษาผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีปัญหาการออกเสียงไม่ชัด</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การออกเสียงโทนเดียว ความเป็นธรรมชาติของภาษา และความเป็นภาษามีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ 2) การออกเสียงโทนเดียว และความเป็นภาษามีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง 3) การออกเสียงโทนเดียวและความเป็นธรรมชาติของภาษามีความสัมพันธ์ในระดับสูง

4.2 การออกแบบการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง

4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินในบทนี้ มาจากฐานข้อมูลเสียงในบทที่ 3 จำนวน 92 คน ซึ่งเป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน มีระดับอาการความรุนแรงของโรครอยู่ในระยะเริ่มแรก และระยะปานกลาง ซึ่งถูกประเมินด้วย H&Y 1-3 เท่านั้น จำนวน 49 คน ประกอบด้วยเพศชาย (PDM) จำนวน 26 คน และเป็นเพศหญิง (PDF) จำนวน 23 คน ที่เหลือเป็นกลุ่มคนปกติ (NC) จำนวน 43 คน ประกอบด้วยเพศชาย 19 คน (NCM) และเพศหญิงจำนวน 24 คน (NCF)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4.2 และการกระจายของระดับความรุนแรงของการเคลื่อนไหว ของ H&Y scale แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง

รายการ	ผู้ป่วยพาร์กินสัน			คนปกติ			เพศชาย	เพศหญิง
	PDF	PDM	รวม	NCF	NCM	รวม		
อายุ	66.7	66.7	66.7	59.6	59.7	59.6	63.8	63.0
± SD (ปี)	± 8.3	± 7.3	± 7.7	± 7.2	± 6.6	± 6.9	± 7.8	± 8.5
ช่วงอายุ (ปี)	53	50	50	51	50	50	50	50
	- 86	- 80	- 86	- 73	- 75	- 75	- 80	- 86
ระยะเวลา								
การเป็นโรค	6.5 ± 3.4	5.6 ± 4.4	6.0 ± 3.9					
± SD (ปี)								
H&Y ± SD	2.2 ± 0.7	2.1 ± 0.7	2.2 ± 0.7					

หมายเหตุ PDF=ผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง, PDM=คนปกติเพศชาย, NCF=คนปกติเพศหญิง

และ NCM=คนปกติเพศชาย

ตารางที่ 4.3 จำนวนผู้ป่วยพาร์กินสัน ถูกแบ่งตามระดับความรุนแรง ด้านการเคลื่อนไหว H&Y

ระยะของ H&Y	PDF (n)	PDM (n)	รวม (n)
1.0	4	6	10
2.0	8	7	15
2.5	3	9	12
3.0	8	4	12

4.2.2 ผู้ประเมิน

ผู้ประเมินประกอบด้วยนักแก้ไขการพูด (SP) จำนวน 3 คน จากมหาวิทยาลัยแพทย 3 แห่ง ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประสบการณ์ด้านการแก้ไขความบกพร่องทางการพูดไม่ต่ำกว่า 20 ปี

4.2.3 รูปแบบการประเมิน

การประเมินเป็นแบบอำพรางสองฝ่าย (double-blind evaluation) ซึ่งการอำพรางฝ่ายที่ 1 คือ ผู้ประเมินต้องไม่รู้จักกลุ่มตัวอย่าง ไม่ทราบว่าเสียงตัวอย่างที่ได้ฟังนั้นเป็นเสียงอยู่ในกลุ่มใด และอำพรางฝ่ายที่ 2 คือ ผู้วัดผลลัพธ์ของการทดสอบต้องไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยนี้ ไม่รู้จักทั้งกลุ่มตัวอย่างและผู้ประเมิน จะเป็นผู้ตั้งคะแนนดิบในการทดสอบครั้งนี้ออกมาเท่านั้น

แบบประเมินถูกสร้างจากโปรแกรม “PAKAKET 2008” ซึ่งเป็นโปรแกรมประเมินภาวะฟังความออก (Intelligibility Evaluation Program) พัฒนาโดยห้องปฏิบัติการวิจัยทางสวณะศาสตร์และเสียงพูด ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินมีทั้งหมด 92 ข้อ มาจากเสียงตัวอย่าง 92 เสียง จากกลุ่มตัวอย่าง 92 คน (เลือกใช้เพียง 1 เสียง จากทั้งหมด 5 เสียงของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน) โปรแกรมจะทำการสุ่มเสียงแบบอัตโนมัติข้อละ 1 เสียงตัวอย่าง จนครบทั้ง 92 เสียงตัวอย่าง แต่ละข้อ โปรแกรมจะเล่นเสียงและเริ่มจับเวลาเมื่อสิ้นสุดการเล่นเสียงครั้งแรก โปรแกรมอนุญาตให้ผู้ประเมินฟังเสียงได้ไม่เกินอีก 1 ครั้ง ผู้ประเมินต้องระบุคำตอบ “ใช่” ถ้าเห็นว่าเป็นเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสัน และคำตอบ “ไม่” ถ้าเห็นว่าเป็นเสียงพูดของคนในกลุ่มคนปกติ

คะแนนของการทำแบบทดสอบทุกข้อจะถูกเก็บรวบรวม และนำมาคำนวณผลการประเมินต่างๆ คือ ความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ และค่าการทำนาย

4.3 ผลการประเมิน และอภิปรายผล

ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าผู้ประเมินทั้งสามคนมีค่าความแม่นยำในการประเมินใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ $64.86 \pm 0.63\%$ ความแม่นยำในการประเมินของผู้ประเมินคนแรกเท่ากับ 65.21% คนที่สองเท่ากับ 64.13% และคนสุดท้ายคือ 65.22% เมื่อพิจารณาจำนวนครั้งในการฟังหนึ่งเสียงตัวอย่าง พบว่าผู้ประเมินคนที่หนึ่งและคนที่สองจะฟังเสียงตัวอย่างข้อละหนึ่งครั้ง อาจเป็นเพราะเคยมีประสบการณ์โดยตรงหรือทางอ้อมที่เกี่ยวข้องกับการดูแล รักษา หรือได้ยินเสียงผู้ป่วยพาร์กินสันมาก่อน จึงทำให้การประเมินใช้เวลาสั้น และทั้งสองคนไม่ฟังซ้ำ ยกเว้นผู้ประเมินคนที่ 3 ที่ฟังซ้ำเกือบสองครั้ง (1.85 ครั้ง) เมื่อพิจารณาในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการฟังของผู้ประเมิน พบว่าผู้ประเมินคนที่หนึ่งและสองใช้เวลาเฉลี่ยในการฟังเสียงที่ใกล้เคียงกันคือ 1.05 ± 0.9 วินาที และ 0.92 ± 0.71 วินาที ตามลำดับ แต่ผู้ประเมินคนที่ 3 ใช้เวลาเฉลี่ยคือ 15.30 ± 12.42 วินาที แสดงว่าผู้ประเมินคนที่สามเกิดความลังเลในการประเมินเสียง อาจเนื่องมาจากมีประสบการณ์การรักษาที่เกี่ยวข้องผู้ป่วยพาร์กินสันน้อย หรือมีความเมื่อยล้าจากการฟังเสียงเป็นระยะเวลานานได้ จึงเป็นเหตุให้มีการใช้เวลาที่เพิ่มมากขึ้น ผลการประเมินของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน แสดงดังภาคผนวก ค.1)

ตารางที่ 4.4 ความแม่นยำ เวลา และจำนวนรอบในการฟัง แยกตามผู้ประเมิน

รายการ	SP1	SP2	SP3	เฉลี่ย	SD
ความแม่นยำ (%)	65.21	64.13	65.22	64.86	0.63
เวลาในแต่ละข้อ (s)	1.05	0.92	15.30	5.76	8.27
จำนวนรอบการฟังแต่ละข้อ (ครั้ง)	1.00	1.00	1.85	1.28	0.49

หมายเหตุ SP1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1, SP2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 , SP3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3

จากการสัมภาษณ์ผู้ประเมิน ผู้ประเมินมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ ผู้ประเมินจะพิจารณาจากลักษณะของการออกเสียงที่ผิดปกติ คุณภาพในการออกเสียงโดยพิจารณาจากผู้ช่วยพาร์กิ้นสันจะมีการออกเสียงที่มีลักษณะเด่นเฉพาะ เช่น เสียงเบาลง เสียงแหบแห้ง เสียงสั้น เนื้อเสียงเวลาพูดออกมาไม่ใส การกระแทกของเสียง มีการตะเบงเสียงหรือคั่นเส้นเสียง ไม่มีพลังความเข้มของเสียง มีเสียงลมแทรก ระยะเวลาของการออกเสียงไม่ยาวนาน มีเสียงหาย หรือขาดตอนเป็นช่วงๆ ทั้งนี้ผู้ประเมินได้กล่าวว่า ยังพิจารณาจากความผิดปกติตามลักษณะตามพยาธิสภาพการออกเสียงตามธรรมชาติ ความเสื่อมในวัยสูงอายุ จะมีปัญหา เรื่องความตึงหรือหย่อนคล้อยของเส้นเสียงที่มากผิดปกติ

ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (intra-class correlation coefficient : ICC) ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์การประเมินของผู้ประเมินทั้ง 3 คน แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า ICC = 0.33 หมายถึงการฟังเสียงของผู้ประเมินทั้ง 3 คน มีความแม่นยำในทิศทางเดียวกันด้วยความสัมพันธ์ระดับพอใช้ได้ (fair relationship) เมื่อพิจารณาค่า ICC ของการประเมินโดยแยกตามเพศของกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (PDF และ NCF) มีค่า ICC > 0.5 หมายถึงมีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง (regular relationship) และในทำนองเดียวกันในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบค่า ICC < 0.3 ซึ่งหมายถึงมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำตามเกณฑ์ของการแปลผล ค่า ICC (โดยอ้างอิงจาก Fleiss (1981))

ตารางที่ 4.5 ความแม่นยำ และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (ICC) ของผู้ประเมิน โดยแยกตามกลุ่มตัวอย่างและเพศ

รายการ	PD			NC			ทั้งหมด
	PDF	PDM	รวม	NCF	NCM	รวม	
ความแม่นยำ (%)	69.57	64.10	62.79	73.61	49.12	62.79	64.86
ICC	0.61	0.22	0.39	0.53	0.26	0.41	0.33
ช่วงความเชื่อมั่น 95%	0.3797 to 0.7922	-0.0088 to 0.4901	0.2180 to 0.5676	0.2851 to 0.7348	-0.0174 to 0.5653	0.2221 to 0.5921	0.2028 to 0.4648

ผลการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันที่ได้มีค่าน้อย เพราะผู้ป่วยพาร์กินสันบางคนมีเสียงพูดที่ผิดปกติอย่างชัดเจน ส่งผลทำให้ผู้ประเมินสามารถประเมินได้ว่าเป็นผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างถูกต้อง แต่ผู้ป่วยพาร์กินสันบางคนมีความผิดปกติของการออกเสียงไม่เด่นชัดหรือไม่มีความผิดปกติใดๆในการออกเสียง ทั้งนี้เนื่องจากพยาธิสภาพของสมองบริเวณ บาซอล แกงเกลีย หรือจุดเชื่อมต่อในผู้ป่วยบางรายอาจถูกทำลายไม่มากนัก โดย Hartelius และ Svensson (1994) ได้กล่าวว่าผู้ป่วยพาร์กินสันประมาณ 30% ไม่มีปัญหาในการพูด ดังนั้นจึงทำให้ผู้ประเมินไม่สามารถประเมินได้ถูกต้อง

หากพิจารณาในกลุ่มคนปกติ พบว่าความแม่นยำประมาณ 60% ดีความได้ว่า คนปกติที่มีการออกเสียงปกติมีอยู่ประมาณ 60% ส่วนที่เหลืออีก 40% (ตุ้คะแนนที่ภาคผนวก ค.3) อาจมีการออกเสียงที่ผิดปกติได้ แม้ว่าจะไม่มีพยาธิสภาพหรือความผิดปกติของเสียงก็ตาม เพราะเสียงที่ผิดปกตินั้นอาจเกิดจากการใช้กล้ามเนื้อผิดวิธี การออกเสียงที่ผิดวิธี การมีเสียงแหบแห้ง เสียงสั่น ตามธรรมชาติหรือตามสภาพวัย การใช้เสียงผิดปกติที่เกิดจากปัญหาทางอารมณ์หรือจิตใจ (Psychogenic voice disorders หรือ Hysterical mutism) (Boone และคณะ, 2005; Schuster และคณะ, 2011) และความไม่สมดุลของฮอร์โมน เช่น ภาวะฮอร์โมนต่อมไทรอยด์น้อยเกินไป (hypothyroidism) เป็นต้น (Farrag และคณะ, 2006) จึงทำให้ความแม่นยำในการประเมินไม่สูงนัก และอาจเป็นไปได้ว่า คนปกติบางคนที่มีเสียงผิดปกติอย่างเด่นชัด หากเสียงที่ผิดปกติเหล่านั้นเข้าข่ายหรือเกี่ยวข้องกับคล้ายกับลักษณะเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน ควรให้มีการเฝ้าระวังหรือตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติม เพื่อค้นหาสาเหตุของความผิดปกติของเสียงว่าเป็นอย่างไร มีแนวโน้มในการเป็นโรคพาร์กินสันในอนาคตหรือไม่ จะทำได้ทำ

การรักษาในระยะเริ่มแรกได้อย่างถูกต้องและทันท่วงที จากรายงานการวิจัยของ Tetrud (1991) สนับสนุนให้ญาติ คนรอบข้าง หรือผู้ดูแล สังเกตการออกเสียงที่ผิดปกติ จะได้ช่วยในการพิจารณาผู้ที่มีแนวโน้มเป็นโรคพาร์กินสัน เพื่อได้เข้ารับการวินิจฉัยโรคอย่างแท้จริง

การประเมินโรคพาร์กินสันของผู้ประเมิน อาจมีความไม่สอดคล้องกันในการประเมินโรคได้ เพราะการตัดสินใจส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน (Tversky, 1969) งานของ Mehta และ Hillman (2008) สรุปว่า เมื่อผู้เชี่ยวชาญทางคลินิก หรือผู้ประเมินหลายคน เมื่อทำแบบทดสอบชนิดเดียวกัน ก็สามารถได้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในบางกรณีสามารถกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอาการความรุนแรงในการออกเสียงของผู้ป่วยอาจเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้ผู้ประเมินเกิดความความลังเล ในการประเมินในแต่ละบุคคล จึงส่งผลให้มีความไม่สอดคล้องกันระหว่างผู้ประเมิน นอกจากนี้งานวิจัยของ Koreman และ Putzer (2003) พบว่าเรื่องประสบการณ์ทางคลินิกของผู้ประเมินไม่ได้เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด เพราะเนื่องจากผู้ประเมินแต่ละคนจะมีการเรียนรู้ และตัดสินใจในการประเมินโรคผ่านประสบการณ์ส่วนตัว และสิ่งที่ได้พบเจอหรือจากการเรียนรู้ในอดีต นอกจากนั้นพบว่าเมื่อให้ผู้ประเมินคนเดิมทำการทดสอบฟังเสียงพูดของกลุ่มตัวอย่างเดิม ด้วยจำนวนครั้งของการทดสอบที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปพบว่าผลที่ได้รับจะมีค่าไม่แตกต่างจากเดิม ข้อเสนอแนะในการเลือกผู้ประเมินในงานวิจัยในอนาคต คือควรที่จะเพิ่มจำนวนของผู้ประเมินให้มากขึ้น หรือมีความรู้และประสบการณ์เฉพาะทางโรคพาร์กินสันมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการประเมินของผู้ประเมินทั้ง 3 คน ค่าผลบวกจริง (TP) คือเสียงผู้ป่วยพาร์กินสัน (PD) ถูกระบุได้ถูกต้องว่าเป็นพาร์กินสัน (PD) เท่ากับ 33.3 ค่าผลบวกลวง (FP) คือเสียงคนในกลุ่มคนปกติ (NC) ถูกระบุได้ถูกต้องว่าเป็นกลุ่มคนปกติ (NC) เท่ากับ 27.0

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมิน

สภาพที่แท้จริง	ผลการประเมิน	
	ผู้ป่วยพาร์กินสัน	กลุ่มคนปกติ
ผู้ป่วยพาร์กินสัน	32.67 (TP)	16.33 (FN)
กลุ่มคนปกติ	16.00 (FP)	27.00 (TN)

ผลการประเมินอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 สรุปได้ว่าโดยเฉลี่ยการฟังเสียงของผู้ประเมินอยู่ในระดับต่ำ นอกจากนั้นค่าการทำนายเป็นบวก (PVV) คือคนที่ถูกทำนายว่าเป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน พบเพียงแค่ 67.13% เท่านั้นที่เป็นผู้ป่วยพาร์กินสันจริง และค่าการทำนายเป็นลบ (NPV) คือคนที่ถูกทำนายว่าเป็นคนปกติ พบเพียงแค่ 62.31% เท่านั้นที่เป็นคนปกติจริง การประเมินผลการทดสอบด้วยสรุปได้ว่าการฟังเสียงเพื่อประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันมีค่าความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ ค่าการทำนายที่ต่ำ ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง

ตารางที่ 4.7 สรุปผลที่ได้จากการประเมินด้วยการฟังเสียง

รายละเอียด	ผู้ประเมิน
ค่าความแม่นยำ (%)	64.86
ค่าความไว (%)	66.67
ค่าความจำเพาะ (%)	62.79
ค่าการทำนายเป็นบวก (%)	67.13
ค่าการทำนายเป็นลบ (%)	62.31

4.4 บทสรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้ผู้ประเมินที่มีประสบการณ์จำนวน 3 คน ประเมินความเป็นโรคพาร์กินสัน โดยการฟังเสียงกลุ่มตัวอย่างจำนวน 92 คน เป็นผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 49 คน และคนปกติ 43 คน พบว่า ความแม่นยำในการประเมินเท่ากับ 64.86% ซึ่งแสดงว่าการประเมินโรคพาร์กินสันจากการฟังเสียงยังไม่สามารถใช้ได้จริง

บทที่ 5

การประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด โดยเนื้อหาเริ่มต้นจากการออกแบบงานวิจัย กลุ่มเสียงตัวอย่างที่ใช้ การสกัดสวณะลักษณะ การคัดเลือกสวณะลักษณะ การใช้เทคนิคตัดแยกเพื่อการประเมิน และการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้ จากนั้นจะเปรียบเทียบผลการประเมินด้วยระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ และผลการประเมินโดยการฟังของผู้ประเมิน และสรุปผลการประเมินที่ได้

5.1 จุดประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอการประมวลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินโรคพาร์กินสัน

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันนักวิจัยจำนวนมาก เสนอการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด การออกแบบการวิจัยนั้นต้องพิจารณากระบวนการได้มาซึ่งเสียงตัวอย่าง การเก็บเสียงตัวอย่าง การสกัดสวณะลักษณะ การคัดเลือกสวณะลักษณะ กระบวนการประเมิน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ได้นำเสนอการประเมินโรคพาร์กินสันมาเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ สำหรับช่วยแพทย์ประกอบการตัดสินใจก่อนการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน

Ene (2008) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยการใช้สวณะลักษณะ 23 ตัว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโรคพาร์กินสัน คือ F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE และ ASCII เทคนิคการตัดแยกที่ใช้คือ Probabilistic Neuron Network (PNN) หรือ Radial Basic Neural Network ประกอบด้วย 3 วิธี คือ 1) Incremental search (IS) 2) Monte carlo search (MCS) และ 3) Hybrid search (HS) โดยแบ่งข้อมูลชุดฝึก 70% และข้อมูลที่เหลือสำหรับเป็นชุดทดสอบ 30% และทำการทดสอบแต่ละวิธีจำนวน 10 ครั้ง โดยใช้เสียงตัวอย่างมาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset

(Little และคณะ, 2009) ประกอบด้วยกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 23 คน และกลุ่มคนปกติจำนวน 8 คน ใช้วิธีการออกเสียง /อา/ แบบยาวคงที่ ประมาณ 3 วินาที จำนวนคนละ 6 ครั้ง พบความแม่นยำของวิธีที่ 1) IS เท่ากับ 79.78% วิธีที่ 2) MCS เท่ากับ 80.92% และวิธีที่ 3) HS เท่ากับ 81.28%

Gil และ Johnson (2009) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้สวนะลักษณะ 23 ตัว คือ F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE และ ASCII เทคนิคการตัดแยกที่ใช้ทั้งหมดมี 3 วิธีคือ 1) Multilayer Perceptron (MLP) 2) SVM ด้วย linear kernel และ 3) SVM ด้วย Pearson VII universal kernel function (PUK) โดยใช้เสียงตัวอย่างมาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset พบความแม่นยำของวิธีที่ 1) MLP เท่ากับ 92.31% วิธีที่ 2) SVM ด้วย linear kernel เท่ากับ 91.79% และวิธีที่ 3) SVM ด้วย PUK kernel เท่ากับ 93.33%

Guo, Bhattachary และ Kharma (2010) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยสวนะลักษณะเพียงตัวเดียวซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ถูกสร้างขึ้นโดยการใช้วิธีไบโอเมตริก (biometric) ใช้เทคนิคการตัดแยกด้วย P_a detection เพื่อพิจารณาอาณาเขตพื้นที่การประเมินโรคพาร์กินสัน (diagnosis Parkinson's disease's space) และใช้ระยะทางอย่างน้อยที่สุดในการแบ่งกลุ่ม (minimum distance classifier : MDC) และทดสอบความถูกต้องของระบบแบบไขว้ 10 โฟลด์ โดยใช้เสียงตัวอย่างและสวนะลักษณะมาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset พบว่าค่าความแม่นยำเท่ากับ 93.12%

Das (2010) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้ซอฟต์แวร์ SAS (Data mining SAS base software) ใช้สวนะลักษณะ คือ F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE และ ASCII และใช้เทคนิคการตัดแยกหลายรูปแบบ คือ 1) Neural Network (NN) 2) DM neural 3) regression และ 4) Decision Tree โดยแบ่งกลุ่มเสียงตัวอย่างเป็นชุดฝึก 65% และชุดทดสอบ 35% เสียงตัวอย่างและสวนะลักษณะทั้งหมดมาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset พบว่าค่าความแม่นยำในการ

ประเมินของ 1) NN เท่ากับ 92.9% 2) DM neural เท่ากับ 84.3% 3) regression เท่ากับ 88.6% และ 4) decision tree เท่ากับ 84.3%

Rusz และคณะ (2011) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้สวนะลักษณะที่คัดเลือกด้วยอาการที่สัมพันธ์ทางการแพทย์ และใช้แบบทดสอบการออกเสียงพูดคือ “Quick Vocal Test” เพื่อทดสอบการออกเสียงที่มีความผิดปกติ โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การออกเสียงแบบคงที่ ยาวๆ ใช้สวนะลักษณะ jitter + shimmer + NHR + HNR 2) การออกเสียงแบบซ้ำ (diadochokinetic: DKK) โดยวัดระบบการหายใจ ใช้สวนะลักษณะ jitter+ shimmer + NHR + HNR + SPLD (sound pressure level decline) วัดการออกเสียงถูกต้อง ใช้สวนะลักษณะ jitter + shimmer + NHR + HNR + SPLD + RFPC (robust formant periodicity correlation) + SDCV (spectral distance change variation) และ 3) การพูดเป็นประโยค (running speech) สวนะลักษณะที่ใช้ คือ jitter + shimmer + NHR + HNR + SPLD + RFPC + SDCV + F0 SD ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของการออกเสียง และใช้เทคนิคการตัดแยก SVM พร้อมทั้งทดสอบความถูกต้องแบบ leave-one-out cross validation โดยใช้กลุ่มตัวอย่างชาวเช็ก (Czech) จำนวน 46 คน ซึ่งเป็นคนปกติจำนวน 20 คน และถูกประเมินโรคเป็นพาร์กินสันจำนวน 24 คน พบว่า ในการทดลองที่ 1 มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 75.6% การทดลองที่ 2 มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 71.4% และการทดลองที่ 3 มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 81.3%

Yadav, Kumar และ Sahoo (2011) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยการใช้สวนะลักษณะ 23 ตัว คือ F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE และ ASCII ใช้เทคนิคการตัดแยก 3 แบบคือ 1) Decision Stump (DS) 2) Logistic Regression (LS) and 3) Sequential Minimization Optimization (SMO) และวิธีตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ 10 โฟลด์ งานวิจัยนี้มุ่งไปที่ความบกพร่องในการออกเสียงแบบไม่ชัด (articulation speech disorder) ใช้เสียงตัวอย่างและสวนะลักษณะมาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset พบว่าค่าความแม่นยำเมื่อใช้ DS เท่ากับ 75.0% LR เท่ากับ 64.0% และ SMO เท่ากับ 76.0% พบค่าความไวสูงสุด คือ SMO เท่ากับ 97.0% และความจำเพาะสูงสุด คือ LR เท่ากับ 62.0%

Hazan และคณะ (2012) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยสวนะลักษณะที่ถูกคัดเลือกนั้นจะแบ่งตามเชื้อชาติคือ สวนะลักษณะชาวอเมริกันคือ F1a, F1u, F1i, F2a, F2u, F2i ร่วมกับข้อมูลสุขภาพ เพศ และอายุ และสวนะลักษณะของชาวเยอรมันคือ F1a, F1u, F1i, F2a, F2u และ F2i ร่วมกับข้อมูลสุขภาพ เพศ ใช้เทคนิคการตัดแยก SVM ด้วยฟังก์ชัน RBF kernel ทำการทดลองโดยใช้เสียงสระ/a/, /u/ และ /i/ ตัวอย่างมาจากชาวอเมริกันและชาวเยอรมัน กระบวนการประเมินแบ่งเป็น 3 แบบ คือ 1) ชุดฝึกและชุดทดสอบ ใช้ข้อมูลเสียงตัวอย่างของประเทศใดประเทศหนึ่ง 2) ชุดฝึกและชุดทดสอบ ใช้เสียงตัวอย่างของทั้งสองประเทศรวมกัน และ 3) ทำแบบ cross-country คือใช้เสียงตัวอย่างจากประเทศใดประเทศหนึ่งเป็นชุดฝึก และใช้เสียงตัวอย่างอีกประเทศหนึ่งเป็นชุดทดสอบ พบว่า ค่าความแม่นยำของแบบที่ 1, 2 และ 3 คือ 85.0%, 80.0% และ 75.0% ตามลำดับ

Ramani และ Sivagami (2011) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยการใช้สวนะลักษณะที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีของ Fisher filtering เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์เสียง ในการคัดเลือกได้สวนะลักษณะมากที่สุดจำนวน 22 ตัว และใช้เทคนิคการตัดแยกจำนวน 13 วิธี พร้อมสวนะลักษณะที่เลือก แสดงดังตารางที่ 5.1 ทำการทดลองโดยใช้เสียงตัวอย่างและสวนะลักษณะจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset พบว่าการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน ด้วยเทคนิค Random tree ได้ค่าความแม่นยำสูงถึง 100% ส่วน linear discrimination analysis (LDA), Quinlan's C4.5 tree (C4.5) Iterative Dichotomiser, Decision Tree Algorithm (CS-MC4) และ K-NN ได้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากกว่า 90%

Shahbaki, Taherifar และ Sorouri (2013) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้สวนะลักษณะจำนวน 22 ตัว จากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset และนำไปคัดเลือกอีกครั้งด้วยวิธี Genetic Algorithm (GA) จะได้สวนะลักษณะ 4 ตัว คือ F(hi), F(lo), Jitter (RAP) และ Shimmer (APQ5) และคัดเลือกด้วยวิธี Adaptive Neuro Fuzzy Classifier (ANFC) จะได้สวนะลักษณะ 4 ตัว คือ F(hi), RPDE, DFA และ Spread2 จากนั้นใช้ SVM เป็นเทคนิควิธีตัดแยก พบว่าความแม่นยำที่คัดเลือกสวนะลักษณะด้วยวิธี ANFC เท่ากับ 95.70% และ GA เท่ากับ 94.50%

ตารางที่ 5.1 เทคนิคการตัดแยกและสวนะลักษณะที่ใช้ของ Ramani และ Sivagami (2011)

ลำดับที่	เทคนิคการตัดแยก	สวนะลักษณะที่ใช้
1	Binary Logistic Regression	Spread1, PPE, Spread2
2	Quinlan's C4.5 tree (C4.5) Interactive Dichotomiser	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo), Shimmer, APQ, HNR, APQ5, Shimmer (dB), APQ3, DDA, D2, Jitter (Abs), RPDE
3	Partial Least Square Regression (PLS)	Spread1, PPE, Spread2,
4	Classification and Regression Tree (C-RT)	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo),
5	Cost -Sensitive Classification Tree (CS-CRT)	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo),
6	Dicision Tree Algorithm (CS- MC4)	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo), Shimmer, APQ, HNR, APQ5, Shimmer (dB), APQ3, DDA, D2, Jitter (Abs), RPDE
7	SVM for Classification (C-SVC)	ทั้งหมด
8	Iterative Dichotomiser (ID3)	Spread 1
9	K-Nearest Neighbor (K-NN)	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo), Shimmer, APQ, HNR, APQ5, Shimmer (dB), APQ3, DDA, D2, Jitter (Abs), RPDE, PPQ, Jitter (%), RAP, DDP, DFA
10	Linear Discriminant Analysis (LDA)	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo), Shimmer, APQ, HNR, APQ5, Shimmer (dB), APQ3, DDA, D2, Jitter (Abs), RPDE, PPQ, Jitter (%), RAP, DDP, DFA, HNR
11	Log-Reg TRIRLS	Spread1, PPE, Spread2, F0, F(lo), Shimmer, APQ, HNR, APQ5, Shimmer (dB), APQ3, DDA, D2, Jitter (Abs)
12	Random Tree (Rnd tree)	Spread1, PPE, Spread2
13	Support Vector Machine (SVM)	ทั้งหมด

Rustempasic และ Can (2013) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้สวณะลักษณะจำนวน 23 ตัว มาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset และนำไปคัดเลือกอีกครั้งด้วยการพิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ที่มากกว่า 0.95 จะเหลือสวณะลักษณะอยู่ 11 ตัว คือ Jitter (Abs), Jitter (DDP), Jitter (APQ), Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, D2, PPE และ status ใช้เทคนิค fuzzy c-means (FCM) เมื่อค่า $c = 2$ ประเมินโดย 1) การประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันออกจากกลุ่มคนปกติ และทดสอบด้วยข้อมูลใหม่ และ 2) ใช้เทคนิคการรู้จำรูปแบบ (pattern recognition technique) โดยแบ่งข้อมูล ชุดฝึก 50% และชุดทดสอบ 50% พบว่าค่าความแม่นยำเท่ากับแบบที่ 1 เท่ากับ 58.46% และความแม่นยำการประเมินที่ 2 เท่ากับ 80.88%

Shahbaki, Far และ Tahami (2014) ได้เสนอการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยการใช้สวณะลักษณะจำนวน 22 ตัว มาจากฐานข้อมูลออนไลน์ Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset และคัดเลือกสวณะลักษณะออกมาจำนวน 14 ตัว ที่สัมพันธ์กับการออกเสียงของโรคพาร์กินสัน ซึ่งสัมพันธ์ค่าความถี่มูลฐานคือ Jitter, Shimmer และ HNR จากนั้นนำไปคัดเลือกต่อด้วย Genetic Algorithm (GA) จะได้สวณะลักษณะ คือ F(hi), F(lo), F(ho) Jitter (RAP), Shimmer (APQ5), Jitter (Abs), Shimmer, Jitter (%) และ HNR และใช้เทคนิคการตัดแยกแบบ SVM โดยแบ่งข้อมูลชุดฝึก 75% และชุดทดสอบ 25% จากนั้นแบ่งสวณะลักษณะออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1) F(hi), F(lo), Jitter (RAP) และ Shimmer (APQ5) กลุ่มที่ 2) F(hi), F(ho), F(lo), Jitter (RAP), Shimmer (APQ5), Jitter (Abs) และ Shimmer กลุ่มที่ 3) F(hi), F(ho), F(lo), Jitter (RAP), Shimmer (APQ5), Jitter (Abs), Shimmer, Jitter(%) และ HNR พบว่าความแม่นยำ คือ 94.50%, 93.66% และ 94.22% สำหรับกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถเขียนสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 ดังนี้

ตารางที่ 5.2 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	กลุ่มข้อมูล	สวนะลักษณะ	เทคนิควิธีการ	ความแม่นยำ
Ene และ คณะ (2008)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE	ใช้เทคนิค PNN ทดสอบ 3 วิธี IS, MCS and HS 10 fold cross validation ชุดฝึก =70% ชุดทดสอบ = 30%	IS มีค่า 79.78% MCS มีค่า 80.92% HS มีค่า 81.28%
Gil และคณะ (2009)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE	1) MLP 2) SVM with linear kernel 3) SVM with and PUK kernel	MLP มีค่า 95.83% SVM with linear kernel มีค่า 99.32% SVM with PUK kernel มี ค่า 93.33%
Guo และ คณะ (2010)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	ใช้วิธีไบโอเมทริก GP-EM detector (Pa detection) ช่วยเลือกและลด ขนาด สวนะลักษณะ	Minimun distance classifier: MDC 10 fold cross validation	มีค่า 93.12%

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

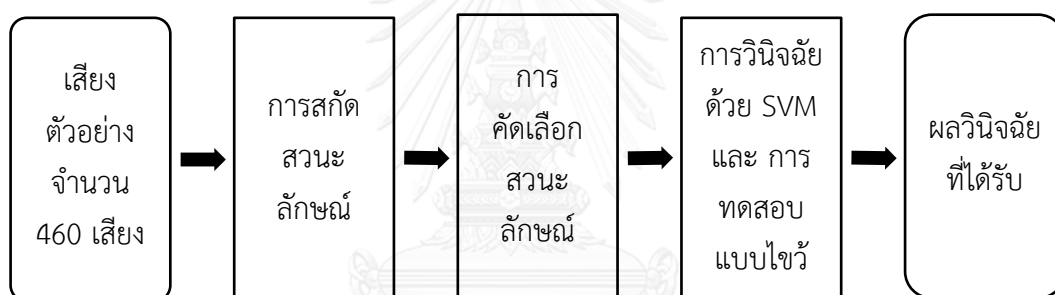
ผู้วิจัย	กลุ่มข้อมูล	ลักษณะเด่น	เทคนิควิธีการ	ความแม่นยำ
Das และ คณะ (2010)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE	1) Neural network (Levenberg- Marquardt (LM) 2) DMNeural 3) Regression (logistic regression) 4) Decision Tree ชุดฝึก 65% ชุดทดสอบ 35%	1) Neural Network = 92.9% 2) DMNetwork = 84.3% 3) Regression = 88.6% 4) Decision Tree = 84.3%
Yadav และ คณะ (2011)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	F0, F(hi), F(lo), Jitter (%), Jitter (Abs), RAP, PPQ, Jitter (DDP), Shimmer, Shimmer (dB), APQ, APQ3, APQ5, Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, spread1, spread2, D2, PPE	ศึกษาเสียงพูดไม่ชัด 1) Tree classifier 2) Statistic classifier: Logistic Regression 3) SVM ทดสอบแบบ 10-fold Cross Validation	1) Tree decision= 75% 2) Logistic Regression =64% 3) SVM =76%
Ramahi และคณะ (2011)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	Fishing filtering method (ตั้งตารางที่ 5.1)	เทคนิควิธีคัดแยก 13 แบบ (ตั้งตารางที่ 5.1)	Random Tree มีค่า 100% LDA, C4.5, CS- MC4 และ KNN มีค่ามากกว่า 90% C-PLS= 69.74%

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	กลุ่มข้อมูล	สวนะลักษณะ	เทคนิควิธีการ	ความแม่นยำ
Hazan และคณะ (2012)	กลุ่มเสียงตัวอย่าง 1) American set 2) German set	Formant 1 และ 2 ของเสียง /a/ /u/ และ /i/ เชื่อมอเมริกัน ประกอบเพิ่มเติมด้วย เพศ อายุ เชื้อเยอรมัน ประกอบเพิ่มเติมด้วย ข้อมูลสุขภาพ อาการ เพศ	SVM with RBF kernel ทดสอบ 3 รูปแบบ 1) ชุดฝึก และชุดทดสอบ ประเทศเดียวกัน 2) นำข้อมูลมารวมกัน ทั้ง ชุดฝึก และชุดทดสอบ 3) ชุดฝึกจากประเทศหนึ่ง และชุดทดสอบจากอีก ประเทศหนึ่ง	1) มีค่าใกล้เคียง 85% 2) มีค่า 80% 3) มีค่า 75%
Shahbakhhi และคณะ (2013)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	เลือกด้วย GA F(hi), F(lo), Jitter (RAP) และ Shimmer (APQ5) เลือกด้วย ANFC F(hi), RPDE, DFA และ Spread2	SVM 1) ANFC (linear + non- linear features) 2) GA (linear features) ชุดฝึก 75% ชุดทดสอบ 25%	ANFC มีค่า 95.70% GA มีค่า 94.50%
Rustem-pasic และคณะ (2013)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	Jitter (Abs), Jitter (DDP), Jitter (APQ), Shimmer (DDA), NHR, HNR, RPDE, DFA, D2, PPE และ status	FCM c=2 1) แยก PD ออกจาก NC และทดสอบด้วยข้อมูลใหม่ 2) ใช้เทคนิคการจดจำ รูปแบบ ชุดฝึก 50% ชุดทดสอบ 50%	1) มีค่า 58.46% 2) มีค่า 80.88%
Shahbakhhi และคณะ (2010)	Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset	คัดเลือก แบบ GA F(hi), F(lo), F(ho) Jitter (RAP), Shimmer (APQ5), Jitter (Abs), Shimmer, Jitter (%) และ HNR	SVM จำนวนลักษณะเด่นที่ศึกษา 1) n = 9 2) n = 7 3) n = 4 ชุดฝึก 75% ชุดทดสอบ 25%	1) n=9 มีค่า 94.22% 2) n=7 มีค่า 93.66% 3) n=4 มีค่า 94.50%

5.3 การออกแบบระบบประมวลสัญญาณเสียงพูด

ภาพรวมการออกแบบระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ แสดงดังแผนภูมิ ที่ 5.1 เสียงตัวอย่างจำนวน 460 เสียง จะถูกทำเครื่องหมายแบบสองกลุ่ม คือกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน “PD” และกลุ่มคนปกติ “NC” กลุ่มเสียงตัวอย่างจะถูกสกัดสวณะลักษณะพื้นฐาน จากนั้นทำการคัดเลือกสวณะลักษณะอีกครั้งด้วย (1) เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ (2) อ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา และ (3) พิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง จากนั้นนำสวณะลักษณะที่ได้มาคัดแยกด้วยเทคนิค Support Vector Machine (SVM) ทำการทดลองโดยใช้วิธีตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้จำนวน 10 โฟลด์ (10 fold crossvalidation) (ดูหัวข้อที่ 2.14) ผลการประเมินประกอบด้วย ความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ และค่าการทำนาย



แผนภูมิที่ 5.1 ออกแบบระบบประมวลสัญญาณเสียงพูด

ในตอนท้ายของการวิจัยนี้ ผลความแม่นยำจากการประเมินของระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ จะถูกนำไปเปรียบเทียบผลการประเมินการฟังด้วยผู้ประเมิน (จากบทที่ 4)

5.4 การสกัดสวณะลักษณะ (Acoustic feature extraction)

งานวิจัยนี้ ใช้สวณะลักษณะทั้งหมด 25 ตัว โดยสกัดจากโปรแกรม Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) (KayPENTAX, 2008) จำนวน 23 ตัว คือ F0, MF0, T0, F(hi), F(lo), STD, PFR, Tsam, Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vF0, ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm, NHR, VTI, SPI, PER และสกัดเพิ่มขึ้นมาด้วยโปรแกรมภาษา C จำนวน 2 ตัว คือ HNR และ SPL

5.5 การคัดเลือกสวนะลักษณะ (acoustic feature selection)

หลักในการคัดเลือกสวนะลักษณะคือ ต้องการสวนะลักษณะจำนวนน้อยที่สุด แต่ยังคงประสิทธิภาพความแม่นยำของการประเมินโรคพาร์กินสันให้ได้มากที่สุด

ในงานวิจัยนี้เสนอการคัดเลือกสวนะลักษณะ 3 แบบ คือ

1. การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ ได้แก่วิธีการกรองของฟิชเชอร์ (Fisher's filtering or score method) วิธีการเลือกสวนะลักษณะแบบก้าวหน้า (forward selection method) วิธีการลดสวนะลักษณะ (backward elimination method) และวิธีการหาค่าที่เหมาะสมโดยกลุ่มอนุภาค (particle swarm optimization : PSO)

2. การคัดเลือกสวนะลักษณะ โดยอ้างอิงงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องจำนวน 4 เรื่อง คือ งานวิจัยของ 1) Gama และคณะ (2012) 2) Yuceturk และคณะ (2002) 3) Little และคณะ (2009) และ 4) Shivan และ Tanami (2011)

3. การคัดเลือกสวนะลักษณะ โดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง

5.5.1. การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์

การคัดเลือกสวนะลักษณะเด่นเท่านั้นด้วยเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์ คือ กระบวนการในการลดสวนะลักษณะที่ไม่จำเป็น เพื่อให้การประเมินรวดเร็ว และถูกต้องมากขึ้น งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคในการเลือกสวนะลักษณะ 4 เทคนิค คือ

1. วิธีการกรองแบบฟิชเชอร์

วิธีคัดกรองแบบฟิชเชอร์จะรู้จักในชื่อของ (Fisher filtering) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการคัดเลือกแอดทริบิวต์ (หรือสวนะลักษณะในงานวิจัยด้านเสียง) แบบมีผู้สอน (supervised) และเป็นอิสระต่ออัลกอริทึมการเรียนรู้ (learning algorithm) วิธีนี้เป็นหนึ่งในวิธีการคัดกรองแอดทริบิวต์ โดยการเรียงลำดับอินพุตแอดทริบิวต์ (input attribute) โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับต้นแบบ กระบวนการจะพิจารณาเลือกเป็นกลุ่มย่อย (subset) วิธีการกรองนี้จะถูกใช้เพื่ออธิบายแอดทริบิวต์เป้าหมายตัวไหนที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง และสามารถเรียงลำดับความสำคัญของแอดทริบิวต์ที่มีผลต่อต้นแบบด้วย (Gu, Li และ Han, 2012)

2. วิธีการเลือกแอดทริบิวต์แบบก้าวหน้า (Forward selection)

เป็นการสร้างต้นแบบ ในการคัดเลือกแอดทริบิวต์ เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตัว จนครบจำนวนของอินพุตแอดทริบิวต์ที่สัมพันธ์ทั้งหมด โดยพิจารณาจากค่าของการประเมินในแต่ละครั้งของการประมวลผล เมื่อให้ผลที่ดี ต้นแบบจะนำไปรวมกับกลุ่มที่คัดเลือก จนได้ผลที่ดีที่สุด จึงจะหยุดการคัดเลือก

3. วิธีการเลือกแอดทริบิวต์แบบลดตัวแปร (backward selection)

เป็นการสร้างต้นแบบในลักษณะตรงกันข้ามกับวิธีการเลือกแอดทริบิวต์แบบก้าวหน้า โดยเริ่มจากการใช้อินพุตแอดทริบิวต์ทั้งหมดในการประมวลผลก่อน และค่อยๆตัดแอดทริบิวต์ที่ไม่สำคัญออกทีละหนึ่งตัว และประมวลผล ทำต่อจนได้ประสิทธิภาพการประเมินที่ดีที่สุด จากนั้นจะได้กลุ่มแอดทริบิวต์ที่ให้ผลการประเมินที่ดีที่สุดออกมา

4. วิธีการหาค่าที่เหมาะสมโดยกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO)

เป็นวิธีที่ใช้ในการหาแอดทริบิวต์ โดยการจำลองความคล้ายคลึงกันของค่าอนุภาคอินพุตแอดทริบิวต์ ซึ่งค่าอนุภาคอินพุตแอดทริบิวต์หนึ่งค่า สามารถเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสม ค่าอนุภาคอินพุตแอดทริบิวต์จะอยู่ในปริภูมิหลายมิติ ซึ่งในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคอินพุตแอดทริบิวต์ในปริภูมิดังกล่าวนั้น การปรับตำแหน่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของตัวเอง และสิ่งแวดล้อมรอบข้างของอินพุตแอดทริบิวต์ข้างเคียง (เพื่อนบ้าน) เพื่อให้เข้าใกล้คำตอบมากที่สุด โดยผ่านการเรียนรู้ ทั้งนี้การเรียนรู้แบบ PSO ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายกรณี เช่น การประมาณฟังก์ชัน (function approximation) การจัดกลุ่ม (clustering) และการหาคำตอบของระบบสมการ (Chuang และคณะ, 2008; Wang และคณะ, 2007)

วิธีการคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์

การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มาจากฐานข้อมูล ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 460 เสียง (กลุ่มตัวอย่าง 92 คน พูดคนละ 5 ครั้ง) โดยใช้ SVM เป็นตัวคัดแยกร่วมกับการตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ จำนวน 10 โฟลด์ (10 fold- cross

validation) การสุ่มตัวอย่างแบบลำดับชั้น (stratified sampling) (รายละเอียดดูได้จากหัวข้อ 5.6) ผลการคัดเลือกสวณะลักษณะตามเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์ สรุปดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปการคัดเลือกสวณะลักษณะตามเทคนิคทางคอมพิวเตอร์

วิธี	กลุ่มสวณะลักษณะที่ถูกคัดเลือก
Fisher Filtering	SPI + Jitt + RAP + Jitta + PPQ
Forward Selection	F0 + T0 + STD + Jitt + PPQ + vF0 + shim + APQ + NHR + SPI
Backward Elimination	F0 + MF0 + T0 + F(hi), F(lo), STD, PFR, Tsam, Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vF0, ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm, NHR, VTI, PER
Particle Swam Optimization (PSO)	F0 + T0 + PFR + Tsam + mF0 + F(lo) + STD + vF0 + sAPQ + Jitt + vAM + VTI + SPI + DVB + DSH + DUV + NSH + NUV

5.5.2. การคัดเลือกสวณะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา

การคัดเลือกสวณะลักษณะ โดยอ้างอิงงานวิจัย 4 งานดังนี้

Gama และคณะ (2012) ศึกษาแบบประเมินการฟังเสียงของตนเอง ด้วยแบบประเมิน Vocal Related Quality of Life พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสวณะลักษณะ STD, Jitt(%), Shim(%) และ NHR นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติ มีความแตกต่างในทุกหัวข้อ

Yuceturk และคณะ (2002) ศึกษาความแตกต่างระหว่างการออกเสียงที่ผิดปกติกับกลุ่มคนปกติ โดยการออกเสียงสระยาวๆ และใช้สวณะลักษณะ คือ Tsam, F0, F(hi), F(lo), F(range), shim(dB) และ HNR

Little และคณะ (2009) อ้างถึง Ronal และ Orlikoff (2000) พบว่าสวณะลักษณะพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เสียงผู้ป่วยที่มีความผิดปกติคือ F0, SPL, Jitt, shim และ NHR

Shivan และ Tanami (2011) ได้ใช้สวนะลักษณะที่คัดเลือกด้วย Genetic Algorithm เป็นตัวในการช่วยคัดแยก เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการประเมินโรคพาร์กินสันออกจากกลุ่มคนปกติ ได้กลุ่มของสวนะลักษณะมาทั้งหมด 3 กลุ่ม พบว่า F0, F(hi), F(lo), Jitter(ABS), Jitter(RAP), Shimmer, Shimmer(APQ5) และ HNR ให้ผลดีที่สุด

งานวิจัยจากข้างต้นสามารถสรุปการคัดเลือกสวนะลักษณะนี้ได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สรุปการคัดเลือกสวนะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	กลุ่มสวนะลักษณะ
Gama และคณะ (2012)	STD + Jitt(%) + Shim(%) + NHR
Yuceturk และคณะ (2002)	Tsam + F0 + F(hi) + F(lo) + F(range) + Shim(dB) + HNR
Little และคณะ (2009)	Jitter + Shimmer + NHR + F0 + SPL
Shivan และ Tanami (2011)	F0 + F(hi) + F(lo) + Jitter(%) + Jitter (ABS) + RAP + Shim+ APQ5 + HNR

5.5.3. การคัดเลือกสวนะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง

การทำงานของสมอง ระบบประสาทที่ควบคุมกล้ามเนื้อการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับการพูด กล้ามเนื้อการออกเสียง การหายใจ เป็นส่วนสำคัญทำให้เกิดการออกเสียงพูด หากผู้ป่วยมีพยาธิสภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องใดที่ผิดปกติ จะทำให้มีการออกเสียงพูดที่ผิดปกติตามไปด้วย ทัวไปแล้วผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีความผิดปกติเด่นเฉพาะอย่าง 4 ลักษณะ คือการเคลื่อนไหวลำบาก-ช้า ตัวสั่น อาการแข็งเกร็ง และไม่สามารถทรงตัวได้ปกติขาดความสมดุล ก็จะส่งผลให้มีลักษณะอาการออกเสียงที่ผิดปกติเฉพาะอย่างเช่นกัน ดังนั้นในการพิจารณาคัดเลือกสวนะลักษณะที่เกี่ยวข้องในการออกเสียงของผู้ป่วยพาร์กินสัน จึงใช้ความผิดปกติเด่นเฉพาะดังกล่าวเป็นพื้นฐาน เพื่อ

ช่วยในการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันออกจากกลุ่มคนปกติ ในการเลือกสวนะลักษณะโดยพิจารณาตาม ลักษณะความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงมาจาก 4 กลุ่ม (ดูแผนภูมิที่ 5.3 และ ตารางที่ 5.5)

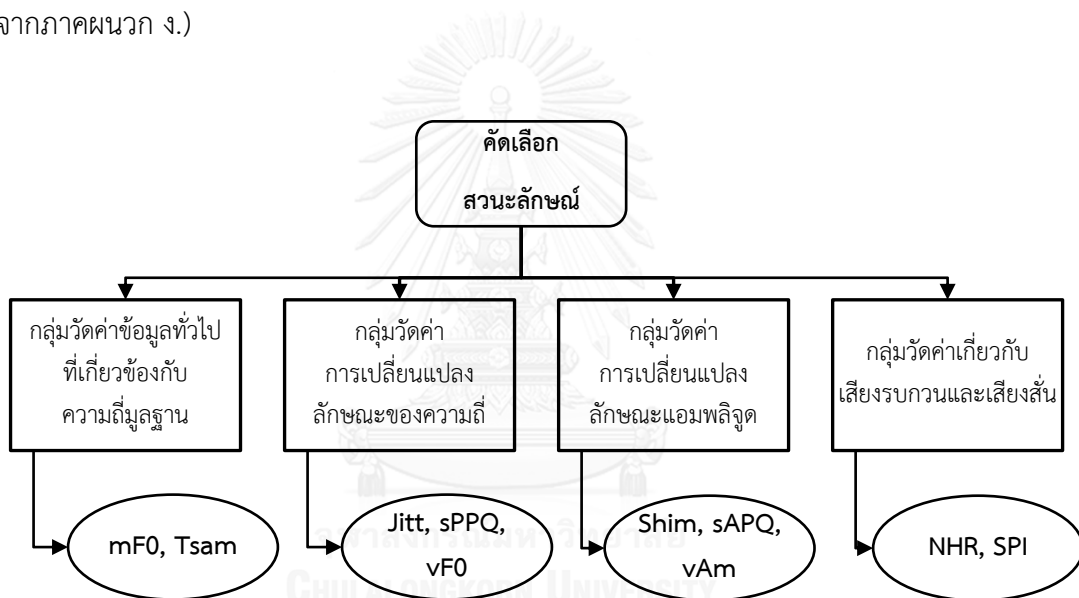
กลุ่มที่ 1 ค่าทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับความถี่มูลฐาน มีจำนวน 2 ตัว คือ mF0 และ Tsam

กลุ่มที่ 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะของความถี่มูลฐาน มีจำนวน 3 ตัวคือ Jitt, sPPQ และ vF0

กลุ่มที่ 3 ค่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะแอมพลิจูด มีจำนวน 3 ตัว คือ Shim, sAPQ และ vAm

กลุ่มที่ 4 ค่าเกี่ยวกับเสียงรบกวน และเสียงสั้น มีจำนวน 2 ตัวคือ NHR และ SPI

(รายละเอียดในการสกัดสวนะลักษณะ สามารถดูได้จากหัวข้อ 2.11 และกลุ่มของสวนะลักษณะอื่นๆ ดู จากภาคผนวก ง.)



แผนภูมิที่ 5.2 การคัดเลือกสวนะลักษณะ

ตารางที่ 5.5 ชื่อย่อสวณะลักษณะที่คัดเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ชื่อย่อสวณะลักษณะ	คำอธิบาย
MFO	ค่าเฉลี่ยความถี่มูลฐาน
Tsam	ความยาวของเสียงตัวอย่าง
Jitt (%)	จิตเตอร์ (เปอร์เซ็นต์)
sPPQ	ผลหารของการรบกวนคาบพิทซ์ที่ราบเรียบ
vF0	สัมประสิทธิ์การแปรผันของความถี่มูลฐาน
Shim (%)	ชิมเมอร์ (เปอร์เซ็นต์)
sAPQ	ผลหารของการรบกวนค่าแอมพลิจูดที่ราบเรียบ
vAm	สัมประสิทธิ์การแปรผันของแอมพลิจูด
NHR	สัดส่วนระหว่างสัญญาณเสียงรบกวนเทียบกับสัญญาณเสียงพูดปกติ
SPI	ดัชนีวัดความเบาของเสียง

รายละเอียดในการคัดเลือกสวณะลักษณะทั้ง 10 ตัว แสดงดังต่อไปนี้

5.5.3.1 ค่าเฉลี่ยของความถี่มูลฐาน (MFO: Hz)

ค่าความถี่มูลฐาน (F0) เป็นค่าความถี่ตามธรรมชาติที่ต่ำที่สุดของเสียงพูด ซึ่งแต่ละคนจะมีค่าเฉลี่ยของค่า F0 ไม่เท่ากัน โดยในคนปกติเพศชายจะมีค่าเฉลี่ย F0 คือ 120 Hz อยู่ในช่วง 85-180 Hz และเพศหญิงจะมีค่าเฉลี่ย F0 คือ 200 Hz อยู่ในช่วง 165-255 Hz (Titze, 1994) เป็นที่ทราบกันว่าหาก F0 มีค่าสูง หมายถึงจำนวนรอบของการสั่นของเส้นเสียงใน 1 วินาที ก็จะมากตามไปด้วย ซึ่งทำให้เกิดเสียงแหลม หากจำนวนรอบของการสั่นต่ำก็จะทำให้เกิดเสียงทุ้ม ดังนั้นค่า F0 จึงสามารถใช้ทำนายเสียงทุ้มหรือเสียงแหลมได้ นอกจากนี้งานวิจัยของ Bowen และคณะ, (2013) แสดงว่าค่า F0 ของผู้ป่วยพาร์กินสัน (ช่วงยาไม่ได้ออกฤทธิ์) จะมีค่ามากกว่าคนกลุ่มปกติ พบได้ทั้งเพศชายและเพศหญิง

5.5.3.2 ความยาวของเสียงตัวอย่าง (Tsam : s)

ผู้ป่วยพาร์กินสันมักมีปัญหาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ เช่นมีภาวะกล้ามเนื้อแข็งเกร็ง ขาดความยืดหยุ่น ตืดขัด เคลื่อนไหวยาก การขาดความสมดุลในการทรงตัวทำให้ร่างกายไม่ได้อยู่ในแนวกลาง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจจะสัมพันธ์กับการออกเสียง ระยะเวลาการหายใจ หากกล้ามเนื้อนั้นทำงานผิดปกติ จะทำให้การหายใจบกพร่อง หนื่อยง่าย ส่งผลให้การออกเสียงได้สั้นลงกว่าปกติ (deSouza และคณะ, 2014; Huber, Chandrasekaran และ Wolstencroft, 2005; Troche และคณะ, 2011) โดยทั่วไปแล้วในคนปกติอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป จะออกเสียงแบบคงที่ในหนึ่งลมหายใจได้ประมาณ 22.27 วินาที (Maslan และคณะ, 2011a) และในผู้ป่วยพาร์กินสัน จะออกเสียงแบบคงที่ได้สั้นกว่าในคนปกติ (Roxbury, 2014) ดังนั้นการงานวิจัยนี้จึงใช้ความยาวในการออกเสียงร่วมด้วย

5.5.3.3. จิตเตอร์ เปอร์เซนต์ (Jitt : %)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีภาวะแข็งเกร็ง กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นน้อย การเคลื่อนไหวยากลำบาก ทำให้กล้ามเนื้อที่ช่วยส่งเสริมการออกเสียงผิดปกติไปด้วย เช่นกล้ามเนื้อที่ควบคุมปริมาณของลมที่ออกมาจากปอดทำงานผิดปกติ ส่งผลให้มีการหายใจที่ผิดปกติ ลมส่งเข้าไปยังกล่องเสียงผ่านออกที่เส้นเสียงได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เสียงที่ออกมาจากเส้นเสียงนั้นไม่ราบเรียบหรือคงที่ หรือภาวะแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณลำคอ ก็จะทำให้ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อรอบกล่องเสียงซึ่งเชื่อมต่อกับเส้นเสียงมีความผิดปกติตามไปด้วย ส่งผลให้การสั่นของเส้นเสียงไม่สม่ำเสมอ (Silva และคณะ, 2012) ผู้วิจัยเลือกใช้จิตเตอร์ ซึ่งเป็นปริมาณแทนการเปลี่ยนแปลงความถี่มูลฐานของเสียง

5.5.3.4 ผลหารของการรบกวนคาบพิทซ์ที่ราบเรียบ (sPPQ : %)

ผู้ป่วยพาร์กินสันมีภาวะการสั่น และภาวะแข็งเกร็ง ทำให้พูดแบบควบคุมไม่ได้เนื่องจากการหดเกร็งของสายเสียง (spasmodic dysphonia) มีเสียงสั่น การออกเสียงสูง-เสียงต่ำและความเข้มเสียงผิดปกติ (MacPherson, Huber และ Snow, 2011; Shmouni และคณะ, 2014; Yang และคณะ, 2014) โดยทั่วไปแล้วลักษณะดังกล่าวสามารถวัดได้โดยการใช้ sPPQ ที่มีค่า SF สูง เพราะจะมีความสัมพันธ์กับการวัดความเข้มเสียง Deliyski, Orlikoff & Kahane (1991) พบว่าการใช้ sPPQ ที่ SF อยู่ในช่วง 45-65 คาบ จะทำให้เห็นค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มและความถี่ของสัญญาณเสียงเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำค่า sPPQ มาใช้ร่วมกับ vF0 จะสามารถนำไปใช้ใน

การประเมินความเข้มของสัญญาณเสียงและความถี่ของสัญญาณเสียงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสวนะลักษณะนี้มาใช้เพื่อประเมินการออกเสียงที่ผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสัน

5.5.3.5 สัมประสิทธิ์การแปรผันของความถี่มูลฐาน (vFO : %)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีลักษณะลำตัวสั่นในขณะที่พัก และพบความสัมพันธ์กับระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงมีการสั่นตามไปด้วย แต่ทว่าการออกเสียงเป็นลักษณะการกระทำแบบตั้งใจ ก็สามารถทำให้เกิดอาการสั่นเหล่านี้ขึ้นมาได้ และมีรายงานว่าในขณะที่ผู้ป่วยพาร์กินสันออกเสียงนั้น มีการสั่นของกล้ามเนื้อคอและกล้ามเนื้อกล่องเสียงที่ผิดปกติร่วมด้วย เป็นผลมาจากการทำงานที่ผิดปกติของสมอง ส่งผลให้กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจและการออกเสียงสั่นเครือ ไม่ราบเรียบ เสียงที่พูดออกมาจะสั่นเครือตามไปด้วย แม้จะไม่ใช้เวลาพักก็ตาม (Carroll และคณะ, 2015; NIH, 2012) vFO คือ สัดส่วนของค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความถี่มูลฐานต่อค่าเฉลี่ยของความถี่มูลฐานของเสียงที่นำมาวิเคราะห์ เพื่อดูการกระจายของข้อมูลของเสียงตัวอย่างที่ศึกษาว่ามีค่ามากหรือน้อยต่างกันเพียงไร จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ผู้วิจัยที่นำสวนะลักษณะนี้มาใช้ร่วมในการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยเสียงพูด

5.5.3.6. ซิมเมอร์ เฮอร์เชินต์ (Shim : %)

ผู้ป่วยพาร์กินสันมีภาวะแข็งเกร็งของร่างกาย จะส่งผลกระทบต่อให้กล้ามเนื้อโดยรอบเส้นเสียงทำงานผิดปกติตาม เส้นเสียงมีการสั่นเป็นคาบที่ไม่สมบูรณ์ และยังทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงมีค่าไม่คงที่อีกด้วย ทำให้ความถี่ในการออกเสียงไม่สม่ำเสมอ ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีภาวะเสียงที่เบาลง มีการเปลี่ยนแปลงเสียงดัง - เบาไม่คงที่ (Fox และคณะ, 2012; Holmes และคณะ, 2000; Metter และ Hanson, 1986) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ซิมเมอร์ ซึ่งคือปริมาณที่แทนการเปลี่ยนแปลงความถี่ของเสียง

5.5.3.7. ผลหารของการรบกวนค่าแอมพลิจูดที่ราบเรียบ (sAPQ: %)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีภาวะการสั่นของร่างกาย และแข็งเกร็ง ทำให้การออกเสียงแบบการหดเกร็งของสายเสียง ไม่สามารถควบคุมระดับเสียงดัง-เบาได้ (MacPherson

และคณะ, 2011; Shmouni และคณะ, 2014; Yang และคณะ, 2014) โดยทั่วไปแล้วเราสามารถวัดได้โดยการใช้ sAPQ ที่มีค่า SF สูง เพราะจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของการออกเสียง และจากงานวิจัยของ Deliyiski, Orlikoff & Kahane (1991) พบว่าการใช้ sPPQ ที่ SF อยู่ในช่วง 45-65 คาบ จะทำให้เห็นค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้ม และค่าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงสั้นเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำ sPPQ มาใช้ร่วมกับ vAm จะสามารถใช้ประเมินความเข้มของสัญญาณเสียงและค่าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสภาวะลักษณะนี้มาใช้เพื่อร่วมประเมินการออกเสียงที่ผิดปกติของผู้ป่วยพาร์กินสัน

5.5.3.8. *สัมประสิทธิ์การแปรผันของแอมพลิจูด (vAm : %)*

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีลักษณะลำตัวสั่นในขณะที่พัก พบ ความสัมพันธ์กับระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงจะมีการสั่นตาม ทำให้เสียงพูดสั่นตามไปด้วย vAm คือสัดส่วนของค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแอมพลิจูดต่อค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของเสียง ใช้สำหรับวัดการกระจายของข้อมูลของเสียงที่ศึกษาว่ามากหรือน้อยต่างกันเพียงไร จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ผู้วิจัยที่นำสภาวะลักษณะค่านี้นี้มาใช้ร่วมในการประเมินโรคพาร์กินสัน

5.5.3.9. *สัดส่วนระหว่างสัญญาณเสียงรบกวนเทียบกับสัญญาณเสียงพูดปกติ (NHR)*

ผู้ป่วยพาร์กินสันมักจะมีภาวะเสียงแหบแห้ง ภาวะแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อในการออกเสียง ซึ่งเกิดมาจากความผิดปกติของสมอง ทำให้กล่องเสียงทำงานผิดปกติ เส้นเสียงอัมพาต (atrophy) หรือมีเส้นเสียงหย่อนยาน (bowing vocal cords) ส่งผลให้มีปัญหาเรื่องการเปิด-ปิดของเส้นเสียงผิดปกติ (Stelzig และคณะ, 1999) โดยทั่วไปขณะที่ผู้ป่วยออกเสียงพูด ผู้ป่วยจะไม่มีแรงลมในการออกเสียงมาก ผู้ป่วยจึงใช้อัตราลมเพิ่มขึ้นกว่าปกติ ทำให้มีการรบกวนของสัญญาณเสียงในกล่องเสียงมากเกินไป ส่งผลให้สายเสียงสั้น และพูดได้สั้นกว่าปกติ ผู้ป่วยจึงชดเชยโดยการใช้ลมที่ค้างในปอด พร้อมการหายใจด้วยปากในการพูด จึงทำให้เกิดการเค้นเสียงและเกร็งเสียง เกิดการอักเสบของเส้นเสียงและเสียงแหบแห้งขึ้น (Feierabend และ Shahram, 2009; Schley, Fenton และ Niimi, 1982) และลักษณะเสียงดังกล่าวสามารถถูกแทนได้ด้วย NHR (Llorente และคณะ, 2010; Yumoto และคณะ, 1982) ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ NHR ช่วยในการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยเสียงพูด

5.5.3.10. ดัชนีวัดความเบาของเสียง (SPI)

ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีอาการลำตัวแข็งเกร็ง จนทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบผนังของทางเดินเสียง (vocal tract wall) มีภาวะแข็งเกร็งตามไปด้วย กล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกเสียงผิดปกติ แข็งเกร็ง ขาดความยืดหยุ่น จึงไม่สามารถปิดเส้นเสียงได้อย่างสนิทหรือสมบูรณ์ (Koreman และ Pützer, 1997) ทำให้เกิดมีเสียงลมแทรกออกจากช่องคอ เสียงเบาลง (Lombard และ Steinhauer, 2007) เสียงอ่อนแรง ไม่มีพลังงาน เนื้อเสียงหาย นอกจากนั้นยังพบว่าการปิดเส้นเสียงแบบหลวมๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าฮาร์โมนิคของเสียงด้วย (Mathew และ Bhat, 2009) SPI สามารถช่วยในการประเมินการทำงานของเส้นเสียงว่าสามารถปิดได้สมบูรณ์หรือไม่ ดึงหลวมเพียงใด ในขณะที่ออกเสียงยาวแบบคงที่ ถ้า SPI เพิ่มขึ้นแสดงว่ามีปัญหาการปิดเส้นเสียงไม่สมบูรณ์ แต่ก็ไม่สามารถใช้ชี้ถึงความผิดปกติของการออกเสียงเสมอไป เพียงแค่เป็นตัวชี้วัดว่าเส้นเสียงปิดได้สนิทหรือไม่ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำ SPI มาช่วยในการประเมินโรคพาร์กินสันด้วย

5.6. วิธีการประเมิน (Evaluation method)

เทคนิคการคัดแยกการโรคพาร์กินสันที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ Support Vector Machine (SVM) เพราะ SVM เป็นเทคนิคที่ใช้คัดแยกกลุ่มข้อมูลออกจากกันเป็นสองกลุ่ม ที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับมากในปัจจุบัน ถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายวงการ เช่น เศรษฐศาสตร์ การแพทย์ เป็นต้น (Gil และ Johnson, 2009; Yadav และคณะ, 2011) SVM สามารถใช้ได้กับกลุ่มข้อมูลหรือสวนะลักษณะที่เป็นเชิงเส้นตรงและไม่เป็นข้อมูลเชิงเส้นตรง และยังสามารถใช้กับข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง (Auria และ Moro, 2008)

SVM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแบบ LibSVM โดยกำหนดพารามิเตอร์พื้นฐาน ดังนี้

ฟังก์ชันคอร์เนล = RBF

Kernel gamma = 1

kernel cache = 200

C = 0

convergence epsilon = 0.001

epsilon = 0

L pos = 1,

L neg = 1

ในการวิจัยนี้ จะใช้วิธีตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้จำนวน 10 โฟล์ด ดังอธิบายในหัวข้อ 2.14 ในการแบ่งข้อมูลนั้น การจัดจำนวนกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 5.6 โดยกลุ่มตัวอย่างจะมี 4 กลุ่มย่อยคือ NCF (n=24), NCM (n=19), PDF (n=23) และ PDM (n=26) และจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน ดังนั้นการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 10 โฟล์ด ต้องจัดให้มีตัวแทนของ 4 กลุ่มย่อยดังกล่าวให้สมดุลในแต่ละโฟล์ด และการประมวลผลจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบลำดับชั้น stratified sampling

ตารางที่ 5.6 การจัดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละโฟล์ด

โฟล์ด	NCF (n=24)	NCM (n=19)	PDF (n=23)	PDM (n=26)	รวม
1	3	1	3	2	9
2	3	2	2	2	9
3	3	2	2	2	9
4	3	2	2	2	9
5	2	2	2	3	9
6	2	2	3	3	10
7	2	2	3	3	10
8	2	2	2	3	9
9	2	2	2	3	9
10	2	2	2	3	9
รวม	24	19	23	26	92

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประเมิน คือ Rapidminer Studio รุ่นที่ 7.2 (Hofmann และ Klinkenberg, 2013; Ott, 2012)

5.7. ผลการประเมิน และอภิปรายผล

5.7.1. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์

ผลการประเมินการคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์ แสดงดังตารางที่ 5.7 พบว่า PSO ให้ความแม่นยำสูงสุด คือ $82.17 \pm 4.22\%$ และ forward selection ให้ความแม่นยำที่ต่ำที่สุด คือ $67.61 \pm 5.19\%$ ค่าความแม่นยำของการประเมินขึ้นอยู่กับกลุ่มสวนะลักษณะที่ถูกคัดเลือกจากเทคนิควิธีทางคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน เพราะแต่ละเทคนิคจะมีวิธีการคำนวณค่าความสัมพันธ์และน้ำหนักเวกเตอร์ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ได้ค่าสวนะลักษณะที่ต่างกัน มีผลให้ความแม่นยำที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.7 ค่าความแม่นยำของการประเมิน เมื่อใช้การคัดเลือกสวนะลักษณะด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์

วิธีการ	กลุ่มสวนะลักษณะ	ความแม่นยำ	
		%	SD
Fisher Filtering	SPI + Jitt + RAP + Jitta + PPQ	67.61	7.24
Forward Selection	F0 + T0 + STD + Jitt + PPQ + vF0 + shim + APQ + NHR + SPI	67.61	5.19
Backward Elimination	F0 + MF0 + T0 + F(hi), F(lo), STD, PFR, Tsam, Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vF0, ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm, NHR, VTI, PER	80.22	4.40
Particle Swam Optimization (PSO)	F0 + T0 + PFR + Tsam + mF0 + F(lo) + STD + vF0 + sAPQ + Jitt + vAM + VTI + SPI + DVB + DSH + DUV + NSH + NUV	82.17	4.22

5.7.2. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสภาวะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลความแม่นยำในการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการคัดเลือกสภาวะลักษณะอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 5.8 พบว่างาน Little และ คณะ (2009) มีค่าความแม่นยำสูงสุด คือ 78.87 ± 5.36 % และงานของ Guma และคณะ (2012) มีค่าความแม่นยำต่ำที่สุดคือ 68.48 ± 5.08 %

ตารางที่ 5.8 ค่าความแม่นยำ เมื่อใช้การคัดเลือกสภาวะลักษณะ กับงานวิจัยอื่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	กลุ่มสภาวะลักษณะ	ความแม่นยำ	
		%	SD
Gama และคณะ (2012)	STD + Jitt(%) + Shim(%) + NHR	68.48	5.08
Yuceturk และคณะ (2002)	Tsam + F0 + F(hi) + F(lo) + F(range) + Shim(dB) + HNR	73.70	4.40
Little และคณะ (2009)	Jitter + Shimmer + NHR + F0 + SPL	78.87	5.36
Shivan และ Tanami (2011)	1) F0 + F(hi) + F(lo) + Jitter(%) + Jitter (ABS) + RAP + Shim+ APQ5 + HNR	69.13	5.31

5.7.3. ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสภาวะลักษณะโดยพิจารณาตาม

ลักษณะความผิดปกติของเสียง

ผลการประเมินเมื่อใช้การคัดเลือกสภาวะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงพูด แสดงดังตารางที่ 5.9 พบค่าความแม่นยำในระดับสูง คือ 87.17% ค่าความไวในระดับสูงมาก คือ 92.24% ค่าความจำเพาะในระดับสูงเช่นกัน คือ 81.40% และค่าการทำนายเป็นบวก (PPV) หมายถึง โอกาสที่กลุ่มตัวอย่างที่ถูกทำนายว่าเป็นโรคพาร์กินสันแล้วเป็นโรคพาร์กินสันจริงๆ เท่ากับ 84.96% ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่อยู่ในระดับสูง และค่าการทำนายเป็นลบ (NPV) หมายถึง โอกาสของคนที่ถูกทำนายว่าเป็นคนกลุ่มคนปกติ และเป็นคนกลุ่มคนปกติเท่ากับ 90.20% แสดงว่าการผลการทดสอบให้ผลอยู่ในระดับสูงเช่นกัน

ตารางที่ 5.9 ผลการประเมิน ด้วยคัดเลือกสวนะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติ
ของเสียงพูด

รายละเอียด	ผลการประเมิน
ความแม่นยำ (%)	87.17
ความไว (%)	92.24
ความจำเพาะ (%)	81.40
การทำนายเป็นบวก (%)	84.96
การทำนายเป็นลบ (%)	90.20

ผลการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันและกลุ่มคนปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่แท้จริง แสดงดังตารางที่ 5.10 พบว่าผู้ป่วยพาร์กินสันถูกประเมินเป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน (TP) จำนวน 226 กลุ่มคนปกติถูกประเมินเป็นกลุ่มคนปกติ (TN) จำนวน 175 กลุ่มคนปกติถูกประเมินเป็นโรคพาร์กินสันเท่ากับ (FP) จำนวน 40 คน และผู้ป่วยพาร์กินสันถูกประเมินเป็นกลุ่มคนปกติ (FN) จำนวน 19 คน จากข้อมูลดังกล่าว จะพบว่ามีค่าการประเมินถูกต้องจำนวน 401 เสียงตัวอย่างจากทั้งหมด 460 เสียง ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.10 ผลการประเมินโรคพาร์กินสัน (จำนวนเสียงตัวอย่าง = 460)

สภาพที่แท้จริง	ผลการประเมิน	
	ผู้ป่วยพาร์กินสัน	กลุ่มคนปกติ
ผู้ป่วยพาร์กินสัน	226 (TP)	19 (FN)
กลุ่มคนปกติ	40 (FP)	175 (TN)

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำจากการคัดเลือกสวนะลักษณะทั้งสามวิธี แสดงดังตารางที่ 5.11 พบว่าการคัดเลือกสวนะลักษณะโดยพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดคือ 87.17% รองลงมาคือการคัดแยกด้วยเทคนิควิธี PSO และจากงานวิจัยของ Little และคณะ (2009) มีค่าต่ำสุด คือ 78.87%

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบความแม่นยำการคัดเลือกสวนะลักษณ์ ด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ งานวิจัยที่ผ่านมา และพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติที่เกี่ยวข้อง

การคัดเลือกสวนะลักษณ์	กลุ่มสวนะลักษณ์	ความแม่นยำ %
Particle Swam Optimization (PSO)	F0 + T0 + PFR + Tsam + mF0 + F(lo) + STD + vF0 + sAPQ + Jitt + vAM + VTI + SPI + DVB + DSH + DUV + NSH + NUV	82.17
Little และคณะ (2009)	Jitter + Shimmer + NHR + F0 + SPL	78.87
พิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง	mF0 + Tsam + Jitt + sPPQ + vF0 + shim + sAPQ + vAM + NHR + SPI	87.17

การประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันที่ได้จากการวิจัยนี้ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ลักษณะความผิดปกติทางร่างกาย และเชื่อมโยงความผิดปกติในการออกเสียงของผู้ป่วย โดยพิจารณาใช้สวนะลักษณ์ที่สัมพันธ์กัน พบว่าผลการประเมินจากการคัดเลือกสวนะลักษณ์ด้วยเหตุผลทางด้านคลินิกเป็นพื้นฐาน มีค่าความแม่นยำในการประเมินสูงกว่าการคัดเลือกด้วยเทคนิควิธีการทางคอมพิวเตอร์ หรือการอ้างอิงตามงานวิจัยอื่น

ทั้งนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 5.2 เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า (ส่วนใหญ่) งานของ Shahbakhi และคณะ (2014); Shahbakhi และคณะ (2013); Rustem-pasic และคณะ (2013); Ramahi และคณะ (2011); Yadav และคณะ (2011); Guo และคณะ (2010); Das และคณะ (2010); Gil และคณะ (2009); Ene และคณะ (2008) ข้อมูลเสียงตัวอย่างที่ใช้ขึ้นมาจากแหล่งข้อมูลออนไลน์กลาง (Little และคณะ, 2009) มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 31 คน ซึ่ง 23 คน เป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน และที่เหลือ 8 คน เป็นคนปกติ สัดส่วนเมื่อเทียบกลุ่มตัวอย่างกันจะเท่ากับ 3:1 นั้นหมายความว่าอาจส่งผลให้ข้อมูลเกิดความไม่สมดุล มีโอกาสที่ค่าความแม่นยำจะสูงตามไปด้วย และนอกจากนั้นข้อมูลที่มาจากรฐานข้อมูลกลางนี้

ทั้งนี้ฐานข้อมูลผู้วิจัยที่ได้สร้างขึ้น ดีกว่ากลุ่มตัวอย่างจากข้อมูลออนไลน์ส่วนกลางคือ มีจำนวนในกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมี 102 คน ซึ่งถูกใช้ในการประเมินด้วยประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ จำนวน 92 คน จะแบ่งเป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 49 คน และคนปกติ จำนวน 43 คน คิดเป็นสัดส่วน 1.1:1 ทำให้ข้อมูลมีความสมดุล น่าเชื่อถือมากกว่า นอกจากนี้จำนวนเสียงตัวอย่างของข้อมูลกลางมีเพียง 186 ตัวอย่าง แต่ของผู้วิจัยมีกรณีตัวอย่างจำนวน 460 ตัวอย่าง ซึ่งมีจำนวนที่ใช้ในการคำนวณที่มากกว่า จึงทำให้มีความน่าเชื่อถือมากกว่าตามไปด้วย

ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น เป็นการเก็บข้อมูลเสียงโดยผ่านระบบทางไกล ซึ่งเก็บจากบ้านของผู้ป่วยพาร์กินสันหรือกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ห่างไกล อาจเกิดปัญหาความไม่เสมอภาคของการเชื่อมต่อระบบการบันทึก เนื่องจากสิ่งแวดล้อมและผู้ดำเนินการบันทึกเสียงที่แตกต่างกัน ย่อมมีโอกาสทำให้เสียงตัวอย่างมีความคลาดเคลื่อนได้ แต่สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ถูกบันทึกเสียง ในสถานที่เดียวกัน และอุปกรณ์ที่ใช้เหมือนกัน จึงทำให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

5.8. การเปรียบเทียบการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด และการฟังด้วยมนุษย์

การเปรียบเทียบการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด และการฟังนั้น ยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากการประเมินฟังเสียงตัวอย่างจำนวน 92 เสียง แต่การประเมินด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ ใช้เสียงตัวอย่างที่มากกว่าคือ 460 เสียง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกเสียงตัวอย่างเพียง 92 เสียง จากการประมวลสัญญาณเสียงพูด ซึ่งเป็นเสียงเดียวกับการประเมินด้วยการฟัง เพื่อให้การเปรียบเทียบผลการประเมินเป็นไปอย่างเสมอภาค

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (intra-class correlation coefficient) หรือ ICC ถูกนำมาใช้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการฟังของผู้ประเมิน และการประมวลสัญญาณเสียงพูด แสดงดังตารางที่ 5.12 พบว่าค่า ICC ในกลุ่มคนปกติ มีค่าเท่ากับ 0.48 กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันเท่ากับ 0.52 และรวมทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 0.50 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางตามเกณฑ์ของการแปลผลค่า ICC (โดยอ้างอิงจาก Fleiss (1981)) หมายความว่า การประเมินด้วยการฟังและการประมวลสัญญาณเสียงพูด มีการประเมินไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกันในระดับปานกลาง

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบความแม่นยำการประเมินกลุ่มคนปกติและกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน และค่า ICC ระหว่างการฟัง และการประมวลสัญญาณเสียงพูด

กลุ่ม	ความแม่นยำ				Intra-class Correlation	ช่วงความเชื่อมั่น 95%
	การฟัง		การประมวลสัญญาณเสียงพูด			
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD		
NC	62.79	± 36.59	79.07	± 41.16	0.4763	0.0331 to 0.7163
PD	66.69	± 35.41	81.63	± 39.12	0.5174	0.1444 to 0.7278
ทั้งหมด	64.86	± 35.76	80.43	± 39.89	0.4989	0.2422 to 0.6686

หมายเหตุ NC คือ กลุ่มคนปกติ PD คือกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน

จากตารางที่ 5.13 แสดงผลการประเมินเบื้องต้น และตารางที่ 5.14 แสดงผลการประเมินสรุป พบว่าการประมวลสัญญาณเสียงพูด มีค่าความแม่นยำ เท่ากับ 80.43% ความไวเท่ากับ 81.63% และความจำเพาะเท่ากับ 79.10% มีค่าสูงกว่า ในการประเมินด้วยการฟังซึ่งมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 64.85 % ความไวมีค่าเท่ากับ 66.67% และค่าความจำเพาะเท่ากับ 62.79% นอกจากนี้ค่าการทำนายของการประมวลสัญญาณเสียงพูดก็ดีกว่าด้วย และแสดงว่าประสิทธิภาพของการประมวลสัญญาณเสียงพูด ดีกว่าในการฟังโดยผู้ประเมิน

ตารางที่ 5.13 ผลการประเมินระหว่างการฟัง และการประมวลสัญญาณเสียงพูด

การเปรียบเทียบ	สภาพที่แท้จริง	ผลการประเมิน	
		ผู้ป่วยพาร์กินสัน	กลุ่มคนปกติ
ผู้ป่วยพาร์กินสัน	การฟัง	32.67 (TP)	16.33 (FN)
	การประมวลสัญญาณเสียงพูด	40.00 (TP)	9.00 (FN)
กลุ่มคนปกติ	ผู้ประเมิน	16.00 (FP)	27.00 (TN)
	ระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ	9.00 (FP)	34.00 (TN)

ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประเมินโรคพาร์กินสัน ด้วยการฟัง และการประมวลสัญญาณเสียงพูด

รายละเอียด	การฟัง	การประมวลสัญญาณเสียงพูด
ค่าความแม่นยำ (%)	64.85	80.43
ค่าความไว (%)	66.67	81.63
ค่าความจำเพาะ (%)	62.79	79.10
ค่าการทำนายเป็นบวก (PPV) (%)	67.13	81.63
ค่าการทำนายเป็นลบ (NPV) (%)	62.31	79.10
พื้นที่ใต้กราฟ ROC (AUC) (%)	64.70	80.40

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการประเมินโรคต่างๆระหว่างมนุษย์และการเรียนรู้ด้วยเครื่อง พบว่าการประเมินโรคด้วยการเรียนรู้ของเครื่องมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า เป็นเพราะว่าการเรียนรู้ของเครื่องมีความฉลาดในการจดจำลักษณะเฉพาะ หรือทำงานในลักษณะที่ซับซ้อนได้ดี รวมถึงสามารถทำงานกับข้อมูล หรือรูปแบบที่เป็นตัวเลขได้ดีกว่ามนุษย์ ส่วนมนุษย์นั้นจะใช้วิธีการจดจำผ่านการเรียนรู้จากประสบการณ์เฉพาะ เป็นรายบุคคล และความจำในสมองของมนุษย์ไม่ได้สมบูรณ์แบบ ทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการประเมินโรคได้สูงกว่าการเรียนรู้ของเครื่องหรือคอมพิวเตอร์ (Chard, 1987; Lee และคณะ, 2001; R. E. Miller และคณะ, 2011; Ray D Kent, 1996)

5.9. บทสรุปการวิจัยในบทนี้

ในบทนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด โดยใช้การคัดเลือกสวณะลักษณะ 3 แบบ คือการคัดเลือกด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ ด้วยการอ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา และด้วยการพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียง ทำการประเมินโดยใช้ เทคนิคการคัดแยกแบบ SVM ด้วยฟังก์ชัน RBF พบว่าการคัดเลือกสวณะลักษณะด้วยการพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงได้ผลดีที่สุด คือค่าความแม่นยำ 87.17% ค่าความไว 92.24% และค่าความจำเพาะ 81.40% และดีกว่าการประเมินด้วยการฟัง การประมวลสัญญาณเสียงพูดนี้ มีความน่าเชื่อถือสำหรับการประเมินผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน และสามารถเป็นทางเลือกใหม่เพื่อช่วยแพทย์ในการประเมินโรคพาร์กินสันต่อไปในอนาคต

บทที่ 6

การประเมินระดับความรุนแรงที่เกี่ยวข้องกับอาการออกเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด

ในปัจจุบัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินอาการความรุนแรงของผู้ป่วยพาร์กินสัน นิยมใช้หลักสถิติในการวิเคราะห์ ส่วนการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน UPDRS นั้น พบเพียงงานเดียว คือ ของ Khan และคณะ (2014) งานวิจัยดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้วิจัยเกิดแรงจูงใจในการแบ่งระดับความรุนแรงของผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการประมวลผลเสียงพูด เทียบกับเกณฑ์การวินิจฉัยระดับความรุนแรงทางคลินิก (clinical severities)

6.1 จุดประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประเมินระดับความรุนแรงตามเกณฑ์การประเมินโรคด้วย UPDRS ของผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยใช้การประมวลผลเสียงพูด

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rusz และคณะ (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะลักษณะ และอาการความรุนแรงของโรคที่ถูกประเมินด้วยแบบประเมิน UPDRS จากกลุ่มตัวอย่างชาวเช็ก (Czech) จำนวน 46 คน เป็นผู้ป่วยพาร์กินสัน 24 คน ที่ยังไม่ได้รับการรักษาทางยา ลักษณะของข้อมูลเสียงที่ใช้คือ การออกเสียงแบบยาวๆ การออกเสียงแบบซ้ำๆ และการอ่านบทความ และใช้ค่าความสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงโดยแบ่งตามระยะของ H&Y และระยะเวลาดำเนินของโรค จากการประเมิน UPDRS ตอนที่ III และสภาวะลักษณะ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสภาวะลักษณะและความรุนแรงของโรคพาร์กินสันที่ประเมินด้วย H&Y หรือระยะเวลาการดำเนินของโรค และการประเมิน UPDRS ในตอนที่ III

Khan และคณะ (2014) ได้ศึกษาสภาวะลักษณะของเสียงตัวอย่างที่แบบเสียงพูดประโยคยาวๆ สามแบบ เพื่อหาความบกพร่องในแต่ละแบบ และการใช้สภาวะลักษณะ เพื่อประเมินระดับอาการความรุนแรงทางคลินิกของเสียงที่สัมพันธ์กับ UPDRS และใช้ SVM ตัววิธีคัดแยก

ในการศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 80 คน อ่านบทความแบบทดสอบมาตรฐาน (standard running speech test : RST) จำนวน 3 เรื่อง คือ 1) the north wind and the sun 2) the rainbow passage และ 3) the grandfather passage ผู้ป่วยแต่ละคนจะถูกประเมิน ตามอาการ ความรุนแรงทางคลินิก (clinical symptom) ด้วยการใช้การแบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน UPDRS-S ตอนที่ III ข้อที่ 18 มีคะแนนตั้งแต่ 0-4 ซึ่ง '0' = ปกติ (normal) จนถึง '4' = ขึ้นรุนแรง (severity) ผู้ป่วยพาร์กินสันถูกประเมินระดับความรุนแรงเพียง 3 ระดับ เท่านั้น คือระดับ 0, 1 และ 2 เท่านั้น เสียงของผู้ป่วยจะถูกสกัดสวณะลักษณะ คือ 1) อาการออกเสียงคงที่ ใช้สวณะลักษณะ CSD 2) อาการออกเสียงชัดเจน (articulatory symptom) ใช้สวณะลักษณะ MFCC และ 3) การออกทำนองเสียง (prosodic symptoms) ใช้สวณะลักษณะจำนวนของการหยุด (number of pauses) จากนั้นใช้เทคนิควิธีตัดแยกแบบ multiclass SVM และการตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ 10 โฟลด์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความแม่นยำทั้ง 3 ระดับคือ ใน RST1 มีค่า เท่ากับ 62.5% RST2 มีค่า เท่ากับ 70.0% และ ใน RST3 มีค่า เท่ากับ 83.75%

6.3 การออกแบบการประเมินระดับความรุนแรงทางด้วยการประมวลผลเสียงพูด

ผู้วิจัยใช้การประมวลสัญญาณเสียงพูดจากบทที่ 5 มาประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิก ตามเกณฑ์ของแบบประเมิน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) (ดูหัวข้อที่ 2.7.2) จำนวน 2 ตอน คือ ตอนที่ II กิจกรรมประจำวัน ข้อที่ 5 6 และ 7 คือ ความสัมพันธ์ด้านภาวะความเข้าใจการพูด ภาวะน้ำลายไหล และภาวะการกลืน ตามลำดับ รวมถึงตอนที่ III เกี่ยวกับระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ข้อที่ 18 สัมพันธ์กับระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวในการออกเสียง

6.3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการประเมินครั้งนี้ คัดเลือกเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 59 คน ซึ่งแบ่งเป็นเพศหญิงจำนวน 29 คน และเพศชายจำนวน 30 คน และได้ถูกประเมินตามระดับความรุนแรงทางคลินิกของโรคพาร์กินสัน ด้วยแบบประเมิน H&Y อยู่ที่ระดับ 1-4 คือ ตั้งแต่ระยะขั้นเริ่มต้น จนถึงขั้นรุนแรง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 6.1 กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 59 คน มีช่วงอายุ 50 – 86 ปี มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 67.29 ± 7.42 ปี โดยกลุ่มพาร์กินสันเพศหญิง (PDF) มีช่วงอายุ 53 - 86 ปี มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 65.52 ± 7.95 ปี และกลุ่มพาร์กินสันเพศชาย (PDM) มีช่วงอายุ 50 - 80 ปี มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุเท่ากับ 67.07 ± 7.0 ปี ระยะเวลาการเป็นโรคมียค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.80 ± 4.67 ปี โดยผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง (PDF) เท่ากับ 7.41 ± 4.26 ปี และผู้ป่วยพาร์กินสันเพศชาย (PDM) 6.20 ± 5.03 ปี คะแนนความรุนแรง H&Y ของผู้ป่วยพาร์กินสันทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.53 ± 0.92 ซึ่งเพศหญิง (PDF) เท่ากับ 2.64 ± 0.92 และเพศชาย (PDM) เท่ากับ 2.43 ± 0.92

6.3.2 เสียงตัวอย่าง

เสียงตัวอย่างเป็นเสียง/อา/ของผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 59 คน มาจากฐานข้อมูลเสียงจากบทที่ 3

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยพาร์กินสัน

กลุ่ม	PDF	PDM	ทั้งหมด
อายุเฉลี่ย (ปี)	65.52	67.07	67.29
SD (ปี)	± 7.95	± 7.00	± 7.42
ช่วงอายุ (ปี)	53-86	50-80	50-86
ระยะเวลาการเป็นโรค (ปี)	7.41	6.20	6.80
SD (ปี)	± 4.26	± 5.03	± 4.67
H&Y	2.64	2.43	2.53
SD	± 0.92	± 0.92	± 0.92

หมายเหตุ PDF คือผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง และ PDM คือผู้ป่วยพาร์กินสันเพศชาย

6.3.3 การประเมินความรุนแรงทางคลินิกด้วยแพทย์เฉพาะทาง

กลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยพาร์กินสันทุกคนจะถูกประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ด้วยแบบประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 5, 6, 7 และตอนที่ III ข้อที่ 18 โดยแพทย์เฉพาะทาง ระดับความรุนแรงแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ หากไม่มีอาการหรือเป็นปกติแทนด้วยระดับ '0' หากมีอาการเล็กน้อยแทนด้วยระดับ '1' ไปจนถึงอาการขั้นรุนแรงแทนด้วยระดับ '4' ตามลำดับ (ผลการประเมินของผู้ป่วยแต่ละคนแสดงดังภาคผนวก ข.1 และ ข.2)

การแจกแจงระดับความรุนแรงแสดงดังแผนภูมิ 6.1 ผู้ป่วยพาร์กินสันส่วนใหญ่ถูกประเมินระดับอาการความรุนแรงทางคลินิกฯ ในแต่ละข้อดังนี้

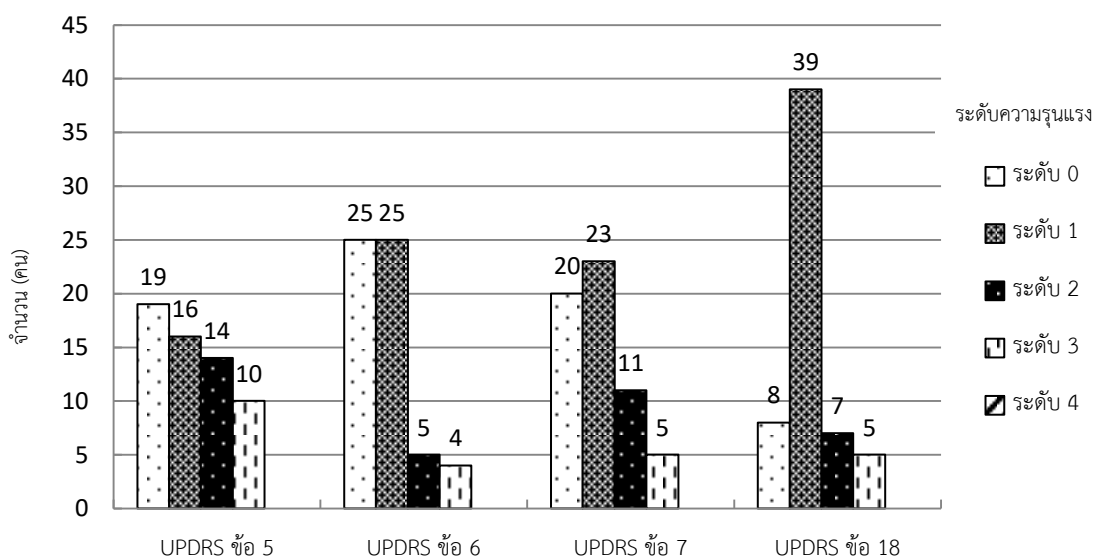
ข้อที่ 5 คือ ระดับ 0 จำนวน 19 คน รองลงมาคือระดับที่ 1 จำนวน 16 คน

ข้อที่ 6 คือระดับ 0 และ 1 อย่างละเท่าๆ กัน คือ จำนวน 25 คน

ข้อที่ 7 คือ ระดับ 1 จำนวน 23 คน รองลงมาคือ ระดับ 0 จำนวน 20 คน

ข้อที่ 18 คือระดับ 1 จำนวน 39 คน รองลงมาคือ ระดับ 0 จำนวน 8 คน

และไม่พบความรุนแรงระดับที่ 4



แผนภูมิที่ 6.1 แสดงแจกแจงจำนวนของผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งถูกประเมินความรุนแรงทางคลินิกฯ ด้วยแบบประเมิน UPDRS

6.3.4 วิธีการประเมินระดับความรุนแรงด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด

กลุ่มตัวอย่างเสียงทั้งหมด จำนวน 295 เสียง (59 คน × 5 เสียง) จะถูกประเมินระดับความรุนแรง ด้วยระบบการประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ จากบทที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.3.4.1. สวณลักษณะที่เลือกใช้

สวณลักษณะที่เลือกใช้คือ mF0, Tsam, Jitt(%), sPPQ, vF0, Shim(%), sAPQ, vAM, NHR และ SPI เหตุผลของการคัดเลือกสวณลักษณะเหล่านี้ มาจากการวิจัยก่อนหน้าบทที่ 5 (ดูหัวข้อที่ 5.5.3)

6.3.4.1. เทคนิคการตัดแยก

การประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ แบบหลายระดับครั้งนี้ จะใช้ เทคนิคการตัดแยกแบบ Multiclass SVMs เนื่องจากทั่วไปแล้ว SVM จะเป็นการตัดแยกข้อมูลออกจากกันแบบสองระดับ แต่ทั้งนี้ SVM สามารถใช้ในการตัดแยกข้อมูลแบบหลายระดับได้ โดยใช้หลักการคือ การตัดแยกแบบหนึ่งต่อที่เหลือทั้งหมด (one against all (OVA หรือ 1-vs-All) หรือ one against the rest)

6.3.4.1. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นแบบไม่ขึ้นกับผู้พูด (speaker independent) และใช้การตรวจสอบความถูกต้องของระบบประเมินแบบไขว้ 10 โฟลด์ (ดูหัวข้อที่ 2.14)

6.4 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกด้วยการประมวลสัญญาณเสียงพูด

ผลการประเมินระดับความรุนแรงจะแยกตามหัวข้อการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 5 แสดงดังตารางที่ 6.2 พบว่าประเมินถูกต้อง 258 เสียง จากทั้งหมด 295 คิดเป็นความแม่นยำเท่ากับ 87.46%

UPDRS ข้อที่ 5 หมายถึง ความเข้าใจการออกเสียงหรือพูดสนทนาในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการใช้ชีวิตของผู้ป่วยพาร์กินสัน ระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ ให้ความแม่นยำไม่ต่ำกว่า 87% ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ดี

ตารางที่ 6.2 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 5

ผลการประเมิน	ผลรวม	ความแม่นยำ (%)	ระดับความรุนแรงของอาการทางคลินิก			
			ระดับ '0'	ระดับ '1'	ระดับ '2'	ระดับ '3'
ระดับ '0'	106	81.13	86	8	3	9
ระดับ '1'	75	90.67	3	68	4	0
ระดับ '2'	71	88.73	6	2	63	0
ระดับ '3'	43	95.35	0	2	0	41
รวม	258	87.46				

ผลการประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 6 แสดงดังตารางที่ 6.3 พบว่าประเมินถูกต้อง 258 เสียง จากทั้งหมด 295 เสียง คิดเป็นความแม่นยำเท่ากับ 87.46%

UPDRS ข้อ 6 เกี่ยวกับสภาวะอาการน้ำลายไหลออกจากปากเป็นอาการที่สำคัญเกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สามารถใช้พิจารณาความผิดปกติโรคพาร์กินสันได้อีกวิธีหนึ่ง การประเมินความแม่นยำของระบบประมวลสัญญาณเสียงพูดฯ มีค่าไม่ต่ำกว่า 87% จัดว่าการประเมินอยู่ในระดับที่ดี

ตารางที่ 6.3 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 6

ผลการประเมิน	ผลรวม	ความแม่นยำ (%)	ระดับความรุนแรงของอาการทางคลินิก			
			ระดับ '0'	ระดับ '1'	ระดับ '2'	ระดับ '3'
ระดับ '0'	134	85.07	114	6	13	1
ระดับ '1'	136	87.50	11	119	1	5
ระดับ '2'	11	100.00	0	0	11	0
ระดับ '3'	14	100.00	0	0	0	14
รวม	258	87.46				

ผลการประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 7 แสดงดังตารางที่ 6.4 พบว่าประเมินถูกต้อง 271 เสียง จากทั้งหมด 295 เสียง คิดเป็นความแม่นยำเท่ากับ 91.86%

UPDRS ข้อ 7 คืออาการสำคัญ อาหาร และ/หรือ น้ำ อาการสำคัญเป็นหนึ่งในอาการที่สำคัญที่มักเกิดขึ้นในผู้ป่วยพาร์กินสันบ่อยครั้ง ได้ความแม่นยำในการประเมินสูงเป็นอันดับสอง เท่ากับ 91.86% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Miller และคณะ (2006); Robbins และคณะ (1986) และ Tjaden (2008) ที่กล่าวว่าอาการสำคัญเป็นหนึ่งในอาการที่สำคัญ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและชีวิตประจำวันของผู้ป่วยพาร์กินสัน และสามารถพบในผู้ป่วยตั้งแต่ในระยะเริ่มแรก

ตารางที่ 6.4 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิก ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 7

ผลการประเมิน	ผลรวม	ความแม่นยำ (%)	ระดับความรุนแรงของอาการทางคลินิก			
			ระดับ '0'	ระดับ '1'	ระดับ '2'	ระดับ '3'
ระดับ '0'	94	91.49	86	5	3	0
ระดับ '1'	122	90.16	10	110	2	0
ระดับ '2'	54	92.59	4	0	50	0
ระดับ '3'	25	100.00	0	0	0	25
รวม	271	91.86				

ผลการประเมิน UPDRS ตอนที่ II ข้อที่ 18 แสดงดังตารางที่ 6.5 พบว่า ประเมินถูกต้อง 275 เสียง จากทั้งหมด 295 เสียง คิดเป็นความแม่นยำเท่ากับ 93.22%

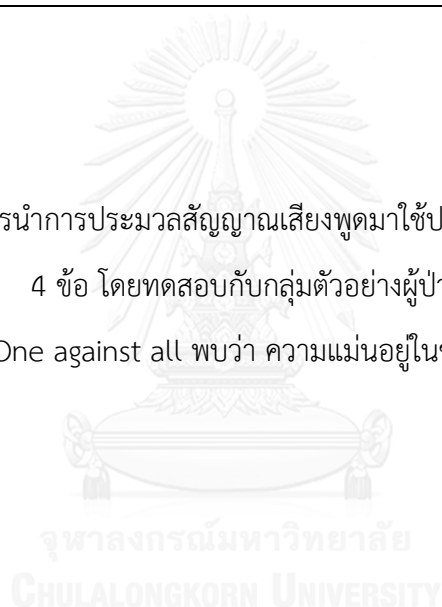
UPDRS ข้อที่ 18 เกี่ยวกับระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวในการออกเสียงพูด พบว่าผู้ป่วยพาร์กินสันมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องระบบประสาทการเคลื่อนไหวนี้มากที่สุด เช่น ลักษณะของการพูดที่ติดขัด การออกเสียงที่เบาลง การออกเสียงแบบโทนเดียว หรือการพูดไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับลักษณะอาการอื่นๆ ซึ่งตรงกับ Kwan และ Whitehill (2011) กล่าวว่าผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีปัญหาเด่นชัดมากที่สุด ในเรื่องของระบบประสาทการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง

ตารางที่ 6.5 ผลการประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกฯ ของ UPDRS ตอนที่ II ข้อ 18

ผลการประเมิน	ผลรวม	ความแม่นยำ (%)	ระดับความรุนแรงของอาการทางคลินิก			
			ระดับ '0'	ระดับ '1'	ระดับ '2'	ระดับ '3'
ระดับ '0'	31	96.77	30	0	0	1
ระดับ '1'	214	91.12	10	195	4	5
ระดับ '2'	31	100.00	0	0	31	0
ระดับ '3'	19	100.00	0	0	0	19
รวม	275	93.22				

6.5 สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงการนำการประมวลสัญญาณเสียงพูดมาใช้ประเมินระดับความผิดปกติทางคลินิกตามเกณฑ์ UPDRS 4 ข้อ โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 59 คน โดยใช้ Multi-class SVM แบบ One against all พบว่า ความแม่นยำในช่วง 87-93% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี



บทที่ 7

สรุป ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

7.1. สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งสร้างระบบการประมวลผลเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันและประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิกของผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยแบ่งงานออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. การสร้างฐานข้อมูลเสียง ซึ่งประกอบเสียงตัวอย่างเสียง /อา/ ที่ออกเสียงยาวแบบคงที่ จำนวน 510 เสียง บันทึกจากกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน 59 คน และกลุ่มคนปกติ 43 คน
2. การประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันจากการฟังเสียงพูด โดยใช้ผู้ประเมิน เป็นนักแก้ไขการพูดจำนวน 3 คน ที่ประสบการณ์ด้านการแก้ไขความบกพร่องทางการพูดไม่ต่ำกว่า 20 ปี ทำการประเมินโรคพาร์กินสันด้วยการฟังเสียงตัวอย่างจำนวน 92 เสียง พบว่า มีค่าความแม่นยำในการประเมินเท่ากับ 64.86% ความไวเท่ากับ 66.67% ความจำเพาะเท่ากับ 62.79% ซึ่งผลการประเมินค่อนข้างต่ำ
3. การประมวลผลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินผู้ป่วยพาร์กินสัน ใช้สวนะลักษณะที่คัดเลือกจาก 3 วิธี คือ เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ อ้างอิงงานวิจัยที่ผ่านมา และพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงพูด ประมวลผลด้วยเทคนิคการตัดแยก SVM และใช้การตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้จำนวน 10 กลุ่ม (10-folds cross validation) ทำการทดลองกับเสียงตัวอย่าง 460 เสียง จากผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติ 92 คน พบว่าความแม่นยำเท่ากับ 82.17%, 78.87% และ 87.17% ตามลำดับการคัดเลือกสวนะลักษณะ
4. การประมวลผลสัญญาณเสียงพูดสำหรับประเมินระดับความรุนแรงทางคลินิก ที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียงพูดของผู้ป่วยพาร์กินสัน เทียบเกณฑ์การประเมินด้วยแบบประเมิน UPDRS ข้อที่ 5 6 7 และ 18 ใช้สวนะลักษณะที่คัดเลือกจากการพิจารณาตามลักษณะความผิดปกติของเสียงพูด ประมวลผลด้วยเทคนิคการตัดแยก multiclass SVM ละใช้การตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้จำนวน 10 กลุ่ม (10-folds cross validation) ทำการทดลองกับเสียงตัวอย่าง 295 เสียง จากผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 59 คน โดยมีระดับความรุนแรง 0 – 4 พบว่ามีความแม่นยำ 87 - 93 %

7.2. ข้อจำกัดในการวิจัย

7.2.1. ระยะเวลาการทำแบบประเมิน “Intelligibility Evaluation Program” ที่ยาวนาน อาจทำให้การฟังเสียงพูดของผู้ประเมินมีความคลาดเคลื่อนไปได้ เนื่องจากความเหน็ดเหนื่อย เมื่อยล้า อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดลองได้

7.2.2. ข้อมูลการประเมินอาการความรุนแรงทางคลินิกด้วยแบบประเมิน UPDRS มาจากหลายแหล่งเช่นแฟ้มประวัติผู้ป่วย และการบันทึกจากการสัมภาษณ์จากญาติผู้ป่วย ผู้ดูแลผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งอาจทำให้เกิดอคติในการทดลองได้

7.3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

7.3.1. ควรหลีกเลี่ยงกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะกรดไหลย้อน เพราะอาจมีความระคายเคืองในระบบอาหารและระบบทางเดินหายใจ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการออกเสียง

7.3.2. ควรศึกษาตัวยาที่ผู้ป่วยพาร์กินสันรับประทาน และช่วงเวลาที่ยาออกฤทธิ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการออกเสียง ทั้งนี้ยาอาจเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกเสียง

7.3.3. ควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น และจับคู่ตามอายุที่ใกล้เคียงกัน (age-matched) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

7.3.4. ควรทำการวิจัยกับตัวอย่างเสียงในลักษณะอื่น เช่น การอ่านข้อความยาวๆ การสนทนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการประเมิน

7.3.5. ในการประเมินอาการทางคลินิกของผู้ป่วยพาร์กินสัน อาจมีการใช้แบบประเมินความรุนแรงอื่นในการประเมินร่วมด้วย

รายการอ้างอิง

- Adobe Systems Incorporated. (2013). Adobe Audition CS6, 5.0.2. Retrieved from <http://www.adobe.com/support/downloads/detail.jsp?ftpID=5473>
- Anand, S.Stepp, C. E. (2015). Listener Perception of Monopitch, Naturalness, and Intelligibility for Speakers With Parkinson's Disease. *J Speech Lang Hear Res*, 58(4), 1134-1144. doi:10.1044/2015_jslhr-s-14-0243
- Arnold, G. E. (1955). Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. II. Acoustic analysis of vocal function. *AMA Arch Otolaryngol*, 62(6), 593-601.
- Arnold, G. E. (1958). Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. IV. Paralytic dysphonia due to unilateral recurrent nerve paralysis. *AMA Arch Otolaryngol*, 68(3), 284-300.
- Auria, L.Moro, R. A. (2008). Support vector machines (SVM) as a technique for solvency analysis.
- Bailey, B. J., Johnson, J. T.Newlands, S. D. (2006). *Head & neck surgery--otolaryngology* (4th ed. ed.). Philadelphia, PA :: Lippincott Williams & Wilkins.
- Berg, E., Björnram, C., Hartelius, L., Laakso, K.Johnels, B. (2003). High-level language difficulties in Parkinson's disease. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 17(1), 63-80. doi:doi:10.1080/0269920021000055540
- Bernstein, L. R.Trahiotis, C. (2008). Discrimination of interaural temporal disparities conveyed by high-frequency sinusoidally amplitude-modulated tones and high-frequency transposed tones: Effects of spectrally flanking noises. *J Acoust Soc Am*, 124(5), 3088-3094. doi:10.1121/1.2980523
- Bhidayasiri, R. (2010-2011). *Clinical Practice Guideline for Diagnosis and Management of Parkinson's Disease* (R. Bhidayasiri Ed.). Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University and Thai Red Cross Society.
- Bhidayasiri, R., Brenden, N., Viwattanakulvanid, P., Jitkrisadaku, O., Tabucanon, R., Jagota, P.Hojer, H. (2014). Identifying gaps in knowledge about Parkinson disease among medical professionals in Thailand. *Neurology*, 82(24), 2238-2240. doi:10.1212/wnl.0000000000000515

- Bhidayasiri, R. Tarsy, D. (2012). *Current Clinical Neurology Movement Disorder : A Video Atlas* Springer Science+Business Media
- Bhidayasiri, R., Wannachai, N., Limpabandhu, S., Choeytim, S., Suchonwanich, Y., Tananyakul, S., Tharathep, C., Panjapiyakul, P., Srismith, R., Chimabutra, K., Phanthumchinda, K. Asawavichienjinda, T. (2011). A national registry to determine the distribution and prevalence of Parkinson's disease in Thailand: implications of urbanization and pesticides as risk factors for Parkinson's disease. *Neuroepidemiology*, 37(3-4), 222-230. doi:10.1159/000334440
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*: springer.
- Bocklet, T., Noth, E., Stemmer, G., Ruzickova, H. Rusz, J. (2011, 11-15 Dec. 2011). *Detection of persons with Parkinson's disease by acoustic, vocal, and prosodic analysis*. Paper presented at the Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), 2011 IEEE Workshop on.
- Boone, D. R., McFarlane, S. C., Von Berg, S. L. Zraick, R. I. (2005). The voice and voice therapy.
- Bowen, L. K., Hands, G. L., Pradhan, S. Stepp, C. E. (2013). Effects of Parkinson's Disease on Fundamental Frequency Variability in Running Speech. *Journal of medical speech-language pathology*, 21(3), 235-244.
- Breitenstein, C., Van Lancker, D., Daum, I. Waters, C. H. (2001). Impaired perception of vocal emotions in Parkinson's disease: influence of speech time processing and executive functioning. *Brain and cognition*, 45(2), 277-314.
- Broussolle, E., Krack, P., Thobois, S., Xie-Brustolin, J., Pollak, P. Goetz, C. G. (2007). Contribution of Jules Froment to the study of parkinsonian rigidity. *Mov Disord*, 22(7), 909-914. doi:10.1002/mds.21484
- Buck, J. F. Cooper, I. S. (1956). Speech problems in parkinsonian patients undergoing anterior choroidal artery occlusion or chemopallidectomy. *J Am Geriatr Soc*, 4(12), 1285-1290.
- Canter, G. J. (1963). SPEECH CHARACTERISTICS OF PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE: I. INTENSITY, PITCH, AND DURATION. *J Speech Hear Disord*, 28, 221-229.

- Carneiro, A. V. (2011). Diagnostic characteristics of tests: sensitivity, specificity, predictive values and likelihood ratios. *Rev Port Cardiol*, 30(5), 551-558.
- Carroll, T. L., Baredes, S., Sidor, M. I., Benson, B. E. Meyers, A. D. (2015, Dec 28, 2015). Larygeal Tremor. Retrieved from <http://emedicine.medscape.com/article/867463-overview>
- Chard, T. (1987). Human versus machine: a comparison of a computer 'expert system' with human experts in the diagnosis of vaginal discharge. *Int J Biomed Comput*, 20(1-2), 71-78.
- Chasin, M. Russo, F. A. (2004). Hearing aids and music. *Trends in Amplification*, 8(2), 35-47.
- Chenery, H. J., Murdoch, B. E. Ingram, J. C. L. (1988). Studies in Parkinson's disease: I. Perceptual speech analyses. *Australian Journal of Human Communication Disorders*, 16, 17-29.
- Chuang, L.-Y., Chang, H.-W., Tu, C.-J. Yang, C.-H. (2008). Improved binary PSO for feature selection using gene expression data. *Computational Biology and Chemistry*, 32(1), 29-38.
- Clinical Key. (2012). Parkinson's Disease. Retrieved from <https://www.clinicalkey.com/topics/gerontology/parkinsons-disease.html>
- Cnockaert, L., Schoentgen, J., Auzou, P., Ozsancak, C., Defebvre, L. Grenez, F. (2008). Low-frequency vocal modulations in vowels produced by Parkinsonian subjects. *Speech Communication*, 50(4), 288-300. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2007.10.003>
- Countryman, S. (1996-1998). *Parkinson's Disease: Speaking Out*. National Parkinson Foundation Speech Team.
- Darley, F. L., Aronson, A. E. Brown, J. R. (1969). Differential Diagnostic Patterns of Dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 12(2), 246-269. doi:10.1044/jshr.1202.246
- Darley, F. L., Aronson, A. E. Brown, J. R. (1975). *Motor Speech Disorders*. Philadelphia: Saunders.

- Das, R. (2010). A comparison of multiple classification methods for diagnosis of Parkinson disease. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1568-1572. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2009.06.040>
- Deliyski, D., Orlikoff, R.Kahane, J. (1991a). *Multi-dimensional acoustic analysis of spasmodic dysphonia*. Paper presented at the Annual Conventional of American Speech-Language-Hearing Association, Atlanta Georgia.
- Deliyski, D., Orlikoff, R.Kahane, J. (1991b). *Multi-dimensional acoustic analysis of spasmodic dysphonia*. Paper presented at the Annual Convention of American Speech-Language-Hearing Association.
- Deller, J. R., Hansen, J. H. L.Proakis, J. G. (1999). *Discrete-Time Processing of Speech Signals*: Wiley-IEEE Press.
- deRijk, M., Tzourio, C., Breteler, M. M., Dartigues, J. F., Amaducci, L., Lopez-Pousa, S., Manubens-Bertran, J. M., Alperovitch, A.Rocca, W. A. (1997). Prevalence of parkinsonism and Parkinson's disease in Europe: the EUROPARKINSON Collaborative Study. European Community Concerted Action on the Epidemiology of Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 62(1), 10-15.
- deSouza, L. B. R., Pereira, R. M., dos Santos, M. M.Godoy, C. M. d. A. (2014). Fundamental frequency, phonation maximum time and vocal complaints in morbidly obese women. *Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva : ABCD = Brazilian Archives of Digestive Surgery*, 27(1), 43-46. doi:10.1590/S0102-67202014000100011
- Domingos, P. (2012). A few useful things to know about machine learning. *Communications of the ACM*, 55(10), 78-87.
- Dorsey, E., Constantinescu, R., Thompson, J., Biglan, K., Holloway, R., Kieburtz, K., Marshall, F., Ravina, B., Schifitto, G.Siderowf, A. (2007). Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*, 68(5), 384-386.
- Ene, M. (2008). Neural network-based approach to discriminate healthy people from those with Parkinson's disease [Press release]. Retrieved from <http://inf.ucv.ro/~ami/index.php/ami/article/view/250>

- EPDA. (2014). The Hoehn and Yahr scale. Retrieved from <http://www.epda.eu.com/en/parkinsons/in-depth/parkinsonsdisease/rating-scales/hoehn-and-yahr/>
- Farrag, T. Y., Samlan, R. A., Lin, F. R., Tufano, R. P. (2006). The utility of evaluating true vocal fold motion before thyroid surgery. *The Laryngoscope*, 116(2), 235-238.
- Fearnley, J. M., Lees, A. J. (1991). Ageing and Parkinson's disease: substantia nigra regional selectivity. *Brain*, 114 (Pt 5), 2283-2301.
- Feierabend, R. H., Shahram, M. N. (2009). Hoarseness in adults. *Am Fam Physician*, 80(4), 363-370.
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical Methods for Rates and Proportions*, (2 nd ed.): John Wiley & Sons Ltd, 1981.
- Fox, C., Ebersbach, G., Ramig, L., Sapiro, S. (2012). LSVT LOUD and LSVT BIG: Behavioral Treatment Programs for Speech and Body Movement in Parkinson Disease. *Parkinson's Disease*, 2012, 391946. doi:10.1155/2012/391946
- Freyman, R. L., Griffin, A. M., Oxenham, A. J. (2012). Intelligibility of whispered speech in stationary and modulated noise maskers. *J Acoust Soc Am*, 132(4), 2514-2523.
- Gama, A. C. C., Cardoso, F. E. C., Reis, C. A. d. C., Bassi, I. B. (2012). Idiopathic Parkinson's disease: vocal and quality of life analysis. *Arq Neuropsiquiatr*, 70(9), 674-679.
- Gamboa, J., Jiménez-Jiménez, F. J., Nieto, A., Montojo, J., Ortí-Pareja, M., Molina, J. A., García-Albea, E., Cobeta, I. (1997). Acoustic voice analysis in patients with Parkinson's disease treated with dopaminergic drugs. *Journal of Voice*, 11(3), 314-320. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997\(97\)80010-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0892-1997(97)80010-0)
- Garie, G., Church, M. J., Conkling, W. (2007). *LIVING WELL WITH Parkinson's Disease. What Your Doctor Doesn't Tell You... That You Need to Know*: A Lynn Sonberg Book.
- Gelb, D. J., Oliver, E., Gilman, S. (1999). Diagnostic criteria for parkinson disease. *Archives of Neurology*, 56(1), 33-39. doi:10.1001/archneur.56.1.33
- Gibb, W. R., Lees, A. J. (1988). The relevance of the Lewy body to the pathogenesis of idiopathic Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 51(6), 745-752.

- Gil, D.Johnson, M. (2009). Diagnosing parkinson by using artificial neural networks and support vector machines. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 9(4), 63-71.
- Gillivan-Murphy, P.Miller, N. (2011). Voice tremor: what we know and what we do not know. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 19(3), 155-159. doi:10.1097/MOO.0b013e328345970c
- Giovannoni, G., van Schalkwyk, J., Fritz, V. U.Lees, A. J. (1999). Bradykinesia akinesia inco-ordination test (BRAIN TEST): an objective computerised assessment of upper limb motor function. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 67(5), 624-629.
- Goberman, A. M.Coelho, C. (2002). Acoustic analysis of parkinsonian speech I: speech characteristics and L-Dopa therapy. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 237-246.
- Goetz, C. G., Tilley, B. C., Shaftman, S. R., Stebbins, G. T., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stern, M. B.Dodel, R. (2008). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Movement Disorders*, 23(15), 2129-2170.
- Gordon, G. (2004). Support Vector Machines and Kernel Methods.
- Gu, Q., Li, Z.Han, J. (2012). Generalized fisher score for feature selection. *arXiv preprint arXiv:1202.3725*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Hanson, D. G., Gerratt, B. R.Ward, P. H. (1984). Cinegraphic observations of laryngeal function in parkinson's disease. *The Laryngoscope*, 94(3), 348-353. doi:10.1288/00005537-198403000-00011
- Hartelius, L.Svensson, P. (1994). Speech and swallowing symptoms associated with Parkinson's disease and multiple sclerosis: a survey. *Folia Phoniatr Logop*, 46(1), 9-17.
- Harting, J. K. (2006, January 21, 2006). Basal Ganglia. *Motor Systems*. Retrieved from <http://www.neuroanatomy.wisc.edu/coursebook/motor2.pdf>
- Hazan, H., Hilu, D., Manevitz, L., Ramig, L. O.Sapir, S. (2012, 14-17 Nov. 2012). *Early diagnosis of Parkinson's disease via machine learning on speech data*. Paper

presented at the Electrical & Electronics Engineers in Israel (IEEEI), 2012 IEEE 27th Convention of.

- Ho, A. K., Iansek, R., Marigliani, C., Bradshaw, J. L., Gates, S. (1998). Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease. *Behav Neurol*, 11(3), 131-137.
- Hoberman, S. G. (1958). Speech techniques in aphasia and parkinsonism. *J Mich State Med Soc*, 57(12), 1720-1723.
- Hoehn, M. M. (1992). The natural history of Parkinson's disease in the pre-levodopa and post-levodopa eras. *Neurol Clin*, 10(2), 331-339.
- Hoehn, M. M., Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, 17(5), 427-442.
- Hofmann, M., Klinkenberg, R. (2013). *RapidMiner: Data mining use cases and business analytics applications*: CRC Press.
- Holmes, R. J., Oates, Jennifer, J. Phyland, Debbie, J. Hughes, Andrew. (2000). Voice characteristics in the progression of Parkinson's disease. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 35(3), 407-418. doi:10.1080/136828200410654
- Hornykiewicz, O. (2006). The discovery of dopamine deficiency in the parkinsonian brain. In P. Riederer, H. Reichmann, M. B. H. Youdim, & M. Gerlach (Eds.), *Parkinson's Disease and Related Disorders* (Vol. 70, pp. 9-15): Springer Vienna.
- Huber, J. E., Chandrasekaran, B., Wolstencroft, J. J. (2005). Changes to Respiratory Mechanisms during Speech as a Result of Different Cues to Increase Loudness. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 98(6), 2177-2184. doi:10.1152/jappphysiol.01239.2004
- Hughes, A. J., Daniel, S. E., Kilford, L., Lees, A. J. (1992a). Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 55(3), 181-184.
- Hughes, A. J., Daniel, S. E., Kilford, L., Lees, A. J. (1992b). Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 55(3), 181-184. doi:10.1136/jnnp.55.3.181

- Iwata, S., Leden, v. H. (1970). Pitch perturbations in normal and pathologic voices. *Folia Phoniatri (Basel)*, 22(6), 413-424.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368-376.
- Johnston, B. T., Li, Q., Castell, J. A., Castell, D. O. (1995). Swallowing and esophageal function in Parkinson's disease. *Am J Gastroenterol*, 90(10), 1741-1746.
- Kalf, J. G., Munneke, M., van den Engel-Hoek, L., de Swart, B. J., Borm, G. F., Bloem, B. R., Zwarts, M. J. (2011). Pathophysiology of diurnal drooling in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 26(9), 1670-1676.
- Kapoor, T., Sharma, R. (2011). Parkinson's disease Diagnosis using Mel-frequency Cepstral Coefficients and Vector Quantization. *International Journal of Computer Applications*, 14(3), 43-46.
- KayPENTAX. (2008). *Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) Model 5105* (pp. 282). Retrieved from www.kaypentax.com
- Kempster, P. A., Hurwitz, B., Lees, A. J. (2007). A new look at James Parkinson's Essay on the Shaking Palsy. *Neurology*, 69(5), 482-485. doi:10.1212/01.wnl.0000266639.50620.d1
- Khan, T., Westin, J., Dougherty, M. (2014). Classification of speech intelligibility in Parkinson's disease. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 34(1), 35-45. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbe.2013.10.003>
- Khara, M., Rana, A.Q., Alenazi, B., Rana, M.A. (2012). Frozen shoulder and Parkinson's disease *Movement Disorders, Suppl 1*: 1560(27).
- Kim, S. D., Allen, N. E., Canning, C. G., Fung, V. S. (2013). Postural instability in patients with Parkinson's disease. *CNS drugs*, 27(2), 97-112.
- Kohavi, R., Provost, F. (1998). *Glossary of terms. Mach. Learn.* (Vol. 30).
- Koller, W. C., Montgomery, E. B. (1997). Issues in the early diagnosis of Parkinson's disease. *Neurology*, 49(1 Suppl 1), S10-25.
- Koreman, J., Pützer, M. (1997). Finding correlates of vocal fold adduction deficiencies.
- Koreman, J., Pützer, M. (2003). *The usability of perceptual ratings of voice quality*. Paper presented at the Proc 6th Int Conf on Adv in Quantitative Laryngol, Voice and Speech Research (AQL), Hamburg.

- Kosowski, T. R., Weathers, W. M., Wolfswinkel, E. M., Ridgway, E. B. (2012). Cleft Palate. *Seminars in Plastic Surgery*, 26(4), 164-169. doi:10.1055/s-0033-1333883
- Kurtz, L. O., Cielo, C. A. (2010). Maximum phonation time of vowels in adult women with vocal nodules. *Pro Fono*, 22(4), 451-454.
- Kwan, L. C., Whitehill, T. L. (2011). Perception of speech by individuals with Parkinson's disease: A review. *Parkinson's Disease*, 2011.
- Lang, A. E., Lozano, A. M. (1998). Parkinson's Disease. *New England Journal of Medicine*, 339(15), 1044-1053. doi:10.1056/NEJM199810083391506
- Lee, S. C., Lee, E. T., Kingsley, R. M., Wang, Y., Russell, D., Klein, R., Warn, A. (2001). Comparison of diagnosis of early retinal lesions of diabetic retinopathy between a computer system and human experts. *Arch Ophthalmol*, 119(4), 509-515.
- Lieberman, P., Laitman, J. T., Reidenberg, J. S., Gannon, P. J. (1992). The anatomy, physiology, acoustics and perception of speech: essential elements in analysis of the evolution of human speech. *Journal of Human Evolution*, 23(6), 447-467. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0047-2484\(92\)90046-C](http://dx.doi.org/10.1016/0047-2484(92)90046-C)
- Little, M. A., McSharry, P. E., Hunter, E. J., Spielman, J., Ramig, L. O. (2009). Suitability of Dysphonia Measurements for Telemonitoring of Parkinson's Disease. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 56(4), 1015-1022. doi:10.1109/TBME.2008.2005954
- Little, M. A., McSharry, P. E., Roberts, S. J., Costello, D. A., Moroz, I. M. (2007). Exploiting nonlinear recurrence and fractal scaling properties for voice disorder detection. *Biomed Eng Online*, 6, 23. doi:10.1186/1475-925x-6-23
- Llorente, G. J. I., Gomez-Vilda, P., Cruz-Roldan, F., Blanco-Velasco, M., Fraile, R. (2010). Pathological likelihood index as a measurement of the degree of voice normality and perceived hoarseness. *J Voice*, 24(6), 667-677. doi:10.1016/j.jvoice.2009.04.003
- Logemann, J. A., Fisher, H. B., Boshes, B., Blonsky, E. R. (1978). Frequency and cooccurrence of vocal tract dysfunctions in the speech of a large sample of Parkinson patients. *J Speech Hear Disord*, 43(1), 47-57.

- Lombard, L. E., Steinhauer, K. M. (2007). A Novel Treatment for Hypophonic Voice: Twang Therapy. *Journal of Voice*, 21(3), 294-299. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2005.12.006>
- MacPherson, M. K., Huber, J. E., Snow, D. P. (2011). The intonation-syntax interface in the speech of individuals with Parkinson's disease. *J Speech Lang Hear Res*, 54(1), 19-32. doi:10.1044/1092-4388(2010/09-0079)
- Maryn, Y., Roy, N. (2012). Sustained vowels and continuous speech in the auditory-perceptual evaluation of dysphonia severity. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 24(2), 107-112.
- Maslan, J., Leng, X., Rees, C., Blalock, D., Butler, S. G. (2011a). Maximum phonation time in healthy older adults. *J Voice*, 25(6), 709-713. doi:10.1016/j.jvoice.2010.10.002
- Maslan, J., Leng, X., Rees, C., Blalock, D., Butler, S. G. (2011b). Maximum Phonation Time in Healthy Older Adults. *J Voice*, 25(6), 709-713. doi:10.1016/j.jvoice.2010.10.002
- Mathew, M. M., Bhat, J. S. (2009). Soft phonation index — a sensitive parameter? *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 61(2), 127-130. doi:10.1007/s12070-009-0050-4
- MDS. (2003). The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS): status and recommendations. *Mov Disord*, 18(7), 738-750. doi:10.1002/mds.10473
- Mehta, D. D., Hillman, R. E. (2008). Voice assessment: updates on perceptual, acoustic, aerodynamic, and endoscopic imaging methods. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 16(3), 211-215. doi:10.1097/MOO.0b013e3282fe96ce
- Meningaud, J.-P., Pitak-Arnop, P., Chikhani, L., Bertrand, J.-C. (2006). Drooling of saliva: a review of the etiology and management options. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101(1), 48-57.
- Metter, E. J., Hanson, W. R. (1986). Clinical and acoustical variability in hypokinetic dysarthria. *J Commun Disord*, 19(5), 347-366.
- Miller, N., Noble, E., Jones, D., Burn, D. (2006a). Hard to swallow: dysphagia in Parkinson's disease. *Age Ageing*, 35(6), 614-618.
- Miller, N., Noble, E., Jones, D., Burn, D. (2006b). Life with communication changes in Parkinson's disease. *Age Ageing*, 35(3), 235-239. doi:10.1093/ageing/afj053

- Miller, R. E., Learned-Miller, E. G., Trainer, P., Paisley, A., Blanz, V. (2011). Early diagnosis of acromegaly: computers vs clinicians. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 75(2), 226-231. doi:10.1111/j.1365-2265.2011.04020.x
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*: McGraw-Hill.
- Montgomery, E. B., Jr., Koller, W. C., LaMantia, T. J., Newman, M. C., Swanson-Hyland, E., Kaszniak, A. W., Lyons, K. (2000). Early detection of probable idiopathic Parkinson's disease: I. Development of a diagnostic test battery. *Mov Disord*, 15(3), 467-473.
- Moore, G. P., Ding, L., Stewart, H. M. B. (2000). Concurrent Parkinson tremors. *J Physiol*, 529 Pt 1, 273-281.
- National Institute of Neurological Disorders and Stroke. (2014, 8 Aug 2014). NINDS Parkinson's Disease Information Page. Retrieved from http://www.ninds.nih.gov/disorders/parkinsons_disease/parkinsons_disease.htm
- NIH. (2012, Feb 1, 2016). Tremor Fact Sheet. Retrieved from http://www.ninds.nih.gov/disorders/tremor/detail_tremor.htm#3243_1
- Omori, K. (2011). Diagnosis of voice disorders.
- Ott, T. (2012, 2016). Rapidminer Resources, . *Data Science, Reimagined*. Retrieved from <http://rapidminerresources.com/>
- Ovallath, S., Deepa, P. (2013). The history of parkinsonism: descriptions in ancient Indian medical literature. *Mov Disord*, 28(5), 566-568. doi:10.1002/mds.25420
- Owens, F. J. (1993). *Signal Processing of Speech*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire RG21 2XS: The Macmillan Press LTD.
- Parkinson, J. (2002). An essay on the shaking palsy. 1817. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 14(2), 223-236; discussion 222. doi:10.1176/jnp.14.2.223
- Pell, M. D., Leonard, C. L. (2003). Processing emotional tone from speech in Parkinson's disease: A role for the basal ganglia. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(4), 275-288.
- Perez, K. S., Ramig, L. O., Smith, M. E., Dromey, C. (1996). The Parkinson larynx: tremor and videostroboscopic findings. *J Voice*, 10(4), 354-361.

- Poewe, W. (2006). The natural history of Parkinson's disease. *J Neurol*, 253 Suppl 7, Vii2-6. doi:10.1007/s00415-006-7002-7
- Quedas, A., Duprat Ade, C.Gasparini, G. (2007). Lombard's effect's implication in intensity, fundamental frequency and stability on the voice of individuals with Parkinson's disease. *Braz J Otorhinolaryngol*, 73(5), 675-683.
- Ramani, G.Sivagami, G. (2011). Parkinson Disease Classification using Data Mining Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 32(19), 17-22.
- Ramani, G., Sivagami, G.Shomona, G. J. (2012). Feature Relrvance Analysis and Classification of Parkinson Disease Tele-Monitoring Data Through Data Mining. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2(3), 7.
- Ramig, FoxSarpir. (2008). Speech therapy for patients with parkinson disease. *Neurotherapeutic*, 8(2), 299-311.
- Ramig, L., Fox, C.Sapir, S. (2007). Speech disorders in Parkinson's disease and the effects of pharmacological, surgical and speech treatment with emphasis on Lee Silverman voice treatment (LSVT(R)). *Handb Clin Neurol*, 83, 385-399. doi:10.1016/s0072-9752(07)83017-x
- Ravary, B. L.Beet, S. W. (2012). *Automatic speech signal analysis for clinical diagnosis and assessment of speech disorders*: Springer Science & Business Media.
- Ray D Kent. (1996). Hearing and believingsome limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 5(3), 7-23.
- Ray D. Kent. (2004). The uniqueness of speech among motor systems. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(6-8), 495-505. doi:10.1080/02699200410001703600
- Riley, D., Lang, A. E., Blair, R. D., Birnbaum, A.Reid, B. (1989). Frozen shoulder and other shoulder disturbances in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 52(1), 63-66.
- Robbins, J. A., Logemann, J. A.Kirshner, H. S. (1986). Swallowing and speech production in Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 19(3), 283-287. doi:10.1002/ana.410190310

- Ronald J BakenOrlikoff, R. F. (2000). *Clinical Measurement of Speech and Voice*.
Sandiego: Singular Thomson Learning,.
- Roxbury, C. (2014). *Parkinson's Disease Related Dysphonia*.
- Rusz, J., Cmejla, R., Ruzickova, H., Klempir, J., Majerova, V., Picmausova, J., Roth, J.Ruzicka, E. (2011). *Acoustic analysis of voice and speech characteristics in early untreated Parkinson's disease*. Paper presented at the MAVÉBA.
- Rusz, J., Čmejla, R., RŮžicková, H., Klempíř, J., Majerová, V., Picmausová, J., Roth, J.RŮžicka, E. (2011). Acoustic assessment of voice and speech disorders in Parkinson's disease through quick vocal test. *Movement Disorders*, 26(10), 1951-1952. doi:10.1002/mds.23680
- Rusz, J., Cmejla, R., Ruzickova, H.Ruzicka, E. (2011). Quantitative acoustic measurements for characterization of speech and voice disorders in early untreated Parkinson's disease. *J Acoust Soc Am*, 129(1), 350-367. doi:10.1121/1.3514381
- Sachin, S., Shukla, G., Goyal, V., Singh, S., Aggarwal, V.Behari, M. (2008). Clinical speech impairment in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy, and multiple system atrophy. *Neurol India*, 56(2), 122-126.
- Santens, P., Boon, P., Van Roost, D.Caemaert, J. (2003). The pathophysiology of motor symptoms in Parkinson's disease. *Acta Neurol Belg*, 103(3), 129-134.
- Sapir, S., Ramig, L.Fox, C. (2008). Speech and swallowing disorders in Parkinson disease. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 16(3), 205-210. doi:10.1097/MOO.0b013e3282febd3a
- Schley, W. S., Fenton, E.Niimi, S. (1982). Vocal symptoms in Parkinson disease treated with levodopa. A case report. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 91(1 Pt 1), 119-121.
- Schuster, J. P., Mouchabac, S., Le Strat, Y.Limosin, F. (2011). [Hysterical mutism]. *Encephale*, 37(5), 339-344. doi:10.1016/j.encep.2010.12.006
- Selby, G. (1986). *Parkinson's disease*: (Amsterdam: North Holland).
- Sewall, G. K., Jiang, J.Ford, C. N. (2006). Clinical evaluation of Parkinson's-related dysphonia. *Laryngoscope*, 116(10), 1740-1744. doi:10.1097/01.mlg.0000232537.58310.22

- Shahbakhi, M., Far, D. T.Tahami, E. (2014). Speech Analysis for Diagnosis of Parkinson's Disease Using Genetic Algorithm and Support Vector Machine. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2014.
- Shahbakhi, M., Taherifar, D.Sorouri, A. (2013, 23-25 Oct. 2013). *Linear and non-linear speech features for detection of Parkinson's disease*. Paper presented at the Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), 2013 6th.
- Shirvan, R. A.Tahami, E. (2011, 14-16 Dec. 2011). *Voice analysis for detecting Parkinson's disease using genetic algorithm and KNN classification method*. Paper presented at the Biomedical Engineering (ICBME), 2011 18th Iranian Conference of.
- Shmouni, H. F., Matiello, M., Russell, D. S.Hasbani, M. J. (2014). Teaching video neuroimages: spasmodic dysphonia preceding idiopathic parkinsonism. *Neurology*, 82(6), e55. doi:10.1212/wnl.0000000000000110
- Silva, L. F., Gama, A. C., Cardoso, F. E., Reis, C. A.Bassi, I. B. (2012). Idiopathic Parkinson's disease: vocal and quality of life analysis. *Arq Neuropsiquiatr*, 70(9), 674-679.
- Sonja, C., Bornschein, B., Wick, R., Bötzel, K., Sampaio, C., Poewe, W., Oertel, W., Siebert, U., Berger, K.Dodel, R. (2005). Prevalence and incidence of Parkinson's disease in Europe. *European Neuropsychopharmacology*, 15(4), 473-490.
- Srivanitchapoom, P., Pandey, S.Hallett, M. (2014). Drooling in Parkinson's disease: a review. *Parkinsonism Relat Disord*, 20(11), 1109-1118. doi:10.1016/j.parkreldis.2014.08.013
- Stelzig, Y., Hochhaus, W., Gall, V.Henneberg, A. (1999). Laryngeal manifestations in patients with Parkinson disease. *Laryngorhinootologie*, 78(10), 544-551. doi:10.1055/s-1999-8758
- Stewart, C., Winfield, L., Hunt, A., Bressman, S. B., Fahn, S., Blitzer, A.Brin, M. F. (1995). Speech dysfunction in early Parkinson's disease. *Mov Disord*, 10(5), 562-565. doi:10.1002/mds.870100506
- Tetrad, J. W. (1991). Preclinical Parkinson's disease Detection of motor and nonmotor manifestations. *Neurology*, 41(5 Suppl 2), 69-71.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of voice production*. Englewood Cliffs, N.J. :: Prentice Hall.

- Troche, M. S., Huebner, I., Rosenbek, J. C., Okun, M. S., Sapienza, C. M. (2011). Respiratory-Swallowing Coordination and Swallowing Safety in Patients with Parkinson's Disease. *Dysphagia*, 26(3), 218-224. doi:10.1007/s00455-010-9289-x
- Tsanas, A., Little, M. A., McSharry, P. E., Spielman, J., Ramig, L. O. (2012). Novel Speech Signal Processing Algorithms for High-Accuracy Classification of Parkinson's Disease. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 59(5), 1264-1271. doi:10.1109/TBME.2012.2183367
- Tversky, A. (1969). Intransitivity of preferences. *Psychological review*, 76(1), 31.
- United States Census Bureau. (2012). Retrieved from www.census.gov/compendia/statab/2012/tables/12s0120.xls
- Vapnik, V. N. (1998). *Statistical Learning Theory*. New York: Wiley.
- Walshe, M., Miller, N., Leahy, M., Murray, A. (2008). Intelligibility of dysarthric speech: perceptions of speakers and listeners. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(6), 633-648.
- Wang, X., Yang, J., Teng, X., Xia, W., Jensen, R. (2007). Feature selection based on rough sets and particle swarm optimization. *Pattern Recognition Letters*, 28(4), 459-471.
- Wikipedia. (2016). Support vector machine. Retrieved from <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3566688>
- Williams, D., Watt, H., Lees, A. (2006). Predictors of falls and fractures in bradykinetic rigid syndromes: a retrospective study. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(4), 468-473.
- Wooten, G. F., Currie, L. J., Bovbjerg, V. E., Lee, J. K., Patrie, J. (2004). Are men at greater risk for Parkinson's disease than women? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 75(4), 637-639.
- Yadav, G., Kumar, Y., Sahoo, G. (2011). Predication of Parkinson's disease using data mining methods: a comparative analysis of tree, statistical, and support vector machine classifiers. *Indian J Med Sci*, 65(6), 231-242. doi:10.4103/0019-5359.107023
- Yang, S., Zheng, F., Luo, X., Cai, S., Wu, Y., Liu, K., Wu, M., Chen, J., Krishnan, S. (2014). Effective Dysphonia Detection Using Feature Dimension Reduction and Kernel

- Density Estimation for Patients with Parkinson's Disease. *PLoS ONE*, 9(2), e88825. doi:10.1371/journal.pone.0088825
- Yuceturk, A. V., Yilmaz, H., Egrilmez, M.Karaca, S. (2002). Voice analysis and videolaryngostroboscopy in patients with Parkinson's disease. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 259(6), 290-293. doi:10.1007/s00405-002-0462-1
- Yumoto, E., Gould, W. J.Baer, T. (1982). Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *J Acoust Soc Am*, 71(6), 1544-1549.
- เบญจมาศ พระธานี. (2014). ความผิดปกติทางการพูดและภาษา (Speech and Language Disorder). เอกสารประกอบการเรียนการสอน. Retrieved from http://ent.md.kku.ac.th/site_data/mykku_ent/81/Postgrad/377_521_010414.pdf
- ณรงค์ บุญสิริสัมพันธ์. (2003). *Multiclass Support Vector Machines By Balance Dichotomization*. (Degree of Master of Science in Computer Science), Chulalongkorn University, Faculty of Engineering.
- บุญเสริม กิจศิริกุล. (2546). โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ Retrieved from Computer Engineering, Faculty of Engineering:
- บุญเสริม กิจศิริกุล. (2548). *Artificial Intelligence*. Computer Engineering, Chulalongkorn University: Bangkok, Thailand.
- รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดาศรีจิตรา บุคณา. (2550). พาร์กินสันรักษาได้ กทม: Se-Education Public Company Limited.



ภาคผนวก ก

The Unified Parkinson's Disease Rating Scale : UPDRS

Section I Mentation, Behavior, Mood

1. *Intellectual Impairment*

- 0 none
- 1 mild (consistent forgetfulness with partial recollection of events with no other difficulties)
- 2 moderate memory loss with disorientation and moderate difficulty handling complex problems
- 3 severe memory losses with disorientation to time and often place, severe impairment with problems
- 4 severe memory losses with orientation only to person, unable to make judgments or solve problems

2. *Thought Disorder*

- 0 none
- 1 vivid dreaming
- 2 "benign" hallucinations with insight retained
- 3 occasional to frequent hallucination or delusions without insight, could interfere with daily activities
- 4 persistent hallucination, delusions, or F(lo)rid psychosis.

3. *Depression*

- 0 none
- 1 periods of sadness or guilt greater than normal, never sustained for more than a few days or a week
- 2 sustained depression for >1 week
- 3 vegetative symptoms (insomnia, anorexia, abulia, weight loss)
- 4 vegetative symptoms with suicidality

4. *Motivation/Initiative*

- 0 normal
- 1 less of assertive, more passive
- 2 loss of initiative or disinterest in elective activities
- 3 loss of initiative or disinterest in day to say(routine) activities
- 4 withdrawn, complete loss of motivation

Section II. Activities of Daily Living

5. *Speech***

- 0 normal
- 1 mildly affected, no difficulty being understood
- 2 moderately affected, may be asked to repeat
- 3 severely affected, frequently asked to repeat
- 4 unintelligible most of time

6. *Salivation***

- 0 normal
- 1 slight but noticeable increase; may have nighttime drooling
- 2 moderately excessive saliva; may have minimal drooling
- 3 marked excess of saliva with some drooling
- 4 Mark drooling, requires constant tissue or handkerchief

7. *Swallowing***

- 0 normal
- 1 rare choking
- 2 occasional choking
- 3 requires soft food
- 4 requires nasogastric tube or gastronomy tube

8. Handwriting

- 0 normal
- 1 slightly small or slow
- 2 all words small but legible
- 3 severely affected, not all words legible
- 4 majority of word are not illegible

9. Cutting Food/Handing Utensils

- 0 normal
- 1 somewhat slow and clumsy but no help needed
- 2 can cut most foods, some help needed
- 3 foods must be cut, but can feed self
- 4 needs to be fed

10. Dressing

- 0 normal
- 1 somewhat slow, no help needed
- 2 occasional help with buttons or arms in sleeves
- 3 considerable help required but can do something alone
- 4 helpless

11. Hygiene

- 0 normal
- 1 somewhat slow but no help needed
- 2 needs help with shower or bath or very slow in hygienic care
- 3 requires assistance for washing, brushing teeth, going to bathroom
- 4 Foley catheter or other mechanical aids

12. Turning in Bed/ Adjusting Bed Clothes

- 0 normal
- 1 somewhat slow and clumsy no help needed
- 2 can turn alone or adjust sheets but with great difficulty
- 3 can initiate but not turn or adjust alone
- 4 helpless

13. Falling-Unrelated to Freezing

- 0 none
- 1 rare falls
- 2 occasional, less than one per day
- 3 average of once per day
- 4- >1 per day

14. Freezing When Walking

- 0 normal
- 1 rare, may have start hesitation
- 2 occasional falls from freezing,
- 3 frequent freezing, occasional falls
- 4 frequent falls from freezing

15. Walking

- 0 normal
- 1 mild difficulty, day drag legs or decrease arm swing
- 2 moderate difficulty requires no assist
- 3 severe disturbances requires assistance
- 4 cannot walk at all even with assist

16. Tremor

- 0 absent
- 1 slight and infrequent, not bothersome to patient
- 2 moderate, bothersome to patient
- 3 severe, interfere with many activities
- 4 marked, interferes with many activities

17. Sensory Complaints Related to Parkinsonism

- 0 none
- 1 occasionally has numbness, tingling, and mild aching
- 2 frequent, but not distressing
- 3 frequent painful sensation
- 4 excruciating pain

III. Motor Exam**18. Speech****

- 0 normal
- 1 slight loss of expression, diction, volume
- 2 monotones, slurred but understandable, moderately impaired
- 3 marked impairment, difficult to understand
- 4 unintelligible

19. Facial Expression

- 0 Normal
- 1 slight hypomymia, could be poker face
- 2 slight but definite abnormal diminution in expression
- 3 moderate hypomimia; lips parted some of time
- 4 masked or fixed face, lips parted 1/4 of inch or more with complete loss of expression

20. Tremor at Rest**+ Face, Lips and Chin**

- 0 absent
- 1 slight and infrequent
- 2 mild and present most of time
- 3 moderate and present most of time
- 4 marked and present most of time

+ Right Upper Extremity (RUE)

- 0 absent
- 1 slight and infrequent
- 2 mild and present most of time
- 3 moderate and present most of time
- 4 marked and present most of time

+ Left Upper Extremity (LUE)

- 0 absent
- 1 slight and infrequent
- 2 mild and present most of time
- 3 moderate and present most of time
- 4 marked and present most of time

+ Right Lower Extremity (RLE)

- 0 absent
- 1 slight and infrequent
- 2 mild and present most of time
- 3 moderate and present most of time
- 4 marked and present most of time

+ Left Lower Extremity (LLE)

- 0 absent
- 1 slight and infrequent
- 2 mild and present most of time
- 3 moderate and present most of time
- 4 marked and present most of time

21. Action or Postural Tremor

+ RUE

- 0 absent
- 1 slight, present with action
- 2 moderate, present with action
- 3 moderate present with action and posture holding
- 4 marked, interferes with feeding

+ LUE

- 0 absent
- 1 slight, present with action
- 2 moderate, present with action
- 3 moderate present with action and posture holding
- 4 marked, interferes with feeding

22. Rigidity

+ Neck

- 0 absent
- 1 slight or only with activation
- 2 mild/ moderate
- 3 marked, full range of motion
- 4 severe

+ RUE

- 0 absent
- 1 slight or only with activation
- 2 mild/ moderate
- 3 marked, full range of motion
- 4 severe

+ LUE

- 0 absent
- 1 slight or only with activation
- 2 mild/ moderate
- 3 marked, full range of motion
- 4 severe

+ RLE

- 0 absent
- 1 slight or only with activation
- 2 mild/ moderate
- 3 marked, full range of motion
- 4 severe

+ LLE

- 0-absent
- 1-slight or only with activation
- 2-mild/moderate
- 3-marked, full range of motion
- 4-severe

23. Finger taps**+ Right**

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/ or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired, frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

+ Left

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired, frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform

24. Hand Movements (open and close hands in rapid succession)**+ Right**

- 0 normal
- 1 mild slowing and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3-severely impaired. Frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform

+ Left

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired, frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform

25 Rapid Alternating Movements (pronate and supinate hands)**+ Right**

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3-severely impaired. Frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform

+ Left

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired. Frequent hesitations and arrests.
- 4 can barely perform

26. Leg Agility (tap heel on ground, amp should be 3 inches)**+ Right**

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired, frequent hesitations and arrests
- 4 can barely perform

+ Left

- 0 normal
- 1 mild slowing, and/or reduction in amplitude
- 2 moderate impaired. Definite and early fatiguing may have occasional arrests
- 3 severely impaired. Frequent hesitations and arrests.
- 4 can barely perform

27. Arising from Chair (pt. arises with arms folded across chest)

- 0 normal
- 1 slow may need more than one attempt
- 2 pushes self-up from arms or seat
- 3 tend to fall back, may need multiple tries but can arise without assistance
- 4 unable to arise without help

28. Posture

- 0 normal erect
- 1 slightly stooped, could be normal for older person
- 2 definitely abnormal, moderate stooped, may lean to one side
- 3 severely stooped with kyphosis
- 4 marked flexion with extreme abnormality of posture

29. Gait

- 0 normal
- 1 walks slowly, may shuffle with short steps, no festination or propulsion
- 2 walks with difficulty, little or no assistance, some festination, short steps or propulsion
- 3 severe disturbance, frequent assistance
- 4 cannot walk

30. Postural Stability (re-propulsion test)

- 0 normal
- 1 recovers unaided
- 2 would fall if not caught
- 3 falls spontaneously
- 4 unable to stand

31. Body Bradykinesia/ Hypokinesia

- 0 none
- 1 minimal slowness, could be normal, deliberate character
- 2 mild slowness and poverty of movement, definitely abnormal, or decrease amplitude of movement
- 3 moderate slowness, poverty, or small amplitude
- 4 marked slowness, poverty, or amplitude

ภาคผนวก ข
ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลทางคลินิก

ข. 1 กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง

ลำดับที่	รหัส	อายุ	ระยะเวลาของ การเป็นโรค	Hoehn & Yahr	UPDRS ข้อ ที่ 5	UPDRS ข้อ ที่ 6	UPDRS ข้อ ที่ 7	UPDRS ข้อที่ 18
1	PDF01	53	6	2	1	0	0	1
2	PDF02	58	8	2	0	0	1	0
3	PDF03	68	5	1	0	1	1	1
4	PDF04	59	7	2.5	2	1	0	1
5	PDF05	75	3	3	1	0	1	0
6	PDF06	70	6	2	1	0	1	1
7	PDF07	57	2	2	0	0	0	1
8	PDF08	70	1	1	0	0	1	1
9	PDF09	61	6	3	0	1	0	1
10	PDF10	70	7	2.5	3	1	1	1
11	PDF11	67	7	2	0	0	0	1
12	PDF12	69	10	2	2	1	1	1
13	PDF13	71	6	1	0	1	0	1
14	PDF14	56	1	1	0	1	0	0
15	PDF15	59	7	3	0	0	1	0
16	PDF16	82	17	4	3	0	2	2
17	PDF17	71	5	4	3	3	3	3
18	PDF18	73	4	2	3	3	2	2
19	PDF19	58	14	3	1	0	3	1
20	PDF20	63	7	3	0	1	2	1
21	PDF21	75	13	2	0	0	0	0
22	PDF22	72	5	3	2	0	0	1
23	PDF23	79	11	3	3	0	2	3
24	PDF24	86	9	3	1	0	1	0
25	PDF25	64	5	2.5	0	1	1	1
26	PDF26	68	4	4	2	0	2	2
27	PDF27	66	10	4	3	2	1	3
28	PDF28	72	18	4	2	2	2	2
29	PDF29	66	11	4	3	1	1	2

ข. 2 กลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันเพศชาย

ลำดับที่	รหัส	อายุ	ระยะเวลาของ การเป็นโรค	Hoehn & Yahr	UPDRS ข้อที่ 5	UPDRS ข้อที่ 6	UPDRS ข้อ ที่ 7	UPDRS ข้อที่ 18
30	PDM1	66	3	1	0	1	0	1
31	PDM2	66	3	3	2	1	2	2
32	PDM3	63	2	2	0	1	1	0
33	PDM4	66	10	2	2	2	2	1
34	PDM5	69	7	2	0	0	0	1
35	PDM6	67	2	2.5	1	1	1	1
36	PDM7	58	1	1	1	1	0	1
37	PDM8	80	7	2	0	0	0	1
38	PDM9	50	1	1	1	1	0	1
39	PDM10	69	3	2.5	0	0	0	1
40	PDM11	77	6	2.5	1	1	1	1
41	PDM12	61	1	1	0	0	0	0
42	PDM13	60	7	2.5	1	0	1	1
43	PDM14	67	3	2	0	0	1	1
44	PDM15	65	13	2.5	1	1	0	1
45	PDM16	66	1	1	1	0	1	0
46	PDM17	62	4	2.5	1	1	0	1
47	PDM18	76	10	2.5	3	1	0	1
48	PDM19	57	1	1	2	1	1	1
49	PDM20	79	6	3	2	2	2	1
50	PDM21	62	14	3	2	0	0	2
51	PDM22	77	9	2.5	1	0	3	1
52	PDM23	76	5	3	2	2	3	1
53	PDM24	67	3	2	0	0	1	1
54	PDM25	62	17	2	3	1	2	1
55	PDM26	67	6	2.5	1	1	1	1
56	PDM27	71	19	4	3	0	1	3
57	PDM28	66	10	4	2	1	1	1
58	PDM29	65	3	4	2	3	3	3
59	PDM30	75	13	4	2	3	2	1

ข. 3 กลุ่มคนปกติ

ลำดับที่	รหัส	อายุ	ลำดับที่	รหัส	อายุ
60	NCF01	64	84	NCM01	55
61	NCF02	69	85	NCM02	53
62	NCF03	68	86	NCM03	68
63	NCF04	63	87	NCM04	51
64	NCF05	75	88	NCM05	71
65	NCF06	54	89	NCM06	67
66	NCF07	61	90	NCM07	64
67	NCF08	62	91	NCM08	62
68	NCF09	59	92	NCM09	73
69	NCF10	67	93	NCM10	58
70	NCF11	62	94	NCM11	57
71	NCF12	52	95	NCM12	52
72	NCF13	54	96	NCM13	53
73	NCF14	62	97	NCM14	60
74	NCF15	51	98	NCM15	60
75	NCF16	52	99	NCM16	63
76	NCF17	71	100	NCM17	58
77	NCF18	56	101	NCM18	56
78	NCF19	50	102	NCM19	53
79	NCF20	51			
80	NCF21	58			
81	NCF22	65			
82	NCF23	53			
83	NCF24	51			

ภาคผนวก ค
ผลการประเมินผู้ป่วยพาร์กินสันด้วยการฟังเสียง

ค. 1 ผลการประเมินแยกตามผู้ประเมินในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

รหัส	SP1	SP2	SP3	ค่าเฉลี่ย	รหัส	SP1	SP2	SP3	ค่าเฉลี่ย
NCF01	0	1	0	0.33	PDF01	1	1	0	0.67
NCF02	1	1	0	0.67	PDF02	1	1	1	1.00
NCF03	0	0	0	0.00	PDF03	1	1	1	1.00
NCF04	1	1	1	1.00	PDF04	0	0	0	0.00
NCF05	1	1	1	1.00	PDF05	1	1	1	1.00
NCF06	1	1	1	1.00	PDF06	1	1	1	1.00
NCF07	0	0	1	0.33	PDF07	0	0	0	0.00
NCF08	0	1	0	0.33	PDF08	1	1	1	1.00
NCF09	1	1	1	1.00	PDF09	0	0	0	0.00
NCF10	1	1	0	0.67	PDF10	0	0	0	0.00
NCF11	0	1	1	0.67	PDF11	1	0	1	0.67
NCF12	1	1	1	1.00	PDF12	0	0	1	0.33
NCF13	0	1	1	0.67	PDF13	1	1	1	1.00
NCF14	1	1	1	1.00	PDF14	1	0	1	0.67
NCF15	0	0	0	0.00	PDF15	0	0	1	0.33
NCF16	1	1	1	1.00	PDF16	1	1	1	1.00
NCF17	1	1	1	1.00	PDF17	1	1	1	1.00
NCF18	1	1	1	1.00	PDF18	1	1	1	1.00
NCF19	1	1	1	1.00	PDF19	1	0	0	0.33
NCF20	1	1	1	1.00	PDF20	1	1	1	1.00
NCF21	1	1	1	1.00	PDF21	1	1	1	1.00
NCF22	0	0	0	0.00	PDF22	1	1	1	1.00
NCF23	1	1	1	1.00	PDF23	1	1	1	1.00
NCF24	1	1	1	1.00					
ความแม่นยำ (%)	66.67	83.33	70.83	73.63	ความแม่นยำ (%)	73.91	60.87	73.91	69.57

หมายเหตุ SP1 คือผู้ประเมินคนที่ 1, SP2 คือผู้ประเมินคนที่ 2, SP3 คือผู้ประเมินคนที่ 3

NCF = คนปกติเพศหญิง, PDF = ผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง, NCM = คนปกติเพศชายและ PDM = คนปกติเพศชาย

ค. 2 ผลการประเมินแยกตามผู้ประเมินในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

รหัส	SP1	SP2	SP3	ค่าเฉลี่ย	รหัส	SP1	SP2	SP3	ค่าเฉลี่ย
NCM01	1	1	1	1.00	PDM01	1	1	1	1.00
NCM02	0	1	0	0.33	PDM02	0	0	0	0.00
NCM03	1	1	0	0.67	PDM03	0	0	1	0.33
NCM04	0	1	0	0.33	PDM04	0	0	0	0.00
NCM05	1	1	1	1.00	PDM05	0	0	1	0.33
NCM06	0	0	0	0.00	PDM06	1	0	1	0.67
NCM07	0	1	0	0.33	PDM07	0	0	1	0.33
NCM08	0	0	0	0.00	PDM08	1	1	1	1.00
NCM09	0	1	0	0.33	PDM09	0	1	0	0.33
NCM10	0	0	0	0.00	PDM10	1	0	1	0.67
NCM11	1	1	0	0.67	PDM11	0	0	1	0.33
NCM12	1	1	1	1.00	PDM12	1	0	1	0.67
NCM13	0	1	0	0.33	PDM13	1	0	1	0.67
NCM14	0	1	0	0.33	PDM14	1	0	1	0.67
NCM15	1	1	0	0.67	PDM15	1	0	1	0.67
NCM16	0	1	1	0.67	PDM16	1	1	1	1.00
NCM17	1	1	0	0.67	PDM17	1	0	1	0.67
NCM18	1	0	0	0.33	PDM18	1	0	1	0.67
NCM19	1	1	0	0.67	PDM19	1	1	1	1.00
					PDM20	0	1	0	0.33
					PDM21	1	0	1	0.67
					PDM22	1	1	1	1.00
					PDM23	1	1	1	1.00
					PDM24	1	0	1	0.67
					PDM25	1	1	1	1.00
					PDM26	1	1	1	1.00
ความแม่นยำ (%)	47.37	78.95	21.05	49.12	ความแม่นยำ (%)	69.23	38.46	84.62	64.15

หมายเหตุ SP1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1, SP2 คือผู้ประเมินคนที่ 2 , SP3 คือผู้ประเมินคนที่ 3

NCF =คนปกติเพศหญิง, PDF = ผู้ป่วยพาร์กินสันเพศหญิง, NCM=คนปกติเพศชาย และ PDM = คนปกติเพศชาย

ค. 3 ผลการประเมินเฉลี่ย

ลำดับที่	NCF	PDF	NCM	PDM
1	0.33	0.67	1.00	1.00
2	0.67	1.00	0.33	0.00
3	0.00	1.00	0.67	0.33
4	1.00	0.00	0.33	0.00
5	1.00	1.00	1.00	0.33
6	1.00	1.00	0.00	0.67
7	0.33	0.00	0.33	0.33
8	0.33	1.00	0.00	1.00
9	1.00	0.00	0.33	0.33
10	0.67	0.00	0.00	0.67
11	0.67	0.67	0.67	0.33
12	1.00	0.33	1.00	0.67
13	0.67	1.00	0.33	0.67
14	1.00	0.67	0.33	0.67
15	0.00	0.33	0.67	0.67
16	1.00	1.00	0.67	1.00
17	1.00	1.00	0.67	0.67
18	1.00	1.00	0.33	0.67
19	1.00	0.33	0.67	1.00
20	1.00	1.00		0.33
21	1.00	1.00		0.67
22	0.00	1.00		1.00
23	1.00	1.00		1.00
24	1.00			0.67
25				1.00
26				1.00
ความแม่นยำ (%)	73.63	69.57	49.11	64.15
SD (%)	36.79	40.13	32.27	31.25

ภาคผนวก ง

seven categories of extracted acoustic features

Group	Parameter	Name	Unit
Fundamental frequency information measurements	Average Fundamental Frequency	F0	Hz
	Mean Fundamental Frequency	MF0	
	Average Pitch Period	T0	ms
	Highest Fundamental Frequency	F(hi)	Hz
	Lowest Fundamental Frequency	F(lo)	Hz
	Standard Deviation of F0	STD	Hz
	Phonatory F0-Range in semi-tones	PFR	semi-tones
	Length of Analyzed Sample	Tsam	sec
Short and long-term frequency perturbation measurements	Total Number Detected Pitch Periods	PER	
	Absolute Jitter	Jita	us
	Jitter Percent	Jitt	%
	Relative Average Perturbation	RAP	%
	Pitch Perturbation Quotient	PPQ	%
	Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	%
Short and long-term amplitude perturbation measurements	Fundamental Frequency Variation	vF0	%
	Shimmer in dB	ShdB	dB
	Shimmer Percent	Shim	%
	Amplitude Perturbation Quotient	APQ	%
	Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	%
Voice break related measurements	Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	%
	Degree of Voice Breaks	DVB	%
Noise and tremor evaluation measurements	Number of Voice Breaks	NVB	
	Noise to Harmonic Ratio	NHR	
	Voice Turbulence Index	VTI	
	Soft Phonation Index	SPI	
	F0-Tremor Intensity Index	FTRI	
	Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	
	F0-Tremor Frequency	Fftr	
Subharmonic components related measurements	Amplitude Tremor Frequency	Fatr	
	Degree of Sub-harmonics	DSH	%
Voice irregularity related measurements	Number of Sub-harmonic Segments	NSH	
	Degree of Voiceless	DUV	%
	Number of Unvoiced Segments	NUV	
	Number of Segments Computed	SEG	

ภาคผนวก จ

The Institutional Review Board



Protocol Number 421/53

INSTITUTIONAL REVIEW BOARD
Faculty of Medicine, Chulalongkorn University
 1873 Rama 4 Road, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand, Tel 662-256-4455 ext 14, 15

Approval of Documents related to Study Protocol

The Institutional Review Board of the Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, has approved the following study which is to be carried out in compliance with the International guidelines for human research protection as Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline and International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

Study Title : DETECTION OF PEOPLE WITH PARKINSON' S DISEASE USING SPEECH PROCESSING

Study Code : -

Principal Investigator : Miss Pawichaya Suphinnapong

Study Center : Doctor of Philosophy Program in Biomedical Engineering, Biomedical Engineer, Graduate College, Chulalongkorn University

Document Approval :

1. Protocol version 2.0 Dated 9 Jan 2013
2. Information sheet for research participant Version 2.0 Dated 9 Jan 2013
3. Consent form Version 2.0 Dated 9 Jan 2013

Signature  Signature 
 (Emeritus Professor Tada Sueblinvong MD) (Assistant Professor Prapapan Rajatapiti MD, PhD)
 Chairperson Member and Assistant Secretary, Acting
 The Institutional Review Board Secretary The Institutional Review Board

Date of Approval : February 7, 2013

Approval granted is subject to the following conditions: (see back of this Certificate)

All approved investigators must comply with the following conditions:

1. Strictly conduct the research as required by the protocol;
2. Use only the information sheet, consent form (and recruitment materials, if any), interview outlines and/or questionnaires bearing the Institutional Review Board's seal of approval ; and return one copy of such documents of the first subject recruited to the Institutional Review Board (IRB) for the record;
3. Report to the Institutional Review Board any serious adverse event or any changes in the research activity within five working days;
4. Provide reports to the Institutional Review Board concerning the progress of the research upon the specified period of time or when requested;
5. If the study cannot be finished within the expire date of the approval certificate, the investigator is obliged to reapply for approval at least one month before the date of expiration.
6. All the above approved documents are expired on the same date of the previously approved protocol (Protocol Number.....421/63.....)

* A list of the Institutional Review Board members (names and positions) present at the meeting of Institutional Review Board on the date of approval of this study has been attached. All approved documents will be forwarded to the principal investigator.

ภาคผนวก ฉ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในงานวิทยานิพนธ์

ผศ.พิเศษ ภัทรนฤณ มหัทธนสกุล, MD.

การศึกษา : แพทยศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

สถานที่ทำงาน : คณะแพทยศาสตร์ รพ. จุฬาลงกรณ์และสภากาชาดไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

อาจารย์ปรียา หล่อวัฒนพงษ์, C.A.G.S.

การศึกษา : Speech and Language Disorder มหาวิทยาลัย Boston ประเทศสหรัฐอเมริกา

สถานที่ทำงาน : คณะแพทยศาสตร์ รพ. จุฬาลงกรณ์และสภากาชาดไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

อาจารย์กัลยาณี มกรภิรมย์, Ph.D.

การศึกษา : Ph.D. (Neuroscience) มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ร่วมกับ
มหาวิทยาลัย Monash ประเทศออสเตรเลีย

สถานที่ทำงาน : คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

นาวาโท นวนศรี ศรีธนะบุตร, M.A.

การศึกษา : ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (Communication Disorder) มหาวิทยาลัยมหิดล
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

สถานที่ทำงาน : รพ. ภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

นาวาตรี พิทยา ชมพูทอง M.Sc.

การศึกษา : ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (Communication Disorder), มหาวิทยาลัยมหิดล
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

สถานที่ทำงาน : รพ. ภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

