



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ศึกษาความเป็นไปของการวิเคราะห์โรคอัลไซเมอร์จากภาพถ่ายทางการแพทย์  
(Feasibility Study of Alzheimer's Disease from Medical Imaging)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา ปัญญาวราภรณ์

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558  
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 178087  
สัญญาเลขที่ 128/2558

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ศึกษาความเป็นไปของการวิเคราะห์โรคอัลไซเมอร์จากภาพถ่ายทางการแพทย์  
(Feasibility Study of Alzheimer's Disease from Medical Imaging)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา ปัญญาวราภรณ์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สิงหาคม 2561

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 128/2558 งานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของผู้ร่วมวิจัยและขอขอบคุณโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ที่ให้การสนับสนุนภาพถ่ายทางการแพทย์สำหรับการวิจัยนี้ รวมไปถึงขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ พญ.สุภัทรรพร เทพมงคล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ ห่อแก้ว สำหรับข้อเสนอแนะที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2561

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันโรคที่มักจะพบบ่อยในผู้สูงอายุ เช่น โรคความดันสูง โรคไขมันในเส้นเลือดสูง โรคสมองเสื่อม เป็นต้น สมองเสื่อมเป็นโรคที่แปรผันตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้น โรคอัลไซเมอร์ก็เป็นสภาวะทางสมองเสื่อมชนิดหนึ่ง การตรวจพบโรคตั้งแต่ระยะแรกจะช่วยหาวิธีการรักษาเพื่อชะลอความรุนแรงของโรค การวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ทำได้หลายวิธี เช่น การทำแบบสำรวจ การวิเคราะห์จากภาพถ่ายทางการแพทย์ เป็นต้น โครงการวิจัยนี้เป็นหนึ่งในวิธีการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้นจากภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่างของคนไทยจำนวน 30 คน ขั้นตอนประกอบด้วย การแบ่งภาพสมอง การสกัดคุณลักษณะเด่นของภาพโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์เมลฟรีเควินซีเซปสตรีม (MFCC) ขั้นตอนสุดท้ายคือจำแนกประเภทโดยใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบเห็นว่าวิธีที่นำเสนอให้ค่าความถูกต้องมากถึงร้อยละ 96.51 ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้จำแนกผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์จากกลุ่มคนปกติ

**คำหลัก** โรคอัลไซเมอร์, ภาพ PET, MFCC, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

## Abstract

Now, among diseases from which the elderly people are suffered are high blood pressure, high cholesterol and dementia. Age related dementia are gradually developed. Alzheimer's disease is one of dementia. This can be done in several ways, e.g., by medical survey and medical imaging. This paper therefore presents a robust medical image classification methods for the preliminary diagnosis of Alzheimer's disease in a samples drawn from 30 Thai population. The proposed process adopted clustering brain segmentation, image feature extraction by using Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). The disease was finally classified by using Support Vector Machine. The experimental results indicated the accuracy of proposed method was up to 95.61%. It was appropriate to identify Alzheimer's patients from normal.

**Keywords:** Alzheimer's Disease, PET Images, MFCC, Support Vector Machine

## สารบัญ

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| กิตติกรรมประกาศ .....                                | ก         |
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                | ข         |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                             | ค         |
| สารบัญ .....   | ง         |
| สารบัญตาราง.....                                     | ฉ         |
| สารบัญภาพ .....                                      | ช         |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....                       | ซ         |
| <b>บทที่ 1</b>                                       |           |
| <b>บทนำ.....</b>                                     | <b>1</b>  |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....                   | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....                                | 2         |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย.....                              | 2         |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....                          | 2         |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                   | 2         |
| <b>บทที่ 2</b>                                       |           |
| <b>ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....</b>                       | <b>3</b>  |
| 2.1 โรคอัลไซเมอร์.....                               | 3         |
| 2.2 ภาพถ่ายทางการแพทย์.....                          | 4         |
| 2.3 การสกัดคุณลักษณะเด่น.....                        | 7         |
| 2.4 Support Vector Machine.....                      | 8         |
| 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                       | 9         |
| <b>บทที่ 3</b>                                       |           |
| <b>วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>                       | <b>11</b> |
| 3.1 กลุ่มตัวอย่าง.....                               | 11        |
| 3.2 ศึกษาวิธีการจำแนกจากภาพ PET.....                 | 13        |
| <b>บทที่ 4</b>                                       |           |
| <b>ผลการวิจัย.....</b>                               | <b>16</b> |
| 4.1 ตัววัดผล.....                                    | 16        |
| 4.2 ผลการทดสอบวิธีจำแนกภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่าง..... | 16        |

|   |    |
|---|----|
| 4.2.1 leave-p-out cross validation..... | 16 |
| 4.2.2 ทดสอบเคอร์เนลชนิดต่างๆ.....       | 17 |
| 4.2.3 ทดสอบที่แต่ละอันดับของ MFCC.....  | 17 |
| <b>บทที่ 5</b>                          |    |
| สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....        | 20 |
| ผลผลิต.....                             | 21 |
| บรรณานุกรม.....                         | 22 |
| ภาคผนวก.....                            | 24 |

## สารบัญภาพ

|   | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 2.1 ภาพสมองของ (ก) ผู้สูงอายุปกติ (ข) สมองผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์.....                          | 4    |
| ภาพที่ 2.2 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ในประเทศไทย.....  | 4    |
| ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างภาพถ่ายเอ็กซเรย์.....  | 5    |
| ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างภาพ CT Scan.....   | 5    |
| ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างภาพจากเครื่อง MRI.....   | 6    |
| ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างภาพ PET- CT.....   | 6    |
| ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างภาพถ่ายอัลตราซาวด์.....  | 7    |
| ภาพที่ 2.8 กระบวนการสกัดคุณลักษณะเด่นโดยใช้ MFCC.....   | 7    |
| ภาพที่ 2.9 ระนาบตัดสไลซ์ของ SVM.....  | 9    |
| ภาพที่ 3.1 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศชาย กลุ่มตัวอย่างที่ 2.....                           | 11   |
| ภาพที่ 3.2 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศหญิง กลุ่มตัวอย่างที่ 3.....                          | 12   |
| ภาพที่ 3.3 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศชาย กลุ่มตัวอย่างที่ 4.....                           | 12   |
| ภาพที่ 3.4 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศหญิง กลุ่มตัวอย่างที่ 5.....                          | 12   |
| ภาพที่ 3.5 การจำแนกภาพ PET สำหรับวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้น.....                                | 13   |
| ภาพที่ 3.6 ภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่าง.....  | 14   |
| ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างภาพสมองที่ใช้ K-means (b) 2 รอบ (c) 15 รอบ.....                                  | 14   |
| ภาพที่ 3.8 13 อันดับของค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรีม (a) กลุ่มคนปกติ (b) กลุ่มคนที่เป็นโรคอัลไซเมอร์..... | 15   |
| ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย.....  | 19   |



## สารบัญตาราง

|  | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของผู้ป่วยจากกลุ่มตัวอย่าง .....  | 11   |
| ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวิธีที่นำเสนออัตราส่วนการฝึกสอน (training) ต่อการทดสอบ (testing)..... | 17   |
| ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบที่เคอร์เนลต่างๆ .....  | 17   |
| ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบที่แต่ละอันดับของ MFCC .....  | 18   |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

|      |   |
|------|---|
| AD   | Alzheimer's Disease                         |
| NC   | Normal Control                              |
| SVM  | Support Vector Machine                      |
| NN   | Neural Network                              |
| CNN  | Convolutional Neural Network                |
| PET  | Positron Emission Tomography                |
| MRI  | Magnetic Resonance Imaging                  |
| CT   | Computed Tomography                         |
| ICA  | Independent Component Analysis              |
| PCA  | Principal Component Analysis                |
| ADNI | Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative |
| MFCC | Mel-Frequency Cepstral Coefficients         |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากบทความโรคสมองเสื่อมของภาควิชาจิตเวชศาสตร์ โรงพยาบาลรามาริบัติ (ภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาริบัติ, ม.ป.ป.) กล่าวว่าผู้มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไปเป็นโรคสมองเสื่อมร้อยละ 5 และอัตราการเพิ่มขึ้นของโรคสมองเสื่อมจะแปรผันตามอายุที่เพิ่มขึ้น สำหรับกลุ่มผู้มีอายุตั้งแต่ 80 ปีขึ้นไป มักจะพบโรคสมองเสื่อมถึงร้อยละ 20 สมองเสื่อมเป็นภาวะที่ความสามารถทางสติปัญญาลดลง ความคิดและการจดจำลดลง ผู้ที่เป็นโรคมักมีอาการหลงลืมในผู้สูงอายุ การใช้ภาษาผิดปกติและพฤติกรรม รวมถึงอารมณ์เปลี่ยนแปลง โรคสมองเสื่อมเกิดจากหลายสาเหตุทั้งที่แก้ไขได้และแก้ไขไม่ได้ เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคหลอดเลือดสมอง โรคพาร์กินสัน เนื้องอกในสมอง โพรงน้ำในสมองขยายตัว เป็นต้น โรคสมองเสื่อมที่พบเห็นบ่อยที่สุด คือ โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's Disease)

โรคอัลไซเมอร์เป็นสภาวะสมองเสื่อมที่เกิดจากความเสื่อมและการตายของเซลล์สมองโดยตรง ซึ่งเซลล์สมองทำหน้าที่ในการเรียนรู้ จดจำ หากเซลล์สมองเสื่อมโทรมหรือเสียหายจะส่งผลให้ความสามารถในการเรียนรู้และจดจำหายไป ในช่วงแรกสมองส่วนความจำจะฝ่อลง หลังจากนั้นสมองส่วนอื่นๆ ก็ส่งผลกระทบต่อความคิดและการสื่อสารตลอดจนพฤติกรรม ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการหลงลืม โดยที่อาการของโรคนี้อาจค่อยเป็นค่อยไป หากพบเจอตั้งแต่เริ่มแรกจะมีโอกาสชะลอความรุนแรงของโรคให้เกิดขึ้นช้าลงได้ (ภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาริบัติ, ม.ป.ป.) ดังนั้นผู้ป่วยควมรีบพบแพทย์ระบบประสาทเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง โรคอัลไซเมอร์ไม่ได้เป็นโรคติดต่อ แต่อาจมีการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ได้ ปัจจัยเสี่ยงของโรคอัลไซเมอร์ที่สำคัญคืออายุที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันคนเรามีอายุที่ยืนนานขึ้น โรคอัลไซเมอร์จึงพบได้มากขึ้นและกำลังเป็นปัญหาที่สำคัญของทุกประเทศในโลก การวินิจฉัยโรคนี้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรกเป็นการชะลอความรุนแรงของโรค การวินิจฉัยเบื้องต้นเมื่อสงสัยว่าเป็นโรคอัลไซเมอร์มีดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย ตรวจเบื้องต้นว่ามีอาการซึมเศร้าหรือไม่ ทดสอบความจำ ตรวจเลือด และตรวจจากภาพถ่ายทางการแพทย์

ปัจจุบันการตรวจความผิดปกติของสมองด้วยเครื่อง PET สแกนสามารถยืนยันความถูกต้องได้มากกว่าร้อยละ 90 การวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ด้วยเครื่อง PET สแกนคือการวัดการทำงานของเซลล์สมองจากระดับน้ำตาลในสมองที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยจะเกิดขึ้นชัดเจนในผู้ป่วยแสดงภาพได้ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ ภาพถ่ายที่ได้จะแสดงสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในบริเวณที่มีปัญหา (โยชิน ชินวลัญช์, ม.ป.ป.) จากบทความ (Tepmongkol, 2013) กล่าวถึงการใช้ภาพถ่าย PET เพื่อวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ สารเภสัชรังสีที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคสมองเสื่อมคือ F18-FDG ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับกลูโคสหรือระดับน้ำตาลในสมอง F18-DOPA ก็เป็นสารเภสัชรังสีอีกชนิดที่ใช้วินิจฉัยโรคพาร์กินสัน (Parkinson's Disease) ซึ่งเป็นโรคสมองเสื่อมอีกประเภทหนึ่ง และ C11-PIB ใช้สำหรับการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ โดยสารเภสัชรังสีดังกล่าวสามารถตรวจหาสารเบต้าอามิลอยด์ ( $\beta$ -Amyloid) ได้ตั้งแต่ระยะที่ยังไม่ปรากฏอาการ ปัจจุบันมีหลายโรงพยาบาลในประเทศไทยที่มีเครื่อง PET สแกน ด้วยเหตุผลที่ว่า การวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ตั้งแต่เริ่มแรกเป็นหนทางที่ช่วยชะลอความรุนแรงของโรคได้ โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอัลกอริธึมที่ช่วยสำหรับการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้นจากภาพถ่าย PET

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหลักการประมวลผลภาพถ่ายทางการแพทย์
2. ออกแบบและสร้างอัลกอริธึมสำหรับวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้นจากภาพถ่าย PET
3. วิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์เพื่อแยกองค์ประกอบของสมองและวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยภายนอก

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นภาพ PET ของคนไทยจำนวน 30 คนประกอบด้วย ภาพ PET ของผู้ป่วย 10 คนและคนปกติ 20 คน
2. จำแนกจากภาพถ่ายทางการแพทย์เท่านั้น โดยจำแนกเป็น 2 กลุ่มคือผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์และคนปกติ

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาการจำแนกประเภทภาพ (Image Classification) และการสกัดคุณลักษณะเด่นของภาพ (Feature Extraction)
2. รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบอัลกอริธึมและเขียนโปรแกรมวิเคราะห์
4. วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออัลกอริธึมที่ออกแบบ เช่น ความคมชัดของภาพ ขนาดของสมอง เทคนิคการแยกรูปภาพ เป็นต้น
5. เก็บผลการทดลองจากภาพ PET ทั้ง 30 ชุดข้อมูล
6. สรุปและวิเคราะห์ผล
7. จัดทำข้อมูลเผยแพร่ในงานวิจัยในรูปแบบวารสารระดับนานาชาติ
8. ทำรายงานฉบับสมบูรณ์

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมสำหรับวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้นโดยใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิทัล
2. บุคลากรทางการแพทย์สามารถนำไปใช้วินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้นได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

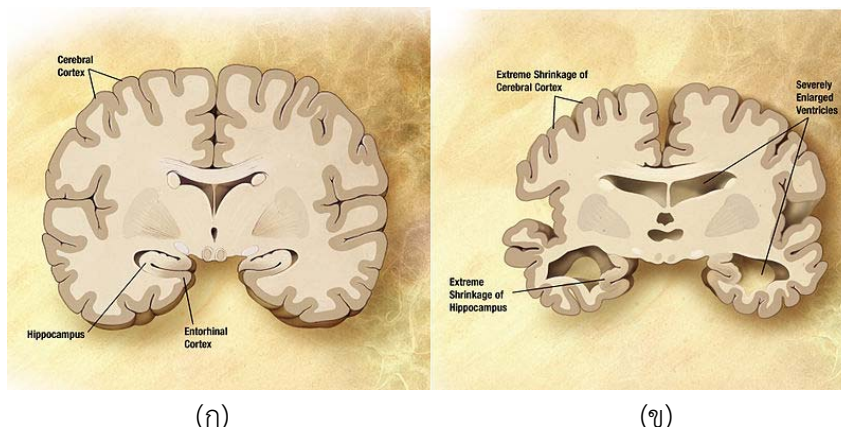
#### 2.1 โรคอัลไซเมอร์

โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) เป็นโรคที่มียอดผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นรูปแบบของภาวะสมองเสื่อมที่พบมากที่สุด โรคอัลไซเมอร์เป็นโรคทางสมองชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่ภาวะสมองเสื่อมตามธรรมชาติหรือตามอายุที่มากขึ้น โรคอัลไซเมอร์เกิดจากการตายของเซลล์สมอง โดยที่เซลล์สมองมีทำหน้าที่ในการเรียนรู้และจดจำ หากเซลล์สมองเสื่อมโทรมหรือเสียหายไปจะส่งผลให้ความสามารถในการเรียนรู้และจดจำหายไปเช่นกัน ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคอัลไซเมอร์คืออายุ สำหรับกลุ่มผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 80 ปีขึ้นไปจะพบโรคสมองเสื่อมถึงร้อยละ 20 หรือ 1 ใน 5 คน สมองเสื่อมเป็นภาวะหนึ่งของสมองที่เกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งพบว่าร้อยละ 70 ของผู้ป่วยสมองเสื่อมมีสาเหตุมาจากโรคอัลไซเมอร์ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2558) สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการวินิจฉัยโรคตั้งแต่วัยเริ่มแรกเพื่อชะลอความรุนแรงของโรค

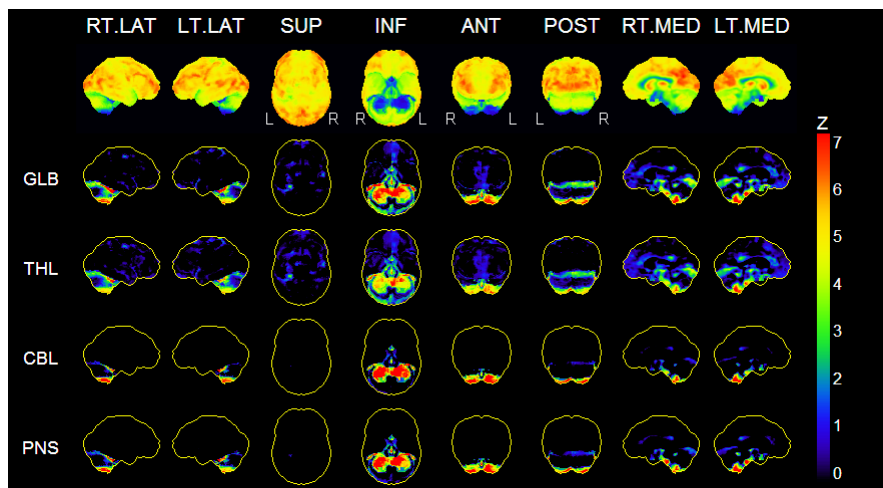
โรคอัลไซเมอร์สามารถวินิจฉัยจากพยาธิสภาพของสมองที่เปลี่ยนไปจากเดิม มีทฤษฎีหนึ่งกล่าวไว้ว่าโรคอัลไซเมอร์เกิดจากการสะสมของเบต้าอามิลอยด์ ( $\beta$ -Amyloid) ในเซลล์สมองและความผิดปกติของการม้วนพับของโปรตีน (protein misfolding disease) โปรตีนเบต้าอามิลอยด์เป็นส่วนหนึ่งของโปรตีนต้นกำเนิดอามิลอยด์ (Amyloid Precursor Protein; APP) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การดำรงชีวิตและการซ่อมแซมเซลล์ประสาท โปรตีนต้นกำเนิดอามิลอยด์จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อถูกเอนไซม์ตัดเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น ส่วนโปรตีนส่วนที่เหลือจะกลายเป็นเบต้าอามิลอยด์ ในคนปกติโปรตีนเบต้าอามิลอยด์นี้จะถูกกำจัดทิ้งได้ด้วยกลไกของร่างกาย แต่ผู้ที่เป็นโรคอัลไซเมอร์ไม่สามารถกำจัดโปรตีนเบต้าอามิลอยด์ออกจากสมองได้ เมื่อไม่สามารถกำจัดได้จึงเกิดการสะสมจับตัวเป็นตะกอนและเป็นก้อนกลายเป็นองค์ประกอบหลักของพลาแก (plaque) การที่โปรตีนเบต้าอามิลอยด์ที่ผิดปกติรวมกลุ่มกันจนเกิดเป็นพลาแกและเกิดการม้วนพับของโปรตีน ทำให้ไปขัดขวางการส่งสัญญาณภายในสมองส่วน hippocampus ซึ่งเป็นสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับความจำ ทำให้สูญเสียเส้นประสาทที่ทำงานเกี่ยวกับความทรงจำ จนมีอาการสูญเสียความทรงจำหรือเป็นโรคอัลไซเมอร์ ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างสมองของผู้สูงอายุปกติกับผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ สังเกตเห็นว่าภาพขวามือโครงสร้างของสมองผู้ป่วยสมองจะฝ่อลงมากกว่าของผู้สูงอายุทั่วไป

โรคอัลไซเมอร์ยังไม่มีวิธีการที่จะตรวจหาโรคที่ง่ายและรวดเร็วเหมือนการตรวจวินิจฉัยโรคต่างๆ ไปเนื่องจากโรคอัลไซเมอร์นี้เป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่สมอง วิธีตรวจที่เห็นผลที่ชัดเจนที่สุดคือการสแกนสมองด้วยเครื่อง PET สแกนเพื่อตรวจหาความผิดปกติทางสมอง การตรวจจากเครื่อง PET สแกนสามารถยืนยันความถูกต้องได้มากกว่าร้อยละ 90 การวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ด้วยเครื่อง PET สแกนเป็นการวัดการทำงานของเซลล์สมองจากระดับน้ำตาลในสมองที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นชัดเจนในผู้ป่วย ภาพที่ได้จะแสดงสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในบริเวณสมองส่วนที่มีปัญหา บทความ (Tepmongkol, 2013) กล่าวถึงภาพ PET ในการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์ ซึ่งสามารถตรวจหาสารเบต้าอามิลอยด์ ( $\beta$ -Amyloid) ได้ตั้งแต่วัย

ที่ยังไม่ปรากฏอาการ ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างภาพ PET ของสมองผู้ป่วย เพศหญิง อายุ 76 ปี ในกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบ



ภาพที่ 2.1 ภาพสมองของ (ก) ผู้สูงอายุปกติ (ข) สมองผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ (การตรวจหาโรคอัลไซเมอร์จากเลือดใกล้จะเป็นจริง, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.2 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ในประเทศไทย

## 2.2 ภาพถ่ายทางการแพทย์ (Medical Images)

ปัจจุบันโรงพยาบาลต่างๆ จัดเก็บภาพถ่ายทางการแพทย์แบบ PACS (Picture Archiving and Communication System) PACS คือระบบเทคโนโลยีสารสนเทศทางการแพทย์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายทางการแพทย์ (Medical Images) และรับส่งข้อมูลภาพในรูปแบบดิจิทัล โดยที่ PACS จะรับส่งข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบมาตรฐาน Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) ภาพถ่ายทางการแพทย์สามารถช่วยในการวิเคราะห์โรค โดยที่ภาพถ่ายทางการแพทย์มีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.) ดังนี้

### 1. ภาพถ่ายเอ็กซเรย์ (X-ray)

ภาพถ่ายเอ็กซเรย์เกิดจากการปล่อยรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดฉายไปยังเป้าหมาย เพื่อให้ในเกิดภาพเงาและมีแผ่นฟิล์มมารองรับสำหรับบันทึกภาพ ภาพที่ได้จึงเกิดจากการที่องค์ประกอบอวัยวะใดรังสี

เอกซเรย์ผ่านไปได้ยากหรือทึบก็จะมีสีขาว ส่วนถ้าอวัยวะใดรังสีเอกซเรย์ผ่านไปได้ง่ายหรือโปร่งก็จะมีสีเทาดำหรือดำ เช่น ภาพที่ 2.3 เป็นภาพถ่ายเอ็กซเรย์ บริเวณทรวงอก สังเกตเห็นว่าส่วนกระดูก ซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมจะทึบรังสีจึงเห็นเป็นเงาสีขาว ส่วนที่เป็นปอด ซึ่งมีอากาศอยู่ภายในมากจะโปร่งรังสีกว่าส่วนอื่น จึงเห็นเป็นเงาสีเทาดำหรือดำ เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างภาพถ่ายเอ็กซเรย์ (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.)

## 2. ภาพจากเครื่อง CT Scan

CT ย่อมาจาก (Computed Tomography) เกิดจากการแก้ไขปัญหาของภาพถ่ายเอ็กซเรย์ เนื่องจากต้องการวิเคราะห์ภาพที่มีความละเอียดมากขึ้น ภาพถ่ายเอ็กซเรย์เป็นภาพ 2 มิติส่งผลให้ภาพเกิดเงาของอวัยวะต่างๆ ซ้อนทับกันและภาพที่ได้ไม่ชัดเจน เครื่อง CT ยังคงใช้รังสีเอกซ์เช่นเดิม แต่จะมีหัวอ่านหลายหัวอยู่ภายในเพื่อรับภาพที่เกิดขึ้น เครื่อง CT จะมีการหมุนต้นกำเนิดรังสีไปรอบๆ เพื่อให้ได้ภาพเงาจากหลายมุม จากนั้นระบบของเครื่องก็จะนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาประมวลผลและสร้างภาพ 3 มิติ เนื่องจากภาพทั้งหมดเกิดจากข้อมูลในคอมพิวเตอร์ จึงสามารถสร้างภาพแบบ Tomography คือเป็น slice ย่อยๆ ออกมาได้ เช่น ภาพที่ 2.4 เป็นภาพ CT scan บริเวณช่องท้องตอนบน

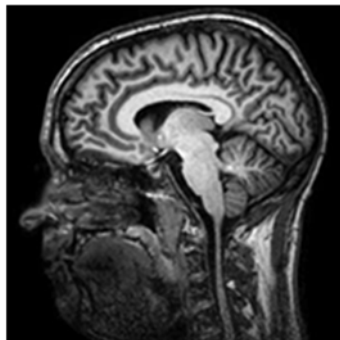


ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างภาพ CT Scan (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.)

## 3. ภาพจากเครื่อง MRI

MRI ย่อมาจาก Magnetic Resonance Imaging เป็นเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่สร้างขึ้น เพื่อการวินิจฉัยทางการแพทย์ที่ต้องการความคมชัดของภาพมากขึ้น MRI จะใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนแกนของโมเลกุลน้ำ แล้วจึงดักจับคลื่นความถี่ที่ถูกปล่อยออกมาในขณะที่โมเลกุลของน้ำคืนตัว จากนั้นเครื่อง MRI จะนำสัญญาณข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลจนเป็นภาพอวัยวะต่างๆ โดยอวัยวะส่วนใดที่มีน้ำเป็น

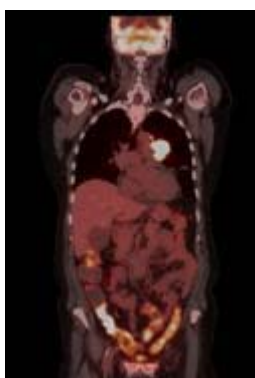
องค์ประกอบมากจะได้ภาพสีขาวหรือสีเทาอ่อน ส่วนอวัยวะใดที่มีน้ำอยู่น้อยหรือเป็นโพรงจะได้ภาพสีดำหรือเทาเข้ม ซึ่งภาพ MRI จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับภาพเอ็กซเรย์และภาพ CT Scan เช่น ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างภาพ MRI บริเวณศีรษะ ส่วนที่เป็นกระดูกหรือโพรงจะมีสีดำหรือเทาเข้ม ในขณะที่สมองและไขสันหลัง มีลักษณะคล้ายฟองน้ำจะมีสีขาวหรือเทาอ่อน



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างภาพจากเครื่อง MRI (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.)

#### 4. ภาพจากเครื่อง PET

PET ย่อมาจาก Positron Emission Tomography เป็นเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่สร้างขึ้นเพื่อการวิจัยทางการแพทย์และการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แม่นยำและต้องการความคมชัดของภาพมากขึ้น PET จะอาศัยหลักแนวคิดที่ว่า เนื้อเยื่อที่ผิดปกติโดยเฉพาะเนื้อร้ายมักจะมีการเผาผลาญอาหารมากกว่าเนื้อเยื่อปกติ หรือเนื้อเยื่อที่อ่อนแอจะมีการเผาผลาญอาหารน้อยลงเช่นกัน มีการนำหลักการของเวชศาสตร์นิวเคลียร์มาใช้ร่วมด้วย เช่น การใช้สารกัมมันตรังสี  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$  และ  $^{18}\text{F}$  มาใช้ดูปริมาณสะสมของสารเหล่านั้นในอวัยวะเป้าหมายต่างๆ เช่น ภาพที่ 2.6 เป็นภาพ PET-CT คือนำภาพจาก PET มาซ้อนกับ CT ของบริเวณลำตัว



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างภาพ PET- CT (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.)

#### 5. ภาพถ่าย Ultrasound

Ultrasound หรือ Sonography เป็นภาพถ่ายอีกประเภทหนึ่งที่เกิดจากการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าสู่ร่างกายผ่านทางโพรบ (probe) โดยที่โพรบจะเป็นตัวปล่อยเสียงและรับเสียงสะท้อนกลับ เนื่องจากเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายจะมีสภาวะการเป็นตัวกลางในการนำเสียงสะท้อนและหักเหที่แตกต่าง



กัน เมื่อได้ข้อมูลกลับมาก็จะนำมาประมวลผลเป็นภาพต่อไป ยกตัวอย่างเช่น การตรวจดูภาวะทารกขณะอยู่ในครรภ์ และภาพที่ 2.7 เป็นภาพถ่ายอัลตราซาวด์ (Ultrasound) บริเวณตับ มีลักษณะคล้ายรูปพัดหัวกลับ บริเวณปลายด้านบนที่แคบกว่าจะเป็นบริเวณผิวหนัง โดยแพทย์นำโพรบวางไว้ โดยจะทาเจลลื่นๆ เพื่อสัญญาณเสียงเข้าสู่ร่างกายได้โดยง่าย ส่วนด้านล่างที่กว้างออกจะเป็นภาพของอวัยวะเป้าหมายที่เกิดจากคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างภาพถ่ายอัลตราซาวด์ (ภาพถ่ายทางการแพทย์, ม.ป.ป.)

### 2.3 การสกัดคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction)

การสกัดคุณลักษณะเด่นเป็นการดึงลักษณะเฉพาะของสัญญาณที่แตกต่างกันออกมา ก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำลักษณะเด่นต่อไป สำหรับหัวข้อนี้จะอธิบายวิธีการสกัดคุณลักษณะเด่นจากค่าสัมประสิทธิ์เมลฟรีควีนซีเซปสตรัม (Mel-Frequency Cepstral Coefficients: MFCC) นิยมใช้ในกระบวนการสกัดคุณลักษณะเด่นของสัญญาณเสียง

เซปสตรัม (Cepstrum) คือการแปลงโคไซน์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform) ของลอการิทึมจากสเปกตรัมสัญญาณในช่วงสั้นๆ ฉะนั้นสัมประสิทธิ์เมลฟรีควีนซีเซปสตรัมก็เป็นเทคนิคที่ปรับปรุงมาจากเซปสตรัมด้วยการปรับสเกลของสเปกตรัมให้อยู่บนสเกลที่เหมาะสม ขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 กระบวนการสกัดคุณลักษณะเด่นโดยใช้ MFCC

FFT คือ Fast Fourier Transform หาจากสมการ

$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W_N^{kn} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $W_N^{kn} = e^{-\frac{j2\pi}{N}kn}$ ;  $k=0,1,2,\dots$

$x(n)$  เป็นสัญญาณขาเข้า

$x(k)$  เป็นสัญญาณขาออก

หมายเหตุ สัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกเป็นสัญญาณ 1 มิติ

DCT คือ Discrete Cosine Transform หาได้จากสมการ

$$y(n) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\delta_{k1}}} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2N}(2n-1)(k-1)\right) \quad (2.2)$$

|       |               |                         |
|-------|---------------|-------------------------|
| เมื่อ | $x(n)$        | เป็นสัญญาณขาเข้า        |
|       | $N$           | เป็นความยาวของสัญญาณ    |
|       | $y(n)$        | เป็นสัญญาณขาออก         |
|       | $\delta_{ki}$ | เป็นค่า Kronecker delta |

Mel-frequency filter bank เป็นขั้นตอนกรหาค่าสัมประสิทธิ์เซปตรัมบนสเกลเมล เริ่มจากการนำสัญญาณผ่านการประมวลผลสัญญาณ หลังจากนั้นส่งสัญญาณผ่านชุดตัวกรองฟิลเตอร์แบงก์ (filter bank) เพื่อเน้นความสำคัญของความถี่ที่อยู่ในช่วงกลางของชุดตัวกรองแต่ละตัวกรอง

## 2.4 Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) คืออัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกข้อมูล แนวคิดของ SVM เกิดจากการนำค่าของกลุ่มข้อมูลวางลงในพีเจอรส์เปซ จากนั้นหาเส้นแบ่งข้อมูลทั้งสองออกจากกันโดยสร้างเส้นแบ่งที่เป็นเส้นตรงขึ้นมา เส้นตรงที่ดีที่สุดถูกนำมาใช้กับข้อมูลที่เป็นเชิงเส้น แต่ในความเป็นจริง ข้อมูลที่นำมาใช้ในการฝึกสอนส่วนใหญ่เป็นข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น ก็สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล (kernel functions)

SVM สามารถจำแนกข้อมูลบนระนาบแบบหลายมิติได้ โดยจะเลือกส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดเรียกส่วนนี้ว่า โครงสร้างในการคัดเลือก (feature selection) โครงสร้างนี้มาจากข้อมูลที่สอนให้ระบบเรียนรู้ จำนวนเซตของโครงสร้างเรียกว่า เวกเตอร์ ดังนั้นจุดมุ่งหมายหลักของ SVM ก็คือการแบ่งแยกกลุ่มของเวกเตอร์ด้วยกลุ่มของตัวแปรเป้าหมายที่อยู่ในระนาบ และกลุ่มอื่นๆ ก็จะอยู่ในระนาบที่ต่างกัน เวกเตอร์ที่อยู่ข้างระนาบหลายมิติเรียกว่า ซัพพอร์ตเวกเตอร์ (support vectors)

SVM ที่ใช้เคอร์เนลแบบเชิงเส้น (linear kernel) มีขั้นตอนการจำแนกประเภทดังนี้ กำหนดให้  $(x_i, y_i) \dots (x_n, y_n)$  เป็นตัวอย่างที่ใช้สำหรับการฝึกสอน  $n$  คือจำนวนข้อมูลตัวอย่าง  $m$  คือจำนวนมิติข้อมูลเข้า  $y$  คือผลลัพธ์มีค่า 1 หรือ -1 ในกรณีที่ต้องการแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม ระนาบตัดสินใจคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$(w \cdot x) + b = 0 \quad (2.3)$$

โดยที่  $w$  คือค่าน้ำหนัก

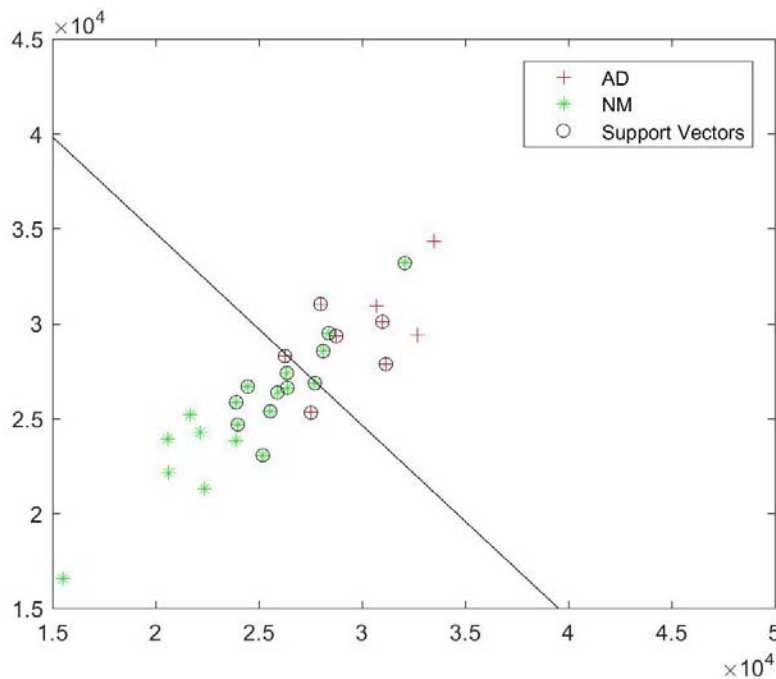
$b$  คือค่าไบอัส (bias)

หลังจากนั้นจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาจากเงื่อนไข

$$\text{ถ้า } (w \cdot x) + b > 0 \text{ ให้ } y_i = 1$$

$$\text{ถ้า } (w \cdot x) + b < 0 \text{ ให้ } y_i = -1$$

ฟังก์ชันเคอร์เนลเป็นได้ทั้งสมการเส้นตรงและสมการเส้นโค้ง ในกรณีที่เป็นฟังก์ชันเคอร์เนลแบบเส้นตรงจะมีเส้นตรงหลายเส้นที่สามารถตัดแยกได้ เส้นตรงที่ดีที่สุดคือเส้นตรงที่ผลรวมระยะห่างของเส้นตรงที่เป็นเส้นแบ่งถึงเส้นตรงที่ผ่านข้อมูลที่ใกล้ที่สุดและขนานกับเส้นแบ่งของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างระนาบตัดสินใจของชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 2 กลุ่มข้อมูลจากทั้งหมด 69 กลุ่มข้อมูล



ภาพที่ 2.9 ระนาบตัดสินใจของ SVM

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำเสนอการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์จากภาพทางการแพทย์ บทความที่นำเสนอการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์จากภาพ MRI เช่น บทความของ (Mahmood, 2013) นำเสนอวิธีการแยกประเภทของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) และโครงข่ายประสาทเทียม จากวิธีนี้ให้ค่าความถูกต้องประมาณร้อยละ 89 โดยบทความดังกล่าวใช้ภาพ PET จากฐานข้อมูล OASIS ส่วนงานบทความ (Dolph, 2017) นำเสนอวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก (Deep Neural Network: DNN) โดยพิจารณาจากคุณลักษณะพื้นผิวของภาพ MRI วิธีนี้ใช้ภาพถ่ายจากฐานข้อมูล Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) จากผลของวิธีข้างต้นเห็นว่าผลการจำแนกยังไม่ดีเท่าที่ควร งานวิจัยของ (Sarraf, 2016) (Billones, 2016) และ (Han, 2016) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (CNN) โดยพิจารณาจากภาพ MRI จากฐานข้อมูล ADNI สำหรับจำแนกประเภทผู้ป่วยอัลไซเมอร์ สังเกตเห็นว่าผลที่ได้มีความแม่นยำสูงกว่าร้อยละ 90 ฉะนั้นสรุปได้ว่าวิธี CNN ให้ผลการจำแนกที่ดีกว่า DNN

มีบทความวิจัยที่นำเสนอการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์จากภาพ PET ยกตัวอย่างเช่น บทความ (Garali, 2015) ทำการเลือกส่วนที่สนใจเพียง 21 ส่วนจากทั้งหมด 116 ส่วน แล้วนำ 21 ส่วนที่เลือกเข้าสู่กระบวนการ SVM และ Random Forest เพื่อแยกประเภท ข้อดีของวิธีนี้คือเวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลง บทความ (Jiang, 2015) (Wu, 2017) นำเสนอการเรียนรู้ของเครื่องโดยทั้ง 2 งานวิจัยได้นำวิธีพื้นฐานมารวมกัน ส่งผลให้ความถูกต้องในแยกประเภทดีขึ้น บทความ (Jiang, 2015) นำเสนอการรวมกันของ 3 วิธีคือ PCA, ICA และ SVM ส่วนบทความ (Wu, 2017) นำเสนอการรวมกันของ KNN, Random Forests และโครงข่ายประสาทเทียม

บทความ (Krashenyi, 2016) นำเสนอการวิเคราะห์โรคอัลไซเมอร์จากภาพ MRI และภาพ PET ในส่วนของภาพ MRI ทำการปรับปรุงภาพและแยกส่วนของภาพก่อนที่จะส่งเข้าสู่กระบวนการคัดแยกคุณลักษณะ (Feature Extraction) สำหรับภาพ PET จะทำการปรับปรุงภาพ แล้วส่งสู่กระบวนการคัดแยก

คุณลักษณะเช่นกัน งานวิจัยนี้ใช้วิธีฟัซซี่ (Fuzzy) ในการแยกประเภท และงานวิจัยที่นำเสนอการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์โดยรวมภาพ MRI และ PET เข้าด้วยกัน เช่น บทความ (Garali, 2015) นำเสนอการรวมกันของ MRI และภาพ PET โดยใช้หลักการของ PCA ในโดเมนเว็ฟเล็ท

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

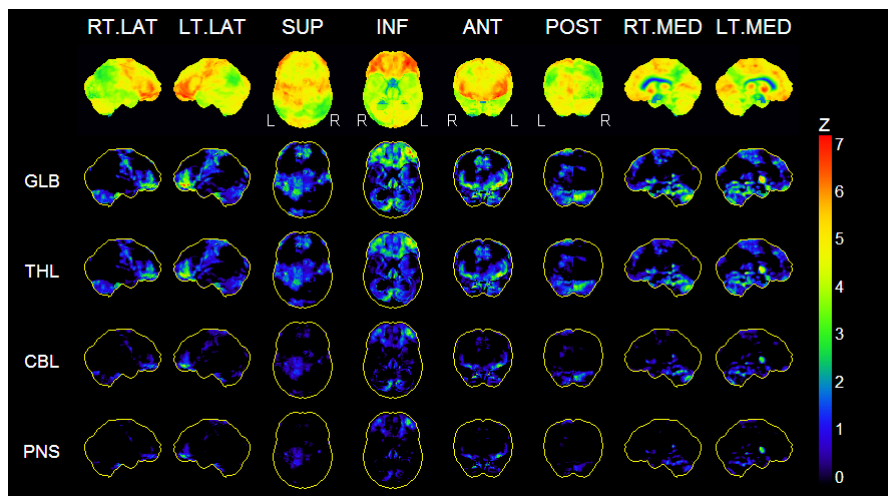
#### 3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือภาพ PET ของคนไทยจำนวน 30 คนประกอบด้วย

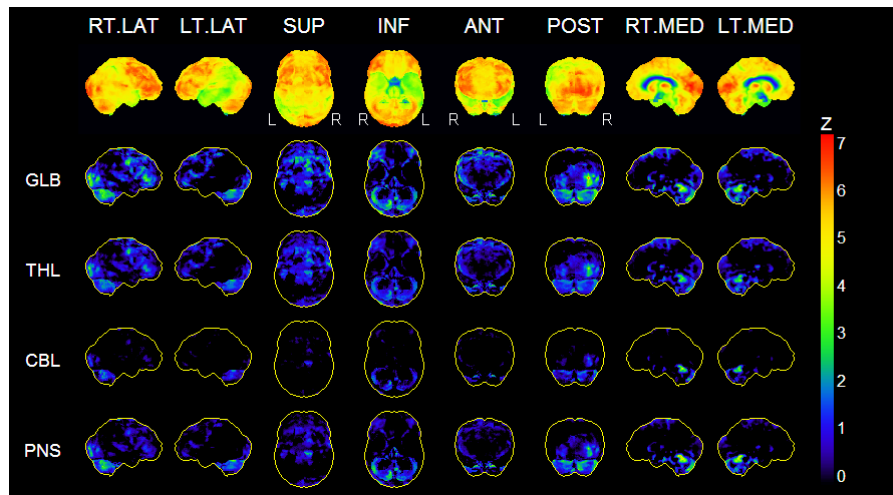
- 1) ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ 10 คน โดยตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลเพศและอายุของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ในกลุ่มตัวอย่าง ภาพที่ 3.1 และ 3.3 แสดงตัวอย่างของภาพ PET ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย และภาพที่ 3.2 และ 3.4 แสดงตัวอย่างของภาพ PET ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง
- 2) ภาพ PET ของคนปกติ 20 คน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของผู้ป่วยจากกลุ่มตัวอย่าง

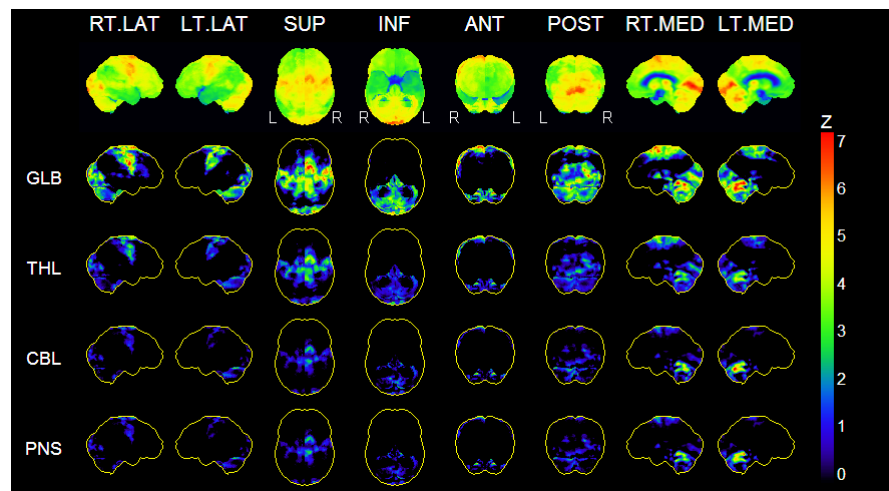
| กลุ่มตัวอย่างที่ | เพศ  | อายุ |
|------------------|------|------|
| 1                | หญิง | 76   |
| 2                | ชาย  | 54   |
| 3                | หญิง | 79   |
| 4                | ชาย  | 70   |
| 5                | หญิง | 61   |
| 6                | ชาย  | 63   |
| 7                | ชาย  | 79   |
| 8                | หญิง | 63   |
| 9                | หญิง | 59   |
| 10               | ชาย  | 50   |



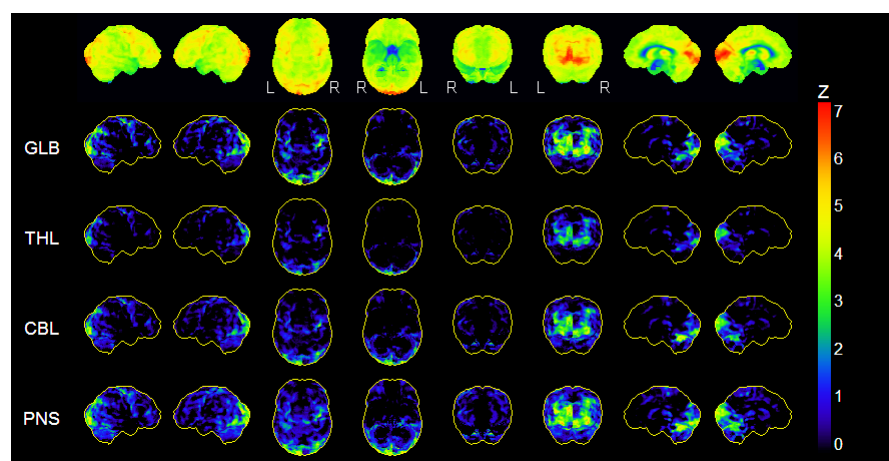
ภาพที่ 3.1 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศชาย กลุ่มตัวอย่างที่ 2



ภาพที่ 3.2 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศหญิง กลุ่มตัวอย่างที่ 3



ภาพที่ 3.3 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศชาย กลุ่มตัวอย่างที่ 4

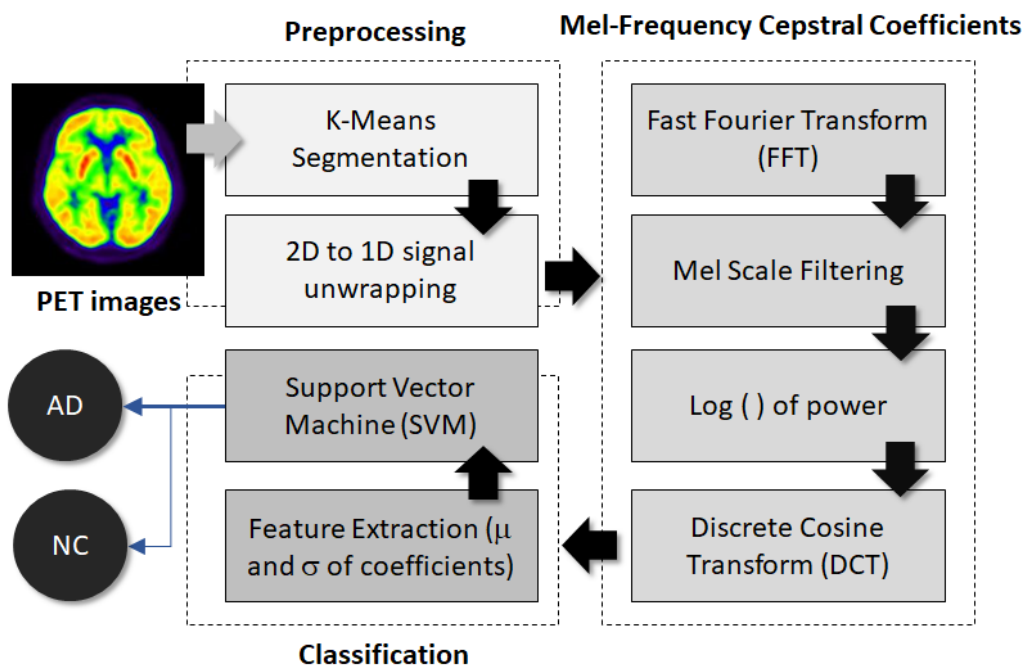


ภาพที่ 3.4 ภาพ PET ของผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ เพศหญิง กลุ่มตัวอย่างที่ 5

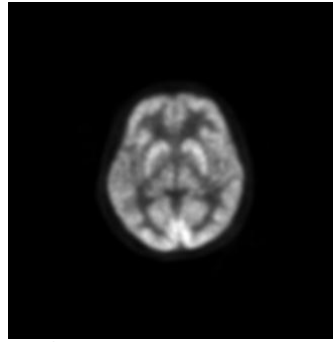
### 3.2 ศึกษาวิธีการจำแนกจากภาพ PET

ขั้นตอนดำเนินการวิจัยมีดังนี้

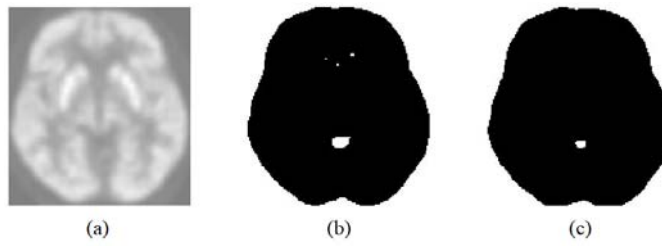
1. ใช้ภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ภาพ
2. ออกแบบระบบฯ สำหรับวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้น ดังแสดงในภาพที่ 3.5
3. จากภาพ PET (ภาพที่ 3.6) จัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้วิธี K-means ที่  $k = 2$
4. แบ่งส่วนภาพโดยเลือกเฉพาะส่วนที่เป็นฉากหน้า ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3.7(c)
5. เปลี่ยนภาพจาก 2 มิติให้เป็นสัญญาณ 1 มิติ (2D to 1D)
6. นำสัญญาณ 1 มิติที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ไปสกัดคุณลักษณะเด่นวิธี MFCC
7. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์เซปสตรอล (Cepstral Coefficient)
8. เข้าไปในส่วนการฝึกสอน (training)
9. ภาพ PET ที่ใช้สำหรับการทดสอบ (testing) ก็ทำเช่นเดียวกัน 1) – 6)
10. นำข้อมูลเข้าสู่ขั้นตอนการจำแนกโดยใช้วิธี SVM



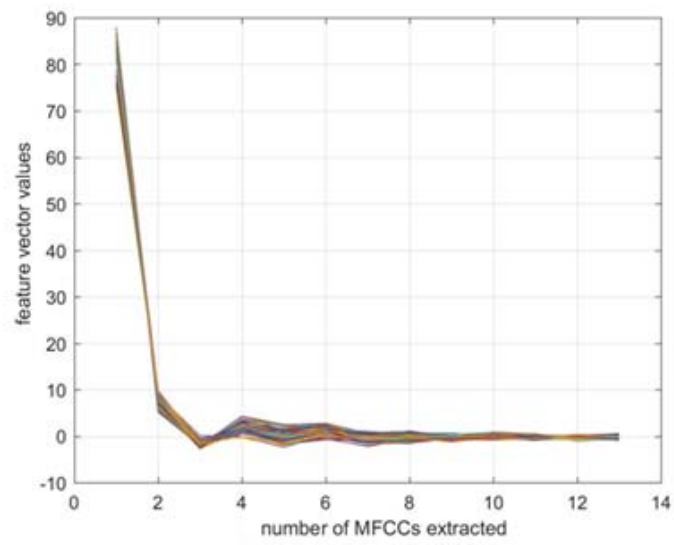
ภาพที่ 3.5 การจำแนกภาพ PET สำหรับวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์เบื้องต้น



ภาพที่ 3.6 ภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่าง

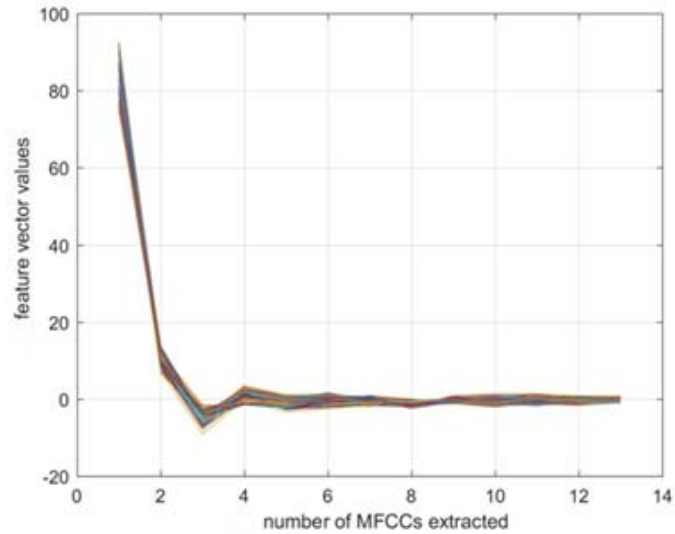


ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างภาพสมองที่ใช้ K-means (b) 2 รอบ (c) 15 รอบ



(a)





(b)

ภาพที่ 3.8 13 อันดับของค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรัม (Cepstral Coefficient) (a) ตัวอย่างของกลุ่มคนปกติ (b) ตัวอย่างของกลุ่มคนเป็นโรคอัลไซเมอร์

ภาพ PET ในกลุ่มตัวอย่างมีเพียง 30 ภาพ จึงไม่ต้องการตัดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน เลือกวิธี cross-validation ในการทดสอบ ดังสมการที่ 3.1

$$C_p^n = \frac{p!}{(n-p)!p!} \quad (3.1)$$

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 ตัววัดผล

ผลบวกจริง (True Positives: TP) คนป่วยตรวจพบว่าเป็นโรค

ผลลบปลอม (False Negatives: FN) คนป่วยตรวจสอบว่าไม่มีโรค

ผลบวกปลอม (False Positives: FP) คนปกติตรวจสอบว่ามีโรค

ผลลบจริง (True Negatives: TN) คนปกติตรวจสอบว่าไม่มีโรค

Sensitivity (Sens.)

$$Sens = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4.1)$$

Specificity (Spec.)

$$Spec = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4.2)$$

Accuracy (Acc.)

$$Acc = \frac{n}{N} \quad (4.3)$$

เมื่อ  $n$  คือจำนวนที่จำแนกได้ถูกต้อง และ  $N$  คือจำนวนทั้งหมด

#### 4.2 ผลการทดสอบวิธีจำแนกภาพ PET จากกลุ่มตัวอย่าง

ทำการทดสอบวิธีการจำแนกประเภทจากภาพ PET โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกผู้ป่วยและคนปกติ จากภาพ PET บริเวณสมอง

##### 4.2.1 leave-p-out cross validation

ทำการทดสอบจากอัตราส่วนการฝึกสอน (training) ต่อการทดสอบ (testing) ดังนี้

- 70:30
- 80:20
- 90:10

ยกตัวอย่างเช่น อัตราส่วนการฝึกสอน (training) ต่อการทดสอบ (testing) คือ 80:20 นั่นคือ ร้อยละ 80 ของกลุ่มคนปกติและกลุ่มคนที่เป็นโรคอัลไซเมอร์จะอยู่ในกลุ่มฝึกสอน ส่วนที่เหลือร้อยละ 20 จะอยู่ในกลุ่มทดสอบ ใช้จำนวนรอบในการทดสอบเท่ากับ  $C_8^{10} \times C_{16}^{20} = 218,025$  รอบ สำหรับที่ 90:10 ใช้จำนวนรอบในการทดสอบเท่ากับ  $C_9^{10} \times C_{18}^{20} = 1,900$  รอบ และ 70:30 ใช้จำนวนรอบในการทดสอบเท่ากับ  $C_7^{10} \times C_{14}^{20} = 4,651,200$  รอบ ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวิธีที่นำเสนออัตราส่วนการฝึกสอน (training) ต่อการทดสอบ (testing)

|      | Number of Experiments | Ratio (%) | Acc. (%) | Sens. (%) | Spec. (%) |
|------|-----------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| SD   | 4,651,200             | 70:30     | 95.33    | 92.77     | 96.62     |
|      | 218,025               | 80:20     | 96.51    | 93.98     | 97.77     |
|      | 1,900                 | 90:10     | 98.07    | 96.11     | 99.05     |
| Mean | 218,025               | 80:20     | 100      | 99.99     | 100       |
|      | 1,900                 | 90:10     | 100      | 100       | 100       |

\* ใช้วิธี SVM แบบเชิงเส้น

จากตารางที่ 4.1 เห็นว่ายิ่งใช้จำนวนรอบในการทดสอบมากขึ้นค่าความแม่นยำก็จะลดลง แต่อย่างไรก็ตามที่ได้ยังให้ค่าความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งถือว่าวิธีนี้ให้ผลที่ดี

#### 4.2.2 ทดสอบเคอร์เนลชนิดต่างๆ

ทำการทดสอบจากเคอร์เนลชนิดต่างๆ ดังนี้

- แบบเชิงเส้น (linear kernel)
- แบบกำลังสอง (Quadratic kernel)
- แบบกำลังสาม (Polynomial kernel)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบที่เคอร์เนลต่างๆ

|      | kernel                             | Number of Experiments | Acc. (%) | Sens. (%) | Spec. (%) |
|------|------------------------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| SD   | Linear                             | 218,025               | 96.51    | 93.98     | 97.77     |
|      | Quadratic                          | 218,025               | 87.63    | 69.81     | 96.53     |
|      | Polynomial (3 <sup>rd</sup> order) | 218,025               | 90.24    | 80.51     | 95.11     |
| Mean | Linear                             | 218,025               | 100      | 99.99     | 100       |
|      | Quadratic                          | 218,025               | 99.34    | 99.98     | 99.03     |
|      | Polynomial (3 <sup>rd</sup> order) | 218,025               | 99.77    | 99.31     | 100       |

จากตารางที่ 4.2 เห็นว่า SVM แบบเชิงเส้นให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุด ดังนั้นการทดสอบอื่นๆ จึงเลือกใช้เฉพาะ SVM แบบเชิงเส้น เท่านั้น

#### 4.2.3 ทดสอบที่แต่ละอันดับของ MFCC

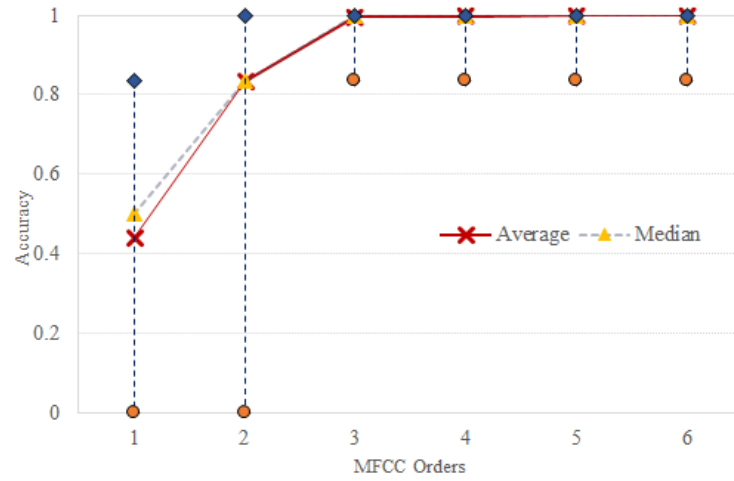
ทำการทดสอบแต่ละอันดับของ MFCC ดังนี้

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อันดับ 1-13
- ค่าเฉลี่ย (Mean) อันดับ 1-13

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบที่แต่ละอันดับของ MFCC

|      | MFCC order | Accuracy (%) | Sensitivity (%) | Specificity (%) |
|------|------------|--------------|-----------------|-----------------|
| SD   | 1          | 44.01        | 29.61           | 51.21           |
|      | 2          | 83.41        | 68.31           | 90.96           |
|      | 3          | 99.64        | 98.93           | 100             |
|      | 4          | 99.75        | 99.24           | 100             |
|      | <b>5</b>   | <b>99.94</b> | <b>99.81</b>    | <b>100</b>      |
|      | 6          | 99.92        | 99.76           | 100             |
|      | 7          | 98.76        | 96.30           | 99.98           |
|      | 8          | 99.09        | 97.47           | 99.90           |
|      | 9          | 98.79        | 97.67           | 99.35           |
|      | 10         | 98.24        | 96.22           | 99.25           |
|      | 11         | 96.01        | 91.08           | 98.47           |
|      | 12         | 96.18        | 92.09           | 98.23           |
|      | 13         | 96.51        | 93.98           | 97.77           |
| Mean | 1          | 93.33        | 90.00           | 95.00           |
|      | 2          | 96.67        | 90.00           | 100             |
|      | 3          | 97.19        | 91.56           | 100             |
|      | 4          | 96.77        | 90.30           | 100             |
|      | 5          | 96.68        | 90.04           | 100             |
|      | 6          | 99.31        | 97.94           | 100             |
|      | 7          | 97.19        | 91.57           | 100             |
|      | 8          | 99.98        | 99.93           | 100             |
|      | 9          | 99.72        | 99.15           | 100             |
|      | 10         | 99.84        | 99.52           | 100             |
|      | <b>11</b>  | <b>100</b>   | <b>99.99</b>    | <b>100</b>      |
|      | 12         | 100          | 99.99           | 100             |
|      | 13         | 100          | 99.99           | 100             |

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 เห็นว่าถ้าใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะใช้เพียง 5 order ก็จะทำให้ค่าผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุด แต่เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยจะต้องใช้ถึง 11 order สรุปได้ว่าอันดับที่ต่ำๆ จะส่งผลต่อความเร็วในการจำแนกประเภท



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่ากลางสำหรับความแม่นยำในการจำแนกของแต่ละอันดับ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบการจำแนกผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์และคนปกติจากภาพ PET ของคนไทย ขั้นตอนการทำงานของระบบฯ เริ่มต้นจากการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ K-means จากนั้นแบ่งส่วนภาพเฉพาะส่วนที่เป็นสมองและนำภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการสกัดคุณลักษณะเด่นโดยใช้วิธี MFCC แล้วนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนสุดท้ายกระบวนการจำแนกข้อมูลโดยใช้วิธี SVM ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าวิธีที่นำเสนอเหมาะสมสำหรับการจำแนกข้อมูล ซึ่งให้ค่าความแม่นยำถึงร้อยละ 96.51 เมื่อใช้ 13 อันดับ MFCC อย่างไรก็ตามการวินิจฉัยโรคอัลไซเมอร์จากภาพ PET ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์เบื้องต้นเท่านั้น ผู้ป่วยควรได้รับข้อเสนอแนะและแนวทางดูแลรักษาจากแพทย์เฉพาะทางต่อไป

## ผลผลิต (Output)

### ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

Jantana Panyavaraporn and Paramate Horkaew, "Study of PET Image Classification Methods to the Preliminary Diagnosis of Alzheimer's Disease," วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ มอ., ฉบับที่ 12, เล่มที่ 1, 2562.

### ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Jantana Panyavaraporn and Paramate Horkaew, "Classification of Alzheimer's Disease in PET Scans using MFCC and SVM," International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, (*Accepted*)

## บรรณานุกรม

- การตรวจหาโรคอัลไซเมอร์จากเลือดใกล้จะเป็นจริง. เข้าถึงได้จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/55949>  
 ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. (2556). *การประมวลผลภาพดิจิทัลขั้นสูงด้วย MATLAB*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.  
 โรคสมองเสื่อม. เข้าถึงได้จาก  
<http://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/07072014-1302>  
 ภาพถ่ายทางการแพทย์. เข้าถึงได้จาก  
<http://oknation.nationtv.tv/blog/ITWichien/2009/02/16/entry-3>  
 ภาวะสมองเสื่อมพบในผู้สูงอายุมากที่สุด .(2558). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.  
 โยธิน ชินวลัญช์. บทความคลินิกความจำ. โรงพยาบาลกรุงเทพ. เข้าถึงได้จาก  
<https://www.bangkokhospital.com/index.php/th/diseases-treatment/pet-scans>  
 Billones, C. D., & et al. (2016). DemNet: A Convolutional Neural Network for the detection of Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment. *IEEE Region 10 Conference*, (pp. 3724-3727).  
 Das, A., & Bhattacharya, M. (2015). Effective Image Fusion Method to Study Alzheimer's Disease using MR, PET Images. *International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*, (pp. 1603-1607).  
 Dolph, C. V., & et al. (2017). Deep learning of texture and structural features for multiclass Alzheimer's disease classification. *International Joint Conference on Neural Networks*, (pp. 2259-2266).  
 Garali, I., Adel, M., Bourennane, S., & Guedj, E. (2015). Region-based brain selection and classification on PET images for Alzheimer's disease computer aided diagnosis. *International Conference on Image Processing*, (pp. 1473-1477).  
 Han, Y., & Zhao, X. M. (2016). A hybrid sequential feature selection approach for the diagnosis of Alzheimer's Disease. *International Joint Conference on Neural Networks*, (pp. 1216-1220).  
 Jiang, J., Shu, X., Liu, X., & Huang, Z. (2015). A Computed Aided Diagnosis tool for Alzheimer's disease based on 11C-PiB PET imaging technique. Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation, *International Conference on Information and Automation*, (pp. 1963-1968).  
 Krashenyi, I., Popov, A., & et al. (2016). Fuzzy Computer-aided Diagnosis of Alzheimer's Disease Using MRI and PET Statistical Features. *International Conference on Electronics and Nanotechnology*, (pp. 187-191).  
 Mahmood , R., & Ghimire, B. (2013). Automatic detection and classification of Alzheimer' s Disease from MRI scans using principal component analysis and artificial neural networks. *20th International Conference on Systems Signals and Image Processing*, (pp. 133-137).  
 Sarraf, S., & Tofighi, G. (2016). Deep learning-based pipeline to recognize Alzheimer's disease using fMRI data. *Future Technologies Conference*, (pp. 816-920).  
 Tepmongkol, S. (2013). PET Imaging in Alzheimer's Disease. *The Bangkok Medical Journal*, 76-79.  
 Wu, W., Venugopalan, J., & Wang, M. (2017). 11C-PIB PET Image Analysis for Alzheimer's Diagnosis Using Weighted Voting Ensembles. *Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 3914-3917).  
 การตรวจหาโรคอัลไซเมอร์จากเลือดใกล้จะเป็นจริง. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/55949>  
 ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. (2556). *การประมวลผลภาพดิจิทัลขั้นสูงด้วย MATLAB*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.  
 ภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก โรคสมองเสื่อม:  
<http://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/07072014-1302>  
 ภาพถ่ายทางการแพทย์. (n.d.). Retrieved from <http://oknation.nationtv.tv/blog/ITWichien/2009/02/16/entry-3>



โยธิน ชินวลัญช์. (ม.ป.ป.). โรงพยาบาลกรุงเทพ. เข้าถึงได้จาก บทความคลินิกความจำ:

<https://www.bangkokhospital.com/index.php/th/diseases-treatment/pet-scans>

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ. (2558). *ภาวะสมองเสื่อมพบในผู้สูงอายุมากที่สุด*. ไทย: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ.