

## สารบัญ

### หน้า

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย) .....    | ก |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... | ข |
| กิตติกรรมประกาศ .....       | ค |
| สารบัญ .....                | ง |
| สารบัญตาราง .....           | ช |
| สารบัญรูป .....             | ซ |
| บทที่                       |   |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 บทนำ .....                                                              | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ .....                                          | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....                                         | 3  |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย .....                                               | 3  |
| 1.4 จุดเด่นของงานวิจัยวิทยานิพนธ์ .....                                   | 4  |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....                                       | 4  |
| 1.6 โครงสร้างและการจัดลำดับเนื้อหาวิทยานิพนธ์ .....                       | 4  |
| 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                     | 6  |
| 2.1 พื้นฐานสรีรวิทยาและสัญญาณเสียงปอด .....                               | 6  |
| 2.1.1 สรีรวิทยาของระบบทางเดินหายใจ .....                                  | 6  |
| 2.1.2 การส่งผ่าน การตรวจจับ และการฟังเสียงปอด .....                       | 9  |
| 2.1.3 ประเภทของเสียงปอดและลักษณะเชิงความถี่ของสัญญาณ .....                | 10 |
| 2.1.4 โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจและความสัมพันธ์กับเสียงปอด ..... | 11 |
| 2.1.5 แหล่งที่มาของข้อมูล .....                                           | 12 |

## สารบัญ (ต่อ)

### หน้า

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| 2.2   | การสกัดคุณลักษณะ.....                                      | 13 |
| 2.2.1 | การเตรียมสัญญาณเพื่อรองรับการสกัดคุณลักษณะ .....           | 14 |
| 2.2.2 | สัมประสิทธิ์เชิงปสตรีมความถี่.....                         | 15 |
| 2.2.3 | คุณลักษณะเชิงพลวัตที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา.....     | 16 |
| 2.2.4 | การจัดรูปคุณลักษณะเพื่อใช้งานกับแบบจำลอง.....              | 17 |
| 2.3   | วิธีการที่มีอยู่เดิม .....                                 | 18 |
| 2.3.1 | โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน.....                      | 18 |
| 2.4   | วิธีการที่นำเสนอ .....                                     | 22 |
| 2.4.1 | ออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงาน .....                             | 23 |
| 2.4.2 | แบบจำลองไฮบริด.....                                        | 27 |
| 2.5   | ปริทัศน์วรรณกรรม .....                                     | 31 |
| 3     | วิธีการดำเนินการวิจัย .....                                | 36 |
| 3.1   | ชุดข้อมูลและการเตรียมสัญญาณเสียงปอด.....                   | 36 |
| 3.1.1 | ชุดข้อมูลเสียงปอด.....                                     | 36 |
| 3.1.2 | การเตรียมสัญญาณและการแบ่งช่วงสัญญาณ.....                   | 38 |
| 3.1.3 | การจัดการข้อมูลไม่สมดุล.....                               | 39 |
| 3.2   | การออกแบบวิธีการที่นำเสนอ .....                            | 41 |
| 3.2.1 | ออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงาน.....                              | 41 |
| 3.2.2 | ออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงานร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน..... | 44 |
| 3.3   | ทรัพยากรที่ใช้ในงานวิจัยวิทยานิพนธ์.....                   | 47 |
| 3.4   | การประเมินประสิทธิภาพ.....                                 | 48 |
| 3.4.1 | เมตริกซ์สับสนและตัวชี้วัดการประเมินผลรายกลุ่ม .....        | 48 |
| 3.4.2 | การวิเคราะห์เชิงภาพด้วยเทคนิค t-SNE.....                   | 51 |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล .....</b>                                        | <b>53</b> |
| 4.1 ผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการหาความยาวของเสียง.....                    | 53        |
| 4.2 ผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการเลือกอัตราการเรียนรู้.....                | 55        |
| 4.3 ผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนการกำหนดค่าการเข้ารหัสและการถอดรหัส.....        | 56        |
| 4.4 ผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการคำนวณชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์.....            | 57        |
| 4.5 การเปรียบเทียบแบบจำลอง.....                                              | 58        |
| 4.6 ผลการดำเนินงานในส่วนการเรียนรู้หลานจายร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน..... | 61        |
| 4.7 ผลการเปรียบเทียบกับแนวทางที่มีอยู่เดิมตามงานวิจัยอ้างอิง.....            | 64        |
| <b>5 สรุปและข้อเสนอแนะ .....</b>                                             | <b>67</b> |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....                                                      | 67        |
| 5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....                                                   | 68        |
| 5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....                                                 | 69        |
| 5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต.....                                  | 69        |
| รายการอ้างอิง .....                                                          | 70        |
| ภาคผนวก                                                                      |           |
| ภาคผนวก ก บทควมวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา .....      | 76        |
| ประวัติผู้เขียน .....                                                        | 96        |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                               | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 แนวคิดเชิงกลไกของการเกิดเสียงปอด.....                              | 7    |
| 3.1 ข้อมูลประชากรของกลุ่มตัวอย่างจากฐานข้อมูล KAUH.....                | 37   |
| 3.2 พารามิเตอร์การสกัดคุณลักษณะด้วยสัมประสิทธิ์เซปสตรัมความถี่เมล..... | 42   |
| 3.3 สถาปัตยกรรมของแบบจำลองออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงาน.....                | 43   |
| 3.4 พารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการฝึกแบบจำลอง.....                        | 47   |
| 4.1 ผลของความยาวเฟรมของแบบจำลองออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงาน.....           | 54   |
| 4.2 ผลการทดลองของอัตราการเรียนรู้.....                                 | 55   |
| 4.3 ประสิทธิภาพของการกำหนดชั้นการเข้ารหัสและการถอดรหัส.....            | 57   |
| 4.4 ประสิทธิภาพของชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์.....                            | 58   |
| 4.5 ผลการทดลองแบบจำลอง.....                                            | 59   |
| 4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำแนกโรคปอด.....            | 63   |
| 4.7 การเปรียบเทียบผลการจำแนกโรคปอดรายกลุ่มโรค.....                     | 63   |
| 4.8 การเปรียบเทียบผลการจำแนก 4 กลุ่มกับแนวทางที่มีอยู่เดิม.....        | 65   |

## สารบัญรูป

| รูปที่                                                                  | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 โครงสร้างของระบบทางเดินหายใจ.....                                   | 7    |
| 2.2 ส่วนประกอบของหูฟังแพทย์ และตำแหน่งมาตรฐานสำหรับการตรวจฟังเสียง..... | 9    |
| 2.3 ตัวอย่างเสียงปอดภาวะปกติและเสียงปอดภาวะผิดปกติ.....                 | 10   |
| 2.4 การเลื่อนคอร์เนลบนอินพุตและการสร้างแผนที่คุณลักษณะ.....             | 19   |
| 2.5 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสองชั้น.....          | 22   |
| 2.6 ออโตเอนโคเดอร์.....                                                 | 24   |
| 2.7 การเรียนรู้แบบหลายงาน.....                                          | 25   |
| 3.1 การแบ่งข้อมูลแบบการตรวจสอบไขว้แบบห้ำส่วน.....                       | 40   |
| 3.2 แบบจำลองออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงานร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน.....  | 46   |
| 3.3 เมตริกซ์สับสนแบบจำแนก 4 กลุ่ม.....                                  | 48   |
| 3.4 ตัวอย่างการแสดงผลภาพด้วยเทคนิค t-SNE.....                           | 51   |
| 4.1 การกระจายภาพ t-SNE ของคุณลักษณะแบบต่าง ๆ .....                      | 60   |
| 4.2 เมตริกซ์สับสนของแบบจำลอง.....                                       | 62   |