

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

นำเสนอการสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานในอนาคต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอสามารถตรวจจับโรคปอดจากสัญญาณเสียงปอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองดังกล่าวสนับสนุนแนวทางการเรียนรู้หลายงานผ่านโครงสร้างอัตโนมัติแบบหลายงานที่ช่วยคงไว้ซึ่งสารสนเทศเชิงโครงสร้างของสัญญาณ และสร้างตัวแทนเชิงแฝงที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่ม ขณะที่แนวทางไฮบริดร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ช่วยเสริมความเหมาะสมของขอบเขตการตัดสินใจและเพิ่มความแข็งแกร่งของแบบจำลอง ภายใต้สภาวะข้อมูลที่มีความไม่สมดุล และมีการซ้อนทับของลักษณะสัญญาณระหว่างกลุ่มโรค

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอกรอบวิธีการใหม่สำหรับการตรวจจับและจำแนกโรคระบบทางเดินหายใจจากสัญญาณเสียงปอด โดยมีมุ่งเพิ่มประสิทธิภาพการแทนข้อมูลของสัญญาณที่มีความแปรปรวนสูงผ่านการเรียนรู้ตัวแทนเชิงแฝงด้วยแบบจำลองอัตโนมัติแบบหลายงาน และยกระดับความชัดเจนของขอบเขตการตัดสินใจด้วยแนวทางแบบไฮบริดที่ผสานอัตโนมัติแบบหลายงานเข้ากับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เพื่อให้เหมาะต่อการประยุกต์ใช้ในระบบช่วยคัดกรองและการแพทย์ทางไกล

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอโดยใช้เทคนิคการตรวจสอบความถูกต้องแบบไขว้ 5 ส่วน บนชุดข้อมูลเสียงปอดจาก KAUH สำหรับการจำแนก 4 กลุ่ม ได้แก่ ภาวะปกติ โรคปอดอักเสบ โรคหอบหืด และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พบว่าแบบจำลองอัตโนมัติแบบหลายงานให้ค่าความถูกต้องรวมเท่ากับ 89.47 ± 4.21 เปอร์เซ็นต์ และค่าคะแนน F1 เท่ากับ 89.96 ± 5.07 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แนวทางไฮบริดอัตโนมัติแบบหลายงานร่วมกับตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนให้ค่าความถูกต้องรวมสูงสุด 91.49 ± 3.03 เปอร์เซ็นต์ และค่าคะแนน F1 เท่ากับ 92.13 ± 3.14 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการผสานซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนช่วยเพิ่มความคมชัดและความเสถียรของขอบเขตการตัดสินใจบนคุณลักษณะเชิงแฝง ส่งผลให้การจำแนกโดยรวมมีความถูกต้องและความ

สมดุลดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยสรุป วิธีการที่นำเสนอสามารถเรียนรู้คุณลักษณะเชิงลึกจากเสียงปอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการต่อยอดเป็นวิธีการแบบไฮบริดด้วยออโตเอนโคเดอร์แบบหลายงานร่วมกับตัวจำแนกซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนช่วยยกระดับสมรรถนะให้สูงขึ้นทั้งในมิติความถูกต้องรวมและความสมดุลของผลการจำแนก จึงมีศักยภาพต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อสนับสนุนการตรวจวินิจฉัยโรคระบบทางเดินหายใจ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองบ่งชี้ว่าแนวทางที่นำเสนอให้สมรรถนะเหนือกว่าแบบจำลองอ้างอิงอย่างเป็นระบบ ดังนี้ คือ คุณภาพของตัวแทนเชิงแฝงที่เกิดจากการเรียนรู้หลายงาน และประสิทธิภาพของกลไกการตัดสินใจเมื่อเสริมด้วยตัวจำแนกแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ทั้งสองส่วนทำงานเสริมกันในลักษณะเรียนรู้ตัวแทนให้เหมาะสม และกำหนดขอบเขตการจำแนกให้ชัดเจน

การเรียนรู้หลายงานในโครงสร้างออโตเอนโคเดอร์ทำหน้าที่เป็นข้อจำกัดเชิงโครงสร้างที่กำกับให้ตัวเข้ารหัสสร้างคุณลักษณะเชิงแฝงที่รองรับหลายวัตถุประสงค์พร้อมกัน ส่งผลให้ตัวแทนดังกล่าวมีแนวโน้มลดองค์ประกอบที่ไม่สัมพันธ์กับการจำแนก (เช่น สัญญาณรบกวนหรือความแตกต่างเฉพาะบุคคล) และคงไว้ซึ่งสารสนเทศที่แสดงความแตกต่างทางพยาธิสภาพ จึงช่วยให้พื้นที่คุณลักษณะมีความกระชับ และจำแนกกลุ่มได้ดีขึ้น ลดความเสี่ยงของการเรียนรู้แบบยึดติดข้อมูลฝึกและเอื้อต่อการใช้งานกับข้อมูลใหม่

การผสานซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนกับคุณลักษณะเชิงแฝงช่วยเพิ่มความเข้มแข็งของขอบเขตการตัดสินใจผ่านหลักการเพิ่มระยะห่างระหว่างกลุ่ม ซึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลเสียงปอดที่มีความแปรผันสูง และอาจเกิดการทับซ้อนของรูปแบบเสียงระหว่างกลุ่มโรคบางส่วน การแยกขั้นตอนการเรียนรู้ตัวแทนออกจากขั้นตอนการจำแนกจึงช่วยลดความคลุมเครือในการตัดสินใจ ทำให้ผลการจำแนกมีความเสถียรขึ้นเมื่อเผชิญตัวอย่างที่ยากหรืออยู่ใกล้ขอบเขตระหว่างกลุ่ม

การประยุกต์ใช้ ตัวชี้วัดสำคัญไม่ได้จำกัดอยู่ที่ความถูกต้องรวม แต่ยังรวมถึงความสามารถในการตรวจพบกลุ่มโรคและความสมดุลของการจำแนก เนื่องจากการพลาดตรวจพบผู้ป่วยอาจส่งผลกระทบสูงในบริบทการคัดกรองหรือการตรวจวินิจฉัย ดังนั้นการที่แบบจำลองสามารถยกระดับสมรรถนะโดยรวมควบคู่กับแนวโน้มที่ดีของความไว และค่าคะแนน F1 จึงบ่งชี้ว่าแนวทางที่นำเสนอมีความสามารถในการลดข้อผิดพลาดในตรวจพบ พร้อมกับรักษาสสมดุลระหว่างการตรวจพบและการทำนายผิดได้เหมาะสมมากขึ้น

นอกจากนี้ การประเมินผลด้วยการตรวจสอบไขว้แบบห้ำส่วน ช่วยให้การตีความผลการทดลองมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ใช้งานจริง กล่าวคือ แบบจำลองต้องทำงานกับผู้ป่วยรายใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน จึงสนับสนุนว่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นมีนัยต่อความสามารถในการทำให้เป็นสากลมากกว่าการจดจำรูปแบบเฉพาะบุคคล

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

แม้ว่าวิธีที่น่าเสนอจะแสดงสมรรถนะที่ดีภายใต้เงื่อนไขการทดลองของงานวิจัยนี้ แต่การตีความผลลัพธ์และการนำไปประยุกต์ใช้ควรพิจารณาภายใต้ขอบเขตของการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับหลักความน่าเชื่อถือเชิงวิชาการ

5.3.1 ด้านชุดข้อมูล ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองภายใต้ชุดข้อมูลและบริบทการบันทึกที่ใช้ในการศึกษา ควรทดสอบกับข้อมูลจากแหล่งอื่นเพิ่มเติมเพื่อลดความเสี่ยงของการเรียนรู้แบบยัดติดข้อมูล และเอื้อต่อการใช้งานกับข้อมูลใหม่

5.3.2 การแทนสัญญาณด้วยการใช้สัมประสิทธิ์เซปสตรัมความถี่เมลเป็นตัวแทนข้อมูลหลักอาจไม่ครอบคลุมในทุกมิติ อาจจะพัฒนาต่อยอดด้วยการใช้ตัวแทนข้อมูลรูปแบบอื่น ๆ

5.3.3 ด้านสภาพแวดล้อมการประเมิน การประเมินผลในสภาพแวดล้อมแบบควบคุม ทำให้ผลลัพธ์ แตกต่างจากการใช้งานจริง จึงควรศึกษาความทนทานของระบบในบริบทภาคสนามต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

เพื่อยกระดับความน่าเชื่อถือและเพิ่มศักยภาพการประยุกต์ใช้ของแนวทางที่น่าเสนองานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

5.4.1 ทดสอบแบบจำลองกับชุดข้อมูลจากแหล่งอื่นที่มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งด้านผู้ป่วย อุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมการบันทึก เพื่อประเมินความคงทนของสมรรถนะและลดอิทธิพลจากบริบทของชุดข้อมูลเดิม

5.4.2 ศึกษาและเปรียบเทียบตัวแทนข้อมูลอื่นเพิ่มเติม หรือผสานหลายคุณลักษณะร่วมกัน เพื่อเพิ่มความครอบคลุมของสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบเสียงปอด และตรวจสอบผลต่อประสิทธิภาพอย่างเป็นระบบ

5.4.3 ศึกษาความทนทานต่อเสียงรบกวน ความแปรผันจากการวางอุปกรณ์ และข้อกำหนดเชิงระบบ เพื่อรองรับการพัฒนาไปสู่การใช้งานแบบเรียลไทม์หรือภาคสนาม