

## การประยุกต์ของขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเพื่อจำแนกเสียงหัวใจ ที่มีเสียงหายใจรบกวน

### Application of The Support Vector Machine Algorithm to Heart Sound with Breathing Sound Noise Classification

วารารณ ศรีทรัพย์<sup>1</sup>, เจษฎา ตัณฑนูช<sup>2</sup>, ภาณุ ยิ้มเมือง<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; warapronnew@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; jessada@g.sut.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; panu.y@sut.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจำแนกเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟู่ของหัวใจ และแบบมีเสียงคลิกโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ ทั้งนี้ใช้ข้อมูลเสียงหัวใจจาก Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan และเสียงหายใจจาก Respiratory Auscultation <https://www.medidiscuss.org/> ผลการวิจัยพบว่า ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถจำแนกเสียงหัวใจได้ โดยมีความถูกต้องร้อยละ 90.48±5.50 ความแม่นยำร้อยละ 90.91±5.40 และค่าเรียกคืนร้อยละ 90.41±5.56

**คำสำคัญ :** ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, เสียงหัวใจผิดปกติ, เสียงหายใจ

#### Abstract

This research aims to apply the support vector machine algorithm to classify normal heart sound and abnormal heart sound (heart murmurs and clicks) with the interference of breathing sound noise. Here, the data of heart sounds and vesicular breath sounds was provided by Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan and the Respiratory Auscultation and <https://www.medidiscuss.org/>, respectively. It was found that the support vector machine could classify with accuracy =90.48±5.50%, precision = 90.91±5.40%, and recall = 90.41±5.56%.

**Keywords:** support vector machine, Abnormal heart sound, Breathing sound

#### 1. บทนำ

โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease - CVDs) เป็นหนึ่งในกลุ่มโรคไม่ติดต่อหลักสำคัญที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของประเทศไทย [1] ในปี พ.ศ. 2560 องค์การอนามัยโลก (World Health Organization - WHO) กล่าวว่าโรคดังกล่าวเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งที่ทำให้ผู้คนในโลกเสียชีวิต [2]

สำหรับการวินิจฉัยโรคหัวใจและหลอดเลือดสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ (stethoscope)

การฉายรังสีเอ็กซเรงอก (chest X-ray) การทดสอบกายบริหาร (exercise test) การบันทึกภาพหัวใจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (echocardiogram by ultrasound) การวิเคราะห์ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อีซีจี, อีเคจี (electrocardiogram, ECG, EKG) และการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ของหัวใจ (Cardiac Computed Tomography Imaging) [3] แต่โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคหัวใจและหลอดเลือดเบื้องต้นมักจะเริ่มจากเครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ เพราะง่าย สะดวกต่อการใช้งานทั้งสำหรับ

แพทย์และผู้เข้ารับการวินิจฉัย เป็นการวินิจฉัยที่ไม่รุกราน (noninvasive diagnosis) และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

เครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ถูกคิดค้นครั้งแรกเพื่อใช้ในการฟังตรวจจากทรวงอกตามรากศัพท์ของกรีก stethos ที่แปลว่าทรวงอกและ scopos ที่แปลว่า การตรวจสอบ ซึ่งโดยโครงสร้างลักษณะของหูฟังที่ถูกออกแบบมานอกจากที่จะใช้ในการฟังเสียงจากอกหรือเสียงจากหัวใจแล้วยังสามารถใช้ฟังเสียงลำไส้ (bowel) หรือเสียงการไหลของเลือดผ่านหลอดเลือดดำหรือหลอดเลือดแดงได้อีกด้วย [4] หลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุงศักยภาพของเครื่องฟังตรวจทางการแพทย์ให้ดีขึ้น เช่น มีการพัฒนาในเครื่องฟังตรวจทางการแพทย์สามารถแปลงสัญญาณเสียงที่ได้เป็นสัญญาณแสงอินฟราเรดเพื่อส่งข้อมูลเสียงหัวใจและเสียงฟูของหัวใจ (murmur) แบบไร้สายเพื่อให้สามารถฟังได้หลายคนพร้อมกันตั้งแต่ปี 1978 [5] และมีการพัฒนาต่อมาเพื่อให้เครื่องฟังตรวจทางการแพทย์สามารถบันทึกสัญญาณเสียงหัวใจ เสียงฟูของหัวใจ และเสียงหัวใจแบบมีเสียงคลิกเป็นแบบข้อมูลแบบดิจิทัลได้ และจากข้อมูลเสียงในระบบดิจิทัลดังกล่าว เมื่อนำมาศึกษาวิจัยด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ก็จะช่วยทำให้สามารถใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์วินิจฉัยภาวะหัวใจผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (support vector machine algorithm) ในบางครั้งก็อาจถูกเรียกว่า วิธีฐานเคอเนล (kernel-based method) เป็นขั้นตอนวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำแนกประเภท (classification) ของข้อมูลที่ต้องการโดยการหาฟังก์ชันการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด (optimal decision function) ที่ทำหน้าที่จำแนกประเภทของข้อมูลไม่ให้ซ้อนทับกัน และระยะห่างระหว่างข้อมูลที่ถูกจำแนกดังกล่าวดังกล่าวมีค่ามากที่สุด ในบางครั้งการดำเนินการดังกล่าวกระทำได้อ่อนช้อยยาก จึงมีการส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังปริภูมิที่มีมิติที่สูงขึ้น โดยเรียกปริภูมิดังกล่าวว่าปริภูมิลักษณะ (feature space) และเรียกฟังก์ชันการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดนั้นว่าฟังก์ชันระนาบเกินเหมาะสมที่สุด (optimal hyper plane) ในการสร้าง

ฟังก์ชันระนาบเกินเหมาะสมที่สุดดังกล่าวอาจมีความยุ่งยากหลาย ๆ ครั้ง อาจมีการสร้างการส่ง (mapping) เพื่อปรับรูปร่าง (shape) ให้สามารถหาฟังก์ชันระนาบเกินได้ง่ายขึ้น หนึ่งในเทคนิคดังกล่าวคือ การส่งแบบเอมพิริคัลเคอร์เนล (empirical kernel map) จะทำการส่งปริภูมิลักษณะที่สนใจไปสู่ปริภูมิลักษณะใหม่ที่มีสมบัติเป็นเชิงเส้น (linear) โดยเคอร์เนลที่มักเป็นที่นิยมใช้ ได้แก่ พหุนาม (polynomial) เกาส์เซียน (Gaussian) ซิกมอยด์ (sigmoid) และฟังก์ชันเรเดียลเบสิส (Radial basis function-RBF) [6]

ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนถือว่าเป็นการจำแนกที่ไม่อิงตัวแปรเสริม (nonparametric classifier) ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดขั้นตอนวิธีหนึ่งที่น่านำมาใช้ในงานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence-AI) [7-10]

จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมาเป็นส่วนตัดสินใจหลักในการจำแนกเสียงหัวใจที่มีสัญญาณรบกวนจากเสียงหายใจว่าเสียงหัวใจดังกล่าวเป็นเสียงหัวใจปกติ เป็นเสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟู หรือเป็นเสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงคลิก

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน จำแนกเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติแบบมีเสียงฟูของหัวใจและแบบมีเสียงคลิกโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

### ข้อมูลในการทำวิจัย

1. ข้อมูลเสียงหัวใจจำนวน 23 ไฟล์ เป็นข้อมูลประเภท MP3 ค่า Bit rate 128kbps ประกอบไปด้วยเสียงหัวใจปกติ เสียงหัวใจผิดปกติในส่วน apex, aortic และ pulmonary valve โดยมีเสียงเสียงฟู และเสียงคลิกจาก Heart Sound & Murmur Library, University of Michigan

<https://open.umich.edu/find/open-educational-resources/medical/heart-sound-murmur-library>

2. เสียงหายใจปกติ Vesicular Breath Sound ซึ่งเป็นข้อมูลประเภท MP3 ค่า Bit rate 192kpbs จาก <https://www.mediscuss.org/respiratory-auscultation>

### สมมติฐานงานวิจัย

สามารถใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการจำแนกระหว่างเสียงหัวใจปกติและเสียงหัวใจผิดปกติโดยมีเสียงหายใจรบกวนความดังต่าง ๆ ได้โดยมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 ความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 85 และค่าเรียกคืนมากกว่าร้อยละ 85

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

#### 1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Audacity 2.4.2

โปรแกรมนี้ทำหน้าที่รวมเสียงของหัวใจแบบต่าง ๆ เข้ากับสัญญาณรบกวนที่ความดังแตกต่างกัน เพื่อสร้างเป็นไฟล์เสียงใหม่ เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง

#### 2. โปรแกรม RapidMiner Studio รุ่น 9.6

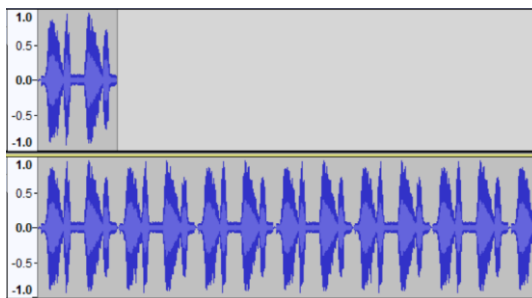
โปรแกรมนี้ทำหน้าที่สร้างระบบเรียนรู้ เพื่อใช้ในการจำแนกเสียงหัวใจ

การทำวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU รุ่น I7 6700HQ หน่วยความจำ 4 GB ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 64 bit

### ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

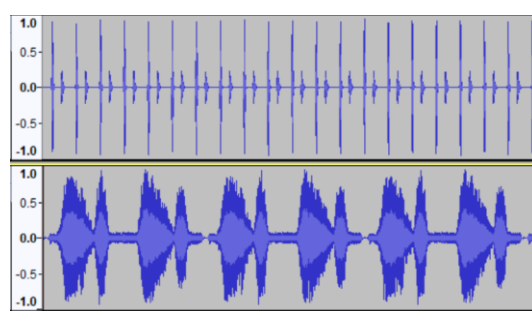
ส่วนที่ 1 สร้างไฟล์เสียงเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง

1. ปรับปรุงไฟล์เสียงหายใจให้มีความยาวใกล้เคียงกับไฟล์เสียงหัวใจ



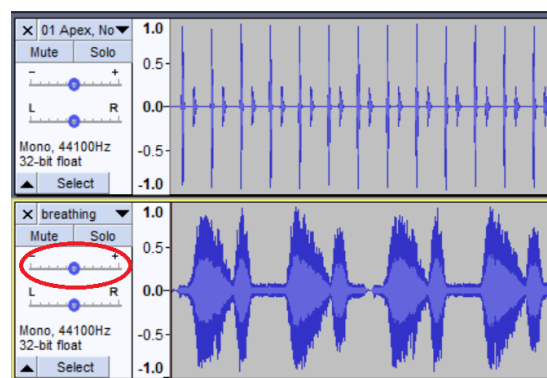
ภาพที่ 1 แสดงการเพิ่มความยาวเสียงหายใจให้มากขึ้น

2. นำไฟล์เสียงหัวใจมาเตรียมการซ้อนทับกับไฟล์เสียงหายใจ



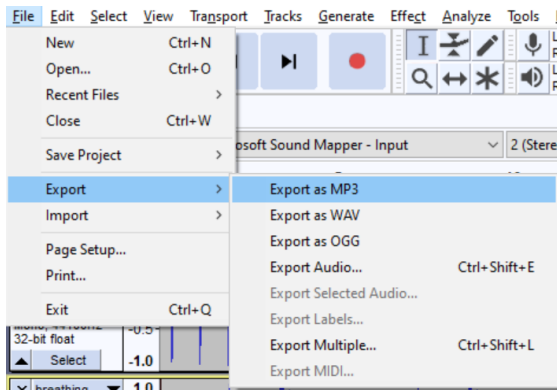
ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมการซ้อนทับกับไฟล์เสียงหัวใจกับไฟล์เสียงหายใจ

3. ปรับระดับความดังของไฟล์เสียงหายใจ โดยในงานวิจัยนี้จะปรับตั้งระดับความดังที่ 0.0dB (ความดังเท่ากับข้อมูลดั้งเดิม), -5.0dB, -15.0dB, -25.0dB และ -35.0dB



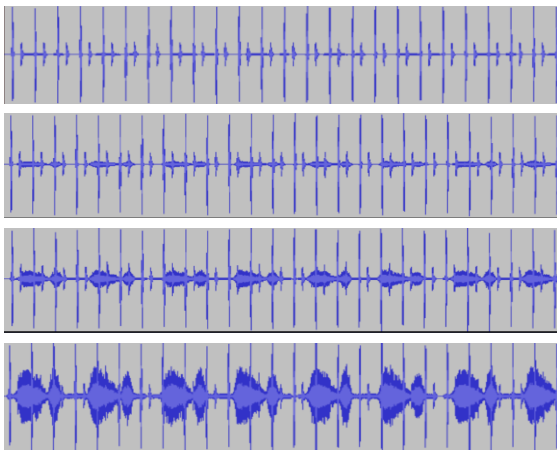
ภาพที่ 3 แสดงการปรับระดับความดังของเสียงหายใจ

4. ทำการส่งออก (Export) ไฟล์เสียงเพื่อนำไปใช้ต่อไป



ภาพที่ 4 แสดงการ Export ไฟล์เสียง

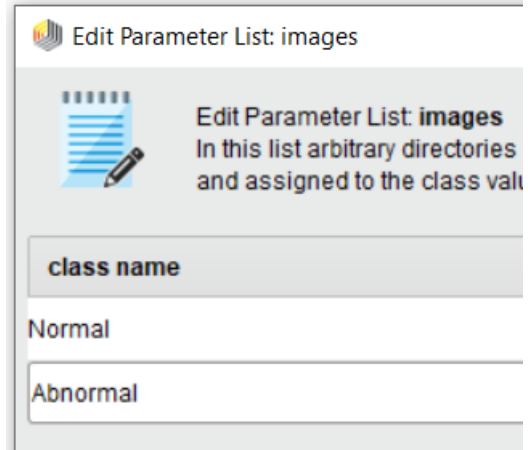
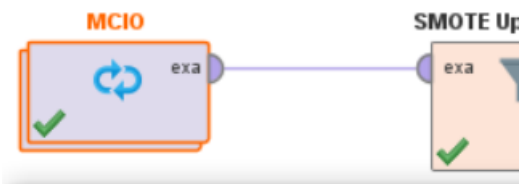
5. ทำการบันทึกรูปแบบเสียงหัวใจที่มีเสียงหายใจ  
รบกวนเป็นรูปภาพขนาด 1600x170 pixels ในรูปแบบ  
jpg เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องต่อไป



ภาพที่ 5 แสดงภาพเสียงหัวใจที่มีเสียงหายใจรบกวน  
ที่ความดังแตกต่างกัน

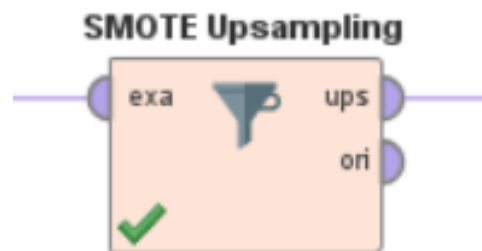
ส่วนที่ 2 การใช้โปรแกรม RapidMiner Studio  
เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ต  
เวกเตอร์แมชชีนในการจำแนกเสียง

1. เตรียมข้อมูลภาพเสียงหัวใจทั้งแบบมีและไม่มี  
สัญญาณรบกวน



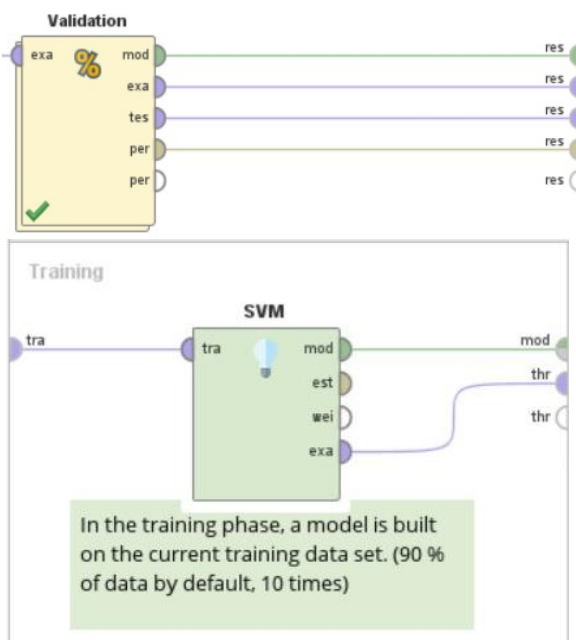
ภาพที่ 6 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio  
รับข้อมูลภาพเสียงหัวใจ

2. เนื่องจากจำนวนของข้อมูลในแต่ละประเภท  
มีจำนวนแตกต่างกัน จึงต้องใช้การดำเนินการ SMOTE  
Upsampling ในการสร้างความสมดุลให้กับข้อมูล



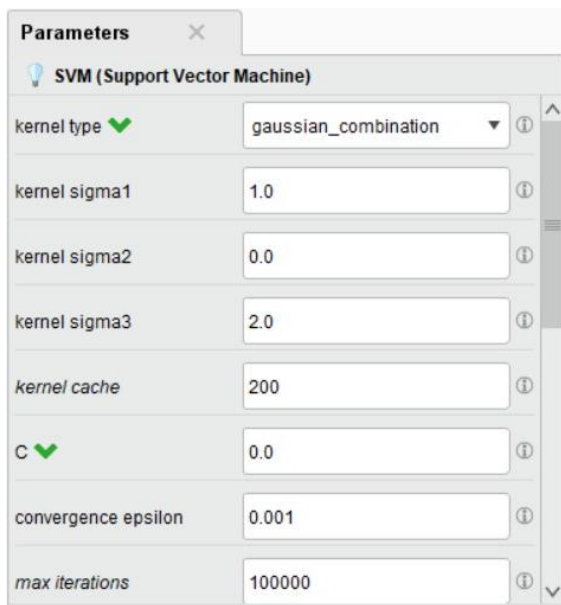
ภาพที่ 7 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio  
สร้างสมดุลของข้อมูล

3. จำแนกข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์  
แมชชีนและสร้างระบบฝึก (training set) สำหรับการเรียนรู้  
ของเครื่อง



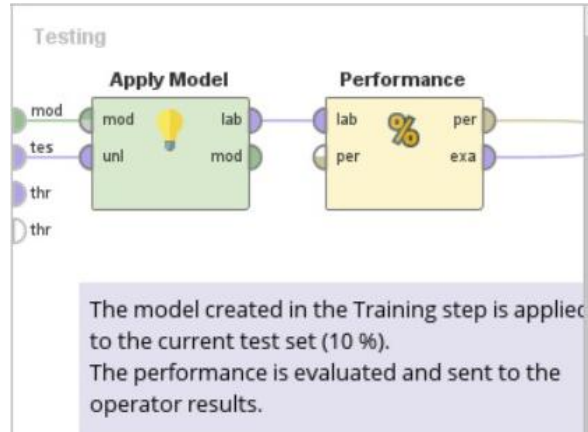
ภาพที่ 8 แสดงการใช้โปรแกรม RapidMiner Studio จำแนกข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

4. เลือกใช้เคอร์เนล (kernel) และปรับตัวแปรเสริม (parameter) เพื่อให้การจำแนกมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



ภาพที่ 9 แสดงการปรับตัวแปรเสริมสำหรับขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

5. ทดสอบระบบการเรียนรู้ของเครื่องด้วยชุดทดสอบ (test set) และวัดประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง



ภาพที่ 10 แสดงการทดสอบระบบการเรียนรู้ของเครื่องและวัดประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง

6. วิเคราะห์ผลการจำแนกเสียงของระบบที่ได้

Row No. ↑	label	prediction(la...	confidence(Abnormal)	confidence(Normal)	E
1	Abnormal	Normal			
2	Normal	Abnormal			

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างตารางข้อมูลผลการจำแนกเสียงเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจำแนกเสียง

#### 4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

พบว่า การดำเนินการจำแนกเสียงหัวใจด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่ใช้เคอร์เนล Radial Basis Function โดยมีตัวแปรเสริมคือ kernel gamma = 1.0, kernel cache = 200, C = 0.0, convergence epsilon = 0.001, max iteration = 100,000, L pos = 1.0, L neg = 1.0, epsilon = 0, epsilon plus = 0, epsilon minus = 0 ให้ผลการดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์ (confusion matrix)

		actual		class precision
		Normal	abnormal	
predict	normal	93	8	92.08%
	abnormal	12	97	89.99%
	class recall	88.57%	92.38%	

และผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม Rapid Miner Studio แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้อง (accuracy) ร้อยละ 90.48±5.50 ค่าเฉลี่ยของความแม่นยำ (precision) ร้อยละ 90.91±5.40 และค่าเฉลี่ยของค่าเรียกคืน (recall) ร้อยละ 90.41±5.56

เห็นได้ว่าการใช้ขั้นตอนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน สามารถจำแนกเสียงหัวใจปกติและเสียงหัวใจผิดปกติได้ โดยมีความความถูกต้อง ความแม่นยำค่าเรียกคืนมากกว่า ร้อยละ 90

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัย

เนื่องด้วยงานวิจัยนี้ต้องการใช้โปรแกรม RapidMiner สำหรับการดำเนินการจำแนกเสียง แต่ด้วยข้อจำกัดของ extension ในการดำเนินการเรื่องเสียงทำให้จำเป็นต้องใช้รูปภาพของคลื่นเสียงมาวิเคราะห์แทน ในอนาคตควรหาวิธีที่ใช้การวิเคราะห์จากไฟล์เสียงโดยตรง

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนเรียนผลการเรียนดี ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีวกลศาสตร์ทางการแพทย์ (Center of Excellence in Biomechanics Medicine) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LINCENSE สำหรับ Image Mining Extension for RapidMiner และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

#### เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2560). *แผนยุทธศาสตร์การป้องกัน และควบคุมโรคไม่ติดต่อระดับชาติ 5 ปี (พ.ศ. 2560 - 2564)*. กรุงเทพฯ: บริษัท อีโมชั่น อาร์ต จำกัด.

[2] World Health Organization. (2017). *Cardiovascular disease (CVDs)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).

[3] Gillum, R. F. (1988). Diagnostic technology in cardiovascular disease: review of noninvasive methods for population studies. *Bulletin of the World Health Organization*, 66(2), 249-258.

[4] American Diagnostic Corporation. (N.D.) *History of the Stethoscope*. <https://www.adctoday.com/learning-center/about-stethoscopes/history-stethoscope>

[5] DeLeon, A. C., Harvey W. P., Canfield, D & Johnson, E. (1978). Group Teaching of Auscultation: Use of New Wireless Stethoscope-Type Headphone. *The American journal of cardiology*. Vol 41. February 1978.

[6] Schölkopf, B. & Smola, A. J. (2002) *Learning with Kernels*. London: The MIT Press.

[7] Abe, S. (2010). *Support Vector Machine for Pattern Classification*. (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer-Verlag.

[8] Wang, Y., Sun, B., Yang, X. & Meng, Q. (2017). Research on heart sound recognition based on support vector machine. *Chinese Automation Congress (CAC)*. 62-65.

[9] Azmy, M. M. & Mohamady, R. (2017). Heart sounds recognition using multifractal detrended fluctuation analysis and support vector machine. *IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT)*. 1-4.

[10] Li, J. & Ke, L. & Du, Q. (2019). Classification of Heart Sounds Based on the Wavelet Fractal and Twin Support Vector Machine. *Entropy*, 21, 472-486.