บทที่ 6

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคหัวใจ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคหัวใจ ซึ่งจะใช้ผลจากการคัดแยกสัญญาณเสียงหัวใจด้วยวิธีการประมวลผลสัญญาณมาเป็นแนวทางในการตัดสินใจเพื่อวินิจฉัยโรค และเรียกระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ว่า Expert System for Heart Diseases Diagnosis (HDD-Xsys)

HDD-Xsys เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นจากระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ “GES” (General Expert System) ซึ่งเป็นระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญทั่วไปที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานสาขาใดก็ได้ โดยจะใช้งานบนคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการลีนุกซ์และใช้โปรแกรมภาษา LISP ในการพัฒนาโปรแกรม

ระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้สามารถวินิจฉัยโรคหัวใจจากลักษณะสัญญาณเสียงหัวใจของแต่ละโรคที่แตกต่างกัน โดยนำวิธีการทางด้านการประมวลผลสัญญาณมาใช้ในการคัดแยกสัญญาณเสียงหัวใจ ซึ่งสัญญาณเสียงหัวใจที่ต้องการทดสอบจะถูกนำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์สัญญาณเพื่อดึงคุณลักษณะเด่นของสัญญาณโดยจะอยู่ในรูปของค่าพารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการคัดแยกประเภทของโรคหัวใจและใช้ประโยชน์ในการให้คำวินิจฉัยโรคเพื่อการรักษาในขั้นตอนต่อไป

ดังนั้น ลักษณะสำคัญที่เป็นหัวใจของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys คือ การพัฒนาระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญให้เหมาะสมกับการวินิจฉัยโรคหัวใจ โดยระบบจะถูกออกแบบให้สามารถเชื่อมโยงและเรียกใช้โปรแกรมที่จำเป็นเกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณได้ รวมถึงสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการวินิจฉัยโรค ซึ่งระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้จะมีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

(1) สามารถแสดงผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปกราฟสเปกโตรแกรม ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงหัวใจ โดยที่กราฟดังกล่าวสามารถแสดงองค์ประกอบที่สำคัญของสัญญาณเสียงหัวใจ

(2) สามารถเรียกใช้โปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์

(3) สามารถวินิจฉัยโรคหัวใจ โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมวลผลสัญญาณมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจและคัดแยกประเภทของโรค

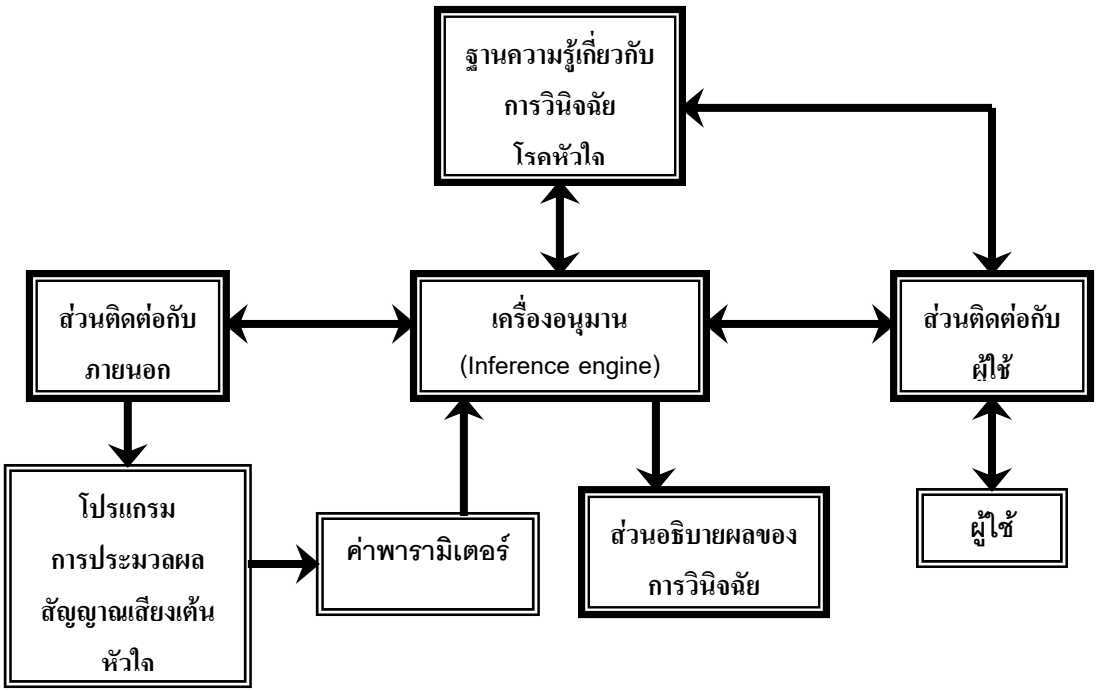
นอกจากนี้ ระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys ยังถูกออกแบบให้ทำงานในลักษณะกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากในบางขั้นตอนระบบยังต้องการข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้เพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ ดังนั้น ผู้ใช้จะต้องใส่หรือป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบโดยผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้เมื่อระบบร้องขอข้อมูลเพิ่มเติม

จึงสรุปได้ว่า ในกระบวนการวินิจฉัยโรคหัวใจนอกจากจะใช้ค่าพารามิเตอร์ซึ่งได้จากการประมวลผลสัญญาณแล้ว ความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญ (ในที่นี้หมายถึงผู้ใช้ ซึ่งอาจเป็นแพทย์) ก็เป็นส่วนสำคัญที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ เพื่อให้การวินิจฉัยถูกต้องและแม่นยำขึ้น

6.1 สถาปัตยกรรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

ระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys ได้รับการพัฒนามาจากระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ “GES” โดยการปรับปรุงแก้ไข และเพิ่มเติมตัวโปรแกรมให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคหัวใจ ทั้งนี้ระบบดังกล่าวจะต้องออกแบบให้ใช้งานง่าย ทำความเข้าใจได้เร็ว และสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้

ในส่วนของการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys ที่พัฒนาขึ้นนี้ จะมีโครงสร้างหลักซึ่งประกอบด้วย เครื่องอนุมาน, ฐานความรู้ที่เกี่ยวกับการวินิจฉัยโรค, ส่วนติดต่อกับภายนอก, ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และส่วนการอธิบายผลการวินิจฉัย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 6-1



ภาพประกอบ 6-1 สถาปัตยกรรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

จากโครงสร้างดังกล่าว จะเห็นว่า เครื่องอนุมานจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการดึงความรู้ที่เกี่ยวกับการวินิจฉัยโรคหัวใจ ซึ่งถูกเก็บรวบรวมไว้ในฐานความรู้

ฐานความรู้ ซึ่งประกอบด้วยฐานกฎและฐานความจริงที่มีข้อมูลเริ่มต้นที่เกี่ยวกับลักษณะเด่นของสัญญาณเสียงหัวใจแต่ละโรคที่แตกต่างกัน

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เป็นส่วนที่ผู้ใช้ติดต่อกับระบบผู้เชี่ยวชาญโดยตรง ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมาก จึงจำเป็นต้องออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้ระบบและเข้าถึงระบบได้สะดวกที่สุด โดยระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นนี้จะสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในลักษณะเมนูที่เข้าใจง่าย โดยผู้ใช้เพียงแค่ป้อนข้อมูลเข้าไปในระบบเมื่อระบบร้องขอข้อมูลต้องการ

ส่วนติดต่อกับภายนอก เป็นการทำงานเชื่อมกันระหว่างเครื่องอนุมานกับโปรแกรมภายนอก โดยส่วนนี้จะทำการเชื่อมโยงและเรียกใช้โปรแกรมที่เกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งจะทำการรันโปรแกรมจากภายนอกระบบ

ส่วนการอธิบายผล เป็นส่วนที่ระบบผู้เชี่ยวชาญทำการสรุปผลการวินิจฉัยโรคหัวใจ อธิบายและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวินิจฉัยโรค รวมถึงการทำรายงานผลการวินิจฉัย

6.2 ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

โดยทั่วไปแล้ว ฐานความรู้ภายในระบบผู้เชี่ยวชาญจะประกอบด้วยฐานกฎ (rule) และฐานความจริง (fact) โดยฐานกฎจะประกอบด้วยกฎต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการวินิจฉัยโรคหัวใจซึ่งพิจารณาจากคุณลักษณะของสัญญาณเสียงหัวใจ ส่วนในฐานความจริงจะประกอบด้วยข้อมูลเริ่มต้นที่เกี่ยวกับลักษณะเด่นของสัญญาณเสียงหัวใจ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกกำหนดและนำไปใช้ในการเริ่มต้นการทำงานของระบบ นอกจากนี้ ยังอาจจะรวมไปถึงข้อมูลเริ่มต้นที่ได้จากการซักประวัติของผู้ป่วย ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของผู้ป่วย เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เป็นต้น

จึงกล่าวได้ว่า ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นแหล่งเก็บรวบรวมความรู้เฉพาะทางที่ได้จากเอกสาร ตำรา ข้อมูลจากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลความรู้ที่ได้ระหว่างการถามโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้ใช้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในส่วนการทำงานของระบบจะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ กล่าวคือ ในบางขั้นตอนระบบจะทำงานเองโดยอัตโนมัติหากมีเงื่อนไขถูกต้องสมบูรณ์ แต่ในบางขั้นตอนระบบจะยังต้องการคำตอบที่จะได้จากผู้ใช้ โดยคำถามนั้นจะถูกสร้างขึ้นในโปรแกรมย่อยภายในระบบ และจะถูกเรียกใช้งานผ่านการกระทำหรือ action ภายในกฎ แล้วนำคำตอบที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานความจริง ซึ่งจะถูกใช้งานในขั้นตอนการอนุมานต่อไป

การกระทำหรือ action เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเรียกใช้งานโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในระบบเอง สำหรับงานวิจัยนี้ จะมีการใช้ส่วนการกระทำหรือ action ในการเรียกใช้โปรแกรมที่เกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณเสียงหัวใจ รวมถึงโปรแกรมในการแสดงผลสัญญาณเชิงกราฟ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่อยู่ภายนอกและเป็นอิสระจากระบบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง รายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างกฎและความจริงในระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys โดยจะนำเสนอถึงขั้นตอนการนำความรู้เกี่ยวกับการวินิจฉัยโรคหัวใจมาสร้างกฎและความจริง

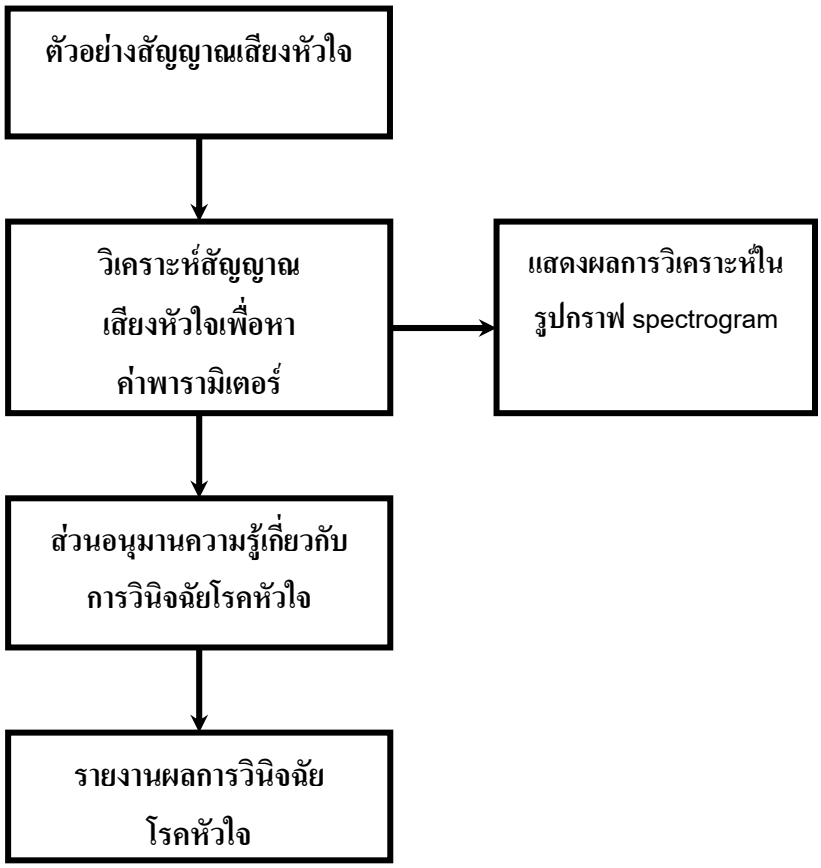
6.2.1 รูปแบบฐานกฎภายในฐานความรู้

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมความรู้จากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการวินิจฉัยโรคหัวใจ โดยในเบื้องต้นได้ศึกษาการคัดแยกกลุ่มตัวอย่างเสียงหัวใจเพื่อนำมาใช้ในการจำแนกโรคไว้ 5 ประเภท ได้แก่

เสียงหัวใจปกติ (normal heart sound)
เสียงหัวใจที่เกิดจากลิ้นเอออร์ติกตีบ (aortic stenosis)
เสียงหัวใจที่เกิดจากลิ้นไมทรัลรั่ว (mitral insufficiency)
เสียงหัวใจที่เกิดจากลิ้นไมทรัลตีบ (mitral stenosis)
เสียงหัวใจที่เกิดจากลิ้นเอออร์ติกรั่ว (aortic insufficiency)

จะเห็นได้ว่า การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยโรคหัวใจถูกกำหนดโดยฐานความรู้ภายในระบบ ซึ่งระบบจะรับตัวอย่างเสียงหัวใจที่อยู่ในรูปไฟล์ข้อมูลจากภายนอกระบบแล้วมาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมประมวลผลสัญญาณเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่สามารถใช้ในการคัดแยกเสียงเต้นหัวใจแต่ละประเภทได้ ขั้นตอนการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys สามารถแสดงเป็นแผนผังได้ดังภาพประกอบ 6-2

จากแผนผังดังกล่าว พบว่าหลังจากที่ระบบรับตัวอย่างสัญญาณเสียงหัวใจเข้ามาแล้ว ระบบจะทำการวิเคราะห์สัญญาณดังกล่าวโดยการเรียกโปรแกรมที่เกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณเสียงและจะแสดงผลการวิเคราะห์ในเชิงกราฟ ดังนั้น ในการวินิจฉัยโรคหัวใจนอกจากผู้ใช้จะสามารถใช้ประสาทสัมผัสในการฟังเสียงหัวใจแล้ว ผู้ใช้ยังสามารถเห็นพฤติกรรมของสัญญาณเสียงหัวใจในลักษณะกราฟที่สามารถแสดงคุณลักษณะสำคัญของสัญญาณได้ ซึ่งกราฟดังกล่าวผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากนัก ผลจากการประมวลผลสัญญาณจะได้ค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกคุณลักษณะของสัญญาณเสียงหัวใจ และใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการวินิจฉัยโรค หลังจากนั้นระบบจะทำการอนุมานเพื่อค้นหาคำตอบในการวินิจฉัยโรคโดยการพิจารณาข้อมูลที่ได้เทียบกับกฎภายในฐานความรู้ และท้ายที่สุดระบบก็จะแสดงผลการวินิจฉัยโรคให้กับผู้ใช้



ภาพประกอบ 6-2 แผนผังขั้นตอนการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

6.2.2 การสร้างกฎในการคัดแยกเสียงเต้นหัวใจ

การสร้างกฎเกี่ยวกับการคัดแยกเสียงหัวใจเพื่อใช้เป็นความรู้ให้กับระบบนั้น อันดับแรกจะต้องทำการจัดการกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยการจัดหมวดหมู่เพื่อแบ่งกลุ่มโรคที่สนใจ ซึ่งอาจจะพิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของสัญญาณเสียงเต้นหัวใจ ลักษณะอาการของผู้ป่วย หรือลักษณะจำเพาะของสัญญาณเสียงหัวใจที่แตกต่างจากเสียงหัวใจประเภทอื่น ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการจัดหมวดหมู่โดยแบ่งกลุ่มเสียงเต้นหัวใจจากลักษณะพื้นฐานของสัญญาณ เช่น ความดัง-เบาของเสียง ความถี่ ช่วงเวลาที่เกิดเสียง ความกว้างของแถบความถี่ เป็นต้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดแยกและจัดกลุ่มเสียงหัวใจแต่ละประเภทได้

จากประสบการณ์การฟังเสียงเต้นหัวใจของแพทย์ พบว่าในรอบการเต้นของหัวใจจะประกอบด้วยเสียงหัวใจหลาย ๆ เสียงปะปนกัน แต่ละเสียงจะมีจังหวะและทำนองที่แตกต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่า เสียงหัวใจแต่ละประเภทจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน เปรียบได้กับตัวโน้ตดนตรี ซึ่งโน้ตแต่ละตัวจะแทนเสียงและมีคุณลักษณะจำเพาะของเสียงที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ได้

รวบรวมคุณลักษณะเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นในรอบการเต้นของหัวใจ และได้นิยามชื่อตัวโน้ตของเสียงเต้นหัวใจแต่ละประเภทดังตาราง 6-1

ตาราง 6-1 ตัวโน้ตของเสียงเต้นหัวใจและคุณลักษณะของเสียง

Technical description	**Names of notes**						
	lub	**quiet**	**siss**	**urr**	**silent**	**sissss**	**urrrr**
high amplitude	*						
narrow band	*			*			*
low frequency	*			*			*
Wide band			*			*	
high frequency			*			*	
zero amplitude		*			*		
short interval	*	*	*	*			
long interval					*	*	*

จากตารางข้างต้น จะสังเกตเห็นถึงการบ่งชี้คุณลักษณะของเสียงเต้นหัวใจแต่ละประเภทที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ในการนิยามชื่อตัวโน้ตของเสียงเต้นหัวใจ ผู้วิจัยได้ทำการนิยามเฉพาะเสียงหัวใจที่พบบ่อยและมีโอกาสเกิดขึ้นในรอบการเต้นของหัวใจเท่านั้น หากภายหลังผู้ใช้พบเสียงหัวใจประเภทอื่น ๆ อีก ก็สามารถเพิ่มส่วนของการนิยามชื่อ รวมถึงกฎการวินิจฉัยต่าง ๆ ในฐานข้อมูลของระบบได้

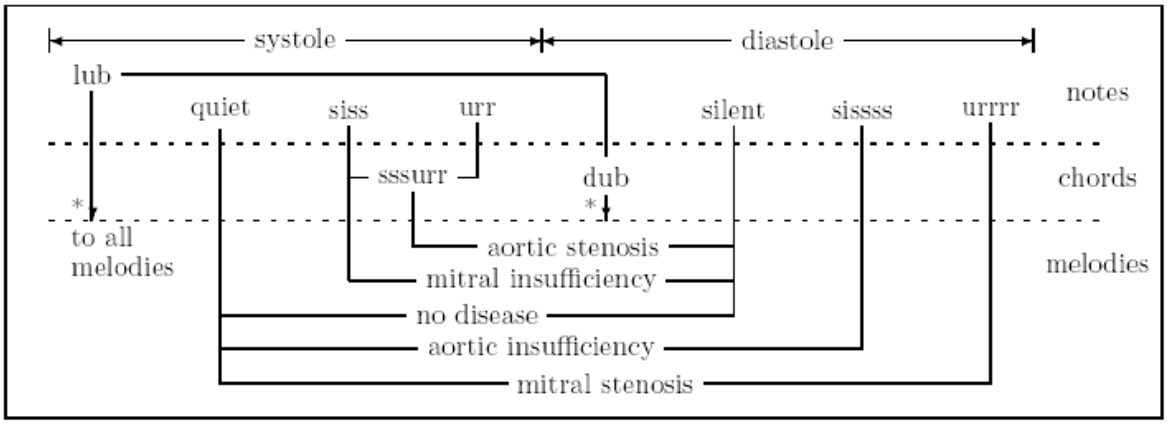
ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการจัดหมวดหมู่กลุ่มตัวอย่างเสียงเต้นหัวใจที่สนใจไว้ 5 ประเภท ซึ่งในตาราง 6-2 ได้แสดงองค์ประกอบของเสียงที่เกิดขึ้นในลักษณะตัวโน้ตของเสียงหัวใจดังนี้

ตาราง 6-2 กลุ่มตัวอย่างเสียงหัวใจที่มีองค์ประกอบของเสียงหัวใจที่แตกต่างกัน

Heart sound	**Name of notes**							
	lub	**quiet**	**siss**	**urr**	**dub**	**silent**	**sissss**	**urrrr**
Normal heart	*	*			*	*		
aortic insufficiency	*	*			*		*	

mitral stenosis	*	*			*			*
mitral insufficiency	*		*		*	*		
aortic stenosis	*		*	*	*	*		

จากตารางข้างต้น สามารถแสดงองค์ประกอบเสียงหัวใจของกลุ่มตัวอย่างที่เกิดขึ้นในรอบการทำงานของหัวใจได้ดังภาพประกอบ 6-3



ภาพประกอบ 6-3 องค์ประกอบเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นในรอบการทำงานของหัวใจ

ในการสร้างกฎที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยโรคหัวใจ จะอ้างอิงจากข้อมูลทางการแพทย์ รวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะอาการของโรคหัวใจ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการสร้างกฎอย่างง่าย ๆ เพียงบางส่วนของระบบ โดยจะเริ่มต้นจากการสร้างกฎด้วยภาษาพูดที่ไม่ได้อิงกับไวยากรณ์ใด ๆ เพื่อให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้น จึงจะสามารถแปลงกฎที่เป็นภาษาพูดให้เป็นกฎที่มีรูปแบบไวยากรณ์ตามที่ระบบเข้าใจต่อไป

if

เสียงหัวใจมีเสียง lub

เสียงหัวใจมีเสียง dub

then

ผู้ป่วยยังมีชีวิตอยู่

ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยง่ายหรือไม่?

if

ผู้ป่วยยังมีชีวิตอยู่

ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยง่าย

then

เสียงหัวใจมีเสียง quiet หรือไม่?

เสียงหัวใจมีเสียง silent หรือไม่?

if

ผู้ป่วยยังมีชีวิตอยู่

เสียงหัวใจมีเสียง lub

เสียงหัวใจมีเสียง quiet

เสียงหัวใจมีเสียง dub

เสียงหัวใจมีเสียง silent

then

ผู้ป่วยมีเสียงหัวใจเป็นปกติ (normal heart)

ระบบเสร็จสิ้นการวินิจฉัยโรค

---

if

ผู้ป่วยยังมีชีวิตอยู่

ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยง่าย

เสียงหัวใจมีเสียง quiet

เสียงหัวใจไม่มีเสียง silent

then

มีเสียงอื่น ๆ เกิดขึ้นระหว่างเสียง dub และ lub ถัดไปหรือไม่?

เสียงนั้นเป็นเสียง murmur หรือไม่?

if

มีเสียงอื่น ๆ เกิดขึ้นระหว่างเสียง dub และ lub ถัดไป

เสียงนั้นเป็นเสียง murmur

then

เสียง murmur เกิดขึ้นในช่วง diastole

เสียงหัวใจมีเสียง sissss หรือไม่?

เสียงหัวใจมีเสียง urrrr หรือไม่?

if

เสียง murmur เกิดขึ้นในช่วง diastole

เสียงหัวใจมีเสียง lub

เสียงหัวใจมีเสียง quiet

เสียงหัวใจมีเสียง dub

เสียงหัวใจมีเสียง sissss

then

ผู้ป่วยมีเสียงหัวใจเป็น aortic insufficiency (AI)

ระบบเสร็จสิ้นการวินิจฉัยโรค

จากกฎที่เป็นภาษาพูดข้างต้น สามารถแปลงให้เป็นกฎที่มีรูปแบบไวยากรณ์ตามที่ระบบเข้าใจ ซึ่งได้แสดงไว้แล้วในภาคผนวก ก.

6.2.3 รูปแบบฐานความจริงภายในฐานความรู้

ในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ สิ่งที่จำเป็นต้องมีและขาดไม่ได้คือ ความจริงที่เราใส่ไว้เริ่มต้นให้กับระบบ ซึ่งฐานความจริงจะประกอบด้วยความรู้ที่ได้จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและที่ได้จากตำรา ซึ่งในที่นี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณ เช่น ข้อมูลทางการแพทย์ การตัดสินใจของผู้ใช้ ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากกราฟเสียงเต้นหัวใจ และคุณสมบัติต่าง ๆ ของสัญญาณเสียงเต้นหัวใจ

บางครั้งฐานความจริงจะประกอบด้วยข้อมูลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการประมวลผลของโปรแกรม ข้อมูลเหล่านี้อาจถูกนำมาสร้างเป็นความจริงภายในฐานความจริง โดยสร้างเพิ่มเข้าไปในฐานความจริงโดยตรงระหว่างที่ระบบกำลังทำงาน

จะเห็นว่า ความจริงใหม่ที่เกิดขึ้นในฐานความรู้นั้น แต่ละครั้งอาจจะมีไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากการตัดสินใจในการเลือกตัวเลือกของผู้ใช้ เพราะตัวเลือกแต่ละตัวเลือกจะให้ความจริงที่แตกต่างกัน กล่าวโดยสรุปแล้ว ความจริงที่เกิดขึ้นจะมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. ความจริงเริ่มต้น (initial fact) เป็นความจริงที่เราใส่ไว้เริ่มต้นให้กับระบบ (แสดงในภาคผนวก ก.) จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อระบบถูกใช้เพื่อการอนุมานแต่ละครั้ง
2. ความจริงในขณะนั้น (real-time fact) เป็นความจริงที่เกิดจากการเลือกตัวเลือกของผู้ใช้ในขณะใดขณะหนึ่งเพื่อตอบคำถามที่ระบบได้ถามผู้ใช้

3. ความจริงที่เกิดจากการอนุมาน (inference fact) เป็นความจริงที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการอนุมานความรู้ของระบบ

ตัวอย่างการสร้างความจริง

```
Fact 1
((system  menu)(ready) = (atomic true))
```

ตัวอย่างการสร้างความจริงที่เกี่ยวกับการแสดงเมนูหลักของระบบ จากโครงสร้างข้างต้น เราจะแทนส่วน Object เป็นเมนูหลักที่เราสนใจ เนื่องจากเมนูหลักดังกล่าวเป็นเมนูหลักของระบบ จึงแทน Type_of_object เป็นระบบหรือ system ในส่วนของ Attribute ซึ่งแสดงสถานะของสิ่งที่เราสนใจจะแทนด้วย ready เพื่อบอกสถานะพร้อมทำงาน ต่อมาคือส่วนของ Comparator เป็นการเปรียบเทียบค่าของ Value กับสิ่งที่สนใจ ในที่นี้จะใช้เครื่องหมายเท่ากับ ในส่วนของ Type_of_value จะแทนด้วย atomic ซึ่งเป็นชนิดของ Value ที่ไม่มีค่าทางคณิตศาสตร์

6.3 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นส่วนที่ระบบผู้เชี่ยวชาญติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง โดยระบบจะมีการตั้งคำถามเพื่อให้ผู้ใช้ตอบ ซึ่งระบบถูกออกแบบให้ผู้ใช้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่แสดงออกมาให้เห็น จากนั้นระบบจะทำการเก็บความรู้ที่ได้จากคำตอบของผู้ใช้และนำเข้าสู่กระบวนการอนุมานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป ระบบที่ดีควรออกแบบให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด ในที่นี้จะอธิบายส่วนติดต่อกับผู้ใช้โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบ และการเก็บความรู้จากคำตอบของผู้ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.3.1 การโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ทำการสร้างการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบในลักษณะเมนูถามตอบ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

```
========== MAIN MENU ==============
===  1.Start HDD System            ===
===  2.Help                        ===
=====================================
       q - Quit

ENTER MENU:: 1

ENTER NAME OF PATIENT:: peter
ENTER AGE OF PATIENT:: 3
ENTER SEX OF PATIENT(MALE/FEMALE):: m

=====================================
         NAME OF PATIENT:  PETER
         AGE:    3       SEX:   MALE
=====================================
```

ภาพประกอบ 6-4 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

จากตัวอย่างโปรแกรม เมื่อผู้ใช้เข้าสู่หน้าหลักของระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว ระบบจะให้ผู้ใช้เลือกตัวเลือกจากเมนู ถ้าผู้ใช้เลือกเมนูที่ 1 โดยการป้อนเลข 1 ระบบจะเข้าสู่เมนูของการวินิจฉัยโรคหัวใจ (heart diseases diagnosis system) แต่ถ้าผู้ใช้เลือกเมนูที่ 2 โดยการป้อนเลข 2 ระบบจะแสดงเมนูช่วยเหลือ (help)

หลังจากที่ผู้ใช้เลือกเมนูที่ 1 ระบบจะทำการซักประวัติผู้ป่วย โดยให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลชื่อ อายุ และเพศของผู้ป่วย หลังจากนั้น ระบบจะสรุปประวัติผู้ป่วยอีกครั้งในตอนท้าย

6.3.2 การเก็บความรู้จากคำตอบของผู้ใช้

เป็นความรู้ที่อยู่ในรูปของความจริงในขณะนั้น (real-time fact) ซึ่งเป็นความจริงที่เกิดจากผู้ใช้เลือกตัวเลือกในขณะใดขณะหนึ่งเพื่อตอบคำถามที่ระบบได้ถามผู้ใช้ โดยมีโครงสร้างตามไวยากรณ์ของฐานความจริงของระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ GES ดังนี้

((Type_of_object Object) (Attribute) Comparator (Type_of_value Value))

เมื่อ Type_of_object คือ ชนิดของสิ่งที่สนใจ
Object คือ ชื่อของสิ่งที่สนใจ
Attribute คือ ความสัมพันธ์หรือคุณลักษณะของสิ่งที่สนใจ
Comparator คือ การเปรียบเทียบสิ่งที่สนใจกับค่าผลลัพธ์
Type_of_value คือ ชนิดของค่าผลลัพธ์
Value คือ ค่าผลลัพธ์

ถ้าผู้ใช้เลือกเมนูที่ 1 คือ Start HDD System จะทำให้ระบบได้รับความรู้ใหม่หรือความจริงอันใหม่ขึ้น คือ ((select menu)(1) = (atomic true))

ถ้าผู้ใช้เลือกเมนูที่ 2 คือ Help จะทำให้ระบบได้รับความรู้ใหม่หรือความจริงอันใหม่ขึ้น คือ ((select menu)(2) = (atomic true))

ความรู้ใหม่หรือความจริงอันใหม่ที่ได้ ระบบจะทำการเก็บเข้าในระบบเพื่อนำไปทำการอนุมานในขั้นตอนต่อไป

6.4 ส่วนติดต่อกับภายนอกของระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ติดต่อกับภายนอกซึ่งทำหน้าที่ในการเรียกโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยโรคหัวใจเข้ามาในระบบ เช่น การคำนวณ การแสดงภาพ การแสดงข้อความ เป็นต้น โปรแกรมที่ส่วนติดต่อกับภายนอกนำเข้ามาในระบบมี 2 ประเภท คือ

1. โปรแกรมภายใน (internal program) เป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา LISP แต่อยู่ภายนอกระบบ การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้จะมีข้อดีคือ ในการเรียกโปรแกรมเหล่านี้ระบบจะใช้เวลาค่อนข้างเร็ว ตัวอย่างโปรแกรมภายในที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญมีดังนี้

```
(defun report ()
  (setq save_report(open "report.txt" :direction :output))
  (format
save_report"=========================================")
  (format save_report"~% NAME OF PATIENT:  ~a" name)
  (format save_report"~% AGE:  ~a         sex:  ~a" age sex)
  (format save_report"~% HEART DIAGNOSIS:" diag_heart)
  (format save_report"~% COMMENT:")
  (format save_report"~% USER'S NAME: ~a" user_name)
  (format
save_report"~%=========================================")
  (close save_report)
  (format t "~%")
  (format t "~% Do you want to continue HDD system (y/n): ")
  (setq a2(read))
  (cond
   ( (equal a2'y)
     (menu)
     )
   ( (equal a2'n)
     (exit)
     )
   )
 )
```

โปรแกรมภายในระบบข้างต้นจะถูกเรียกใช้งานผ่านการกระทำหรือ action ภายในกฎ ในที่นี้จะเรียก action ที่อยู่ในส่วนของ conclusion ภายในกฎ คือ (@report) ส่วนขั้นตอนการสร้าง action ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 5

2. โปรแกรมภายนอก (external program) เป็นโปรแกรมที่อยู่ภายนอกระบบ ซึ่งสามารถรันโปรแกรมบน prompt ของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ โดยในการนำโปรแกรมภายนอกเข้ามาในระบบ จะใช้คำสั่ง system เช่น

(system "gnuplot plot_sgram.gpl") เป็นการเรียกใช้คำสั่งแสดงรูปกราฟ ซึ่งอยู่ในไฟล์ชื่อ plot_sgram.gpl หรือ

(system "emacs report.txt") เป็นการเรียกคำสั่งแสดงข้อความ ซึ่งอยู่ในไฟล์ชื่อ report.txt

ในงานวิจัยชิ้นนี้ จะมีส่วนของการประมวลผลสัญญาณซึ่งจะต้องทำการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่สามารถบ่งชี้คุณลักษณะของสัญญาณเสียงหัวใจ รวมถึงการแสดงผลในเชิงรูปกราฟต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่โปรแกรมดังกล่าวจะเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาซี (C language) ซึ่งถือเป็นโปรแกรมที่แยกอิสระจากระบบ ดังนั้น ส่วนติดต่อกับภายนอกจึงนับเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องออกแบบให้ระบบสามารถเชื่อมโยงเพื่อเรียกใช้โปรแกรมการประมวลผลสัญญาณซึ่งอยู่ภายนอกระบบ และสามารถนำผลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเพื่อการวินิจฉัยคัดแยกโรคหัวใจ

6.5 การทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys

ระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ เป็นระบบต้นแบบที่สามารถช่วยทำให้การวินิจฉัยโรคหัวใจทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะทำการคัดแยกเสียงเต้นหัวใจโดยพิจารณาจากเสียงเต้นหัวใจพื้นฐานเป็นอันดับแรก ซึ่งได้แก่ เสียงหัวใจอับดับหนึ่ง (S_1) เสียงหัวใจอับดับสอง (S_2) เป็นต้น จากนั้นก็จะพิจารณาเสียงอื่น ๆ ที่เกิดจากความผิดปกติในการเปิด-ปิดของลิ้นหัวใจ ทั้งที่เกิดในกรณีลิ้นหัวใจตีบ (Stenosis) หรือลิ้นหัวใจรั่ว (Insufficiency) ดังนั้นในการให้คำวินิจฉัยโรคของระบบจะแบ่งกลุ่มสัญญาณเสียงหัวใจตามลักษณะของอาการ 5 ประเภท คือ aortic stenosis, mitral insufficiency, no disease (normal), aortic insufficiency และ mitral stenosis

ในขั้นนี้ ได้ทำการทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ HDD-Xsys กับตัวอย่างสัญญาณเสียงหัวใจของผู้ป่วยโรคหัวใจที่ทราบชนิดโรคทั้ง 5 ประเภท โดยผู้ใช้จะทำการป้อนตัวอย่างสัญญาณเสียงหัวใจซึ่งอยู่ในรูปไฟล์ข้อมูลเข้าไปเป็นอินพุตของระบบ แล้วทำการติดต่อสื่อสารกับระบบด้วยการตอบคำถามเพิ่มเติมที่ระบบต้องการทราบ หลังจากที่ระบบมีข้อมูลเพียงพอก็จะทำการวินิจฉัยโรค รวมถึงการรายงานสรุปผลการวินิจฉัยให้ผู้ใช้ทราบ โดยที่ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสาเหตุและผลการวินิจฉัยโรคได้

ในระหว่างที่ระบบทำการวินิจฉัยโรคแต่ละประเภทนั้น จะทำให้เกิดความจริงเพิ่มขึ้นในระบบ ทั้งที่เป็นความจริงใน real-time ซึ่งเกิดจากการถามตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบ และความจริงที่เกิดจากการอนุมาน ซึ่งความจริงดังกล่าว จะถูกรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของระบบ และจะนำมาใช้ประโยชน์ในขั้นตอนของการวินิจฉัยโรคหัวใจต่อไป รายละเอียดของการทดสอบระบบรวมถึงผลการทดสอบได้อธิบายไว้แล้วในภาคผนวก ค.