

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ ตลอดจนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้สำหรับการทำวิจัย และนำเอาความรู้ที่ได้มา วิเคราะห์วิธีการสืบค้นข้อมูลการวิจัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิง วิธีการสืบค้นข้อมูลด้วย ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง วิธีการสืบค้นข้อมูลด้วยเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง และแนวคิดช่วยแบ่ง เมาภาระของการรีแฮชชิง (Rehashing) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการทำวิจัย ผู้วิจัยได้ กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวิจัยโรคด้วยเทคนิค การทำแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในการสืบค้นข้อมูลในฐานข้อมูลด้านการ วิจัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง
4. ทดสอบใช้งานโปรแกรมจริง ปรับปรุงโปรแกรม และตรวจสอบความถูกต้อง
5. การสรุปผล และข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ ตลอดจนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อ เป็นพื้นฐานความรู้สำหรับการทำวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการ วิจัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิง ซึ่งได้ทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแฮช ฟังก์ชัน เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้นข้อมูลด้วยเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง แนวคิดช่วย แบ่งเมาภาระของการรีแฮชชิง และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้นข้อมูลด้วยภาษา สอบถามเชิงโครงสร้าง

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง (Extendible Hashing)

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง แนวคิดช่วยแบ่งเบาภาระของการรีแฮชชิง และวิธีการสืบค้นข้อมูลด้วยภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง เพื่อให้ทราบข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ การวิเคราะห์รูปแบบข้อมูล ฐานข้อมูล และขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ตามต้องการ ประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 วิเคราะห์วิธีการทำแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง

วิธีการทำแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง เป็นการแฮชชิงแบบไดนามิก หลักการทำงานของวิธีนี้คือ จะเพิ่มข้อมูลเข้าไปในบล็อกที่ละค่าโดยพิจารณาเลือกบล็อกที่จะเพิ่มข้อมูลเข้าไปจากจำนวนบิตของข้อมูลที่เหมือนดัชนีบ่งชี้ (Index) ในแต่ละบล็อกที่ตรงกันในไดเรกทอรี (Directory) ถ้าบล็อกที่จะเพิ่มข้อมูลลงไป มีข้อมูลอื่นเก็บอยู่จนเต็มก็ให้แตกบล็อก (Split Block) นั้นออกมา ส่วนเรื่องของการสืบค้นข้อมูล สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว กล่าวคือ จะเข้าถึงข้อมูล (Access) เพียง 2 ครั้ง ก็จะทราบคำตอบว่าพบข้อมูลนั้น ๆ หรือไม่ โดยครั้งแรกจะเข้าถึงข้อมูลตรงไดเรกทอรีที่มีจำนวนบิตของข้อมูลที่เหมือนดัชนีบ่งชี้ในแต่ละบล็อก ตรงกับข้อมูลที่ต้องการ จากนั้น การเข้าถึงข้อมูลครั้งที่ 2 จะสืบค้นข้อมูลในบล็อกที่เชื่อมไว้

2.2 วิเคราะห์แนวคิดช่วยแบ่งเบาภาระของการรีแฮชชิง

แนวคิดช่วยแบ่งเบาภาระของการรีแฮชชิง โดยปกติถ้าใช้การแฮชชิงด้วยวิธีของ Separate Chaining หรือวิธี Open Addressing ในข้อมูลที่มีปริมาณมาก ๆ ปัญหาหลักที่ตามมาคือ การแก้ไขปัญหาการชนกันของข้อมูล และทำให้ต้องเสียเวลามากในการค้นหาข้อมูล นอกจากนั้นถ้าตารางแฮช มีข้อมูลเก็บอยู่ใกล้จะเต็มก็จะต้องมีการทำรีแฮชชิงอีก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เสียเวลามากที่สุด เพราะต้องใช้เวลาในการดำเนินการมีค่า $O(n)$ ดังนั้น การแก้ปัญหานี้โดยใช้วิธีเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง จะช่วยให้การทำรีแฮชชิงรวดเร็วขึ้นเพราะจะทำรีแฮชชิงเฉพาะบล็อกที่มีการเปลี่ยนแปลงจึงช่วยแบ่งเบาภาระการทำรีแฮชชิงบนตารางแฮช

2.3 วิเคราะห์วิธีการสืบค้นข้อมูลด้วยภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง

ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง เป็นภาษาทางด้านฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นจากแนวคิดของ Relational Calculus และ Relational Algebra เป็นหลัก (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และจำลอง คุรุอุตสาหะ, 2542) และเป็นภาษาที่ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจาก เป็นภาษาซึ่งใกล้เคียงกับภาษาพูด ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ สามารถทำงานร่วมกับภาษาอื่นได้ โดยฝังรวมไว้กับภาษาอื่น ๆ เพื่อทำงานร่วมกันได้ เป็นภาษามาตรฐาน ซึ่งมีรูปแบบในการเขียนคำสั่งคล้าย ๆ กันไม่ว่าจะใช้บนโปรแกรมใดหรือ DBMS ใด วิธีการสืบค้นข้อมูลด้วยภาษาสอบถามเชิงโครงสร้างจะเป็นแบบชุดคำสั่ง นิยมใช้มากกับชุดคำสั่งแบบตาราง ซึ่งชุดคำสั่งที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูล คือ Select จะใช้ในการหาข้อมูลหรือ Record ที่ต้องการในฐานข้อมูล

2.4 วิเคราะห์ฐานข้อมูล MySQL

MySQL เป็นโปรแกรมจัดการระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) คือ สามารถทำงานกับตารางข้อมูลหลายตารางพร้อม ๆ กัน ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน สาเหตุเพราะว่าเป็น Open Source Software ที่มีประสิทธิภาพสูง มีความเร็วในการทำงาน รองรับการทำงานจากผู้ใช้งานหลาย ๆ คน และหลาย ๆ งานได้ในขณะเดียวกัน และยังสนับสนุนระบบปฏิบัติการมากมายไม่ว่าจะเป็น Unix OS/2 หรือ Windows นอกจากนั้นยังสามารถใช้งานร่วมกับ Web Development Platform ทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็น C++ Java Perl PHP Python หรือ ASP (สงกรานต์ ทองสว่าง, 2544)

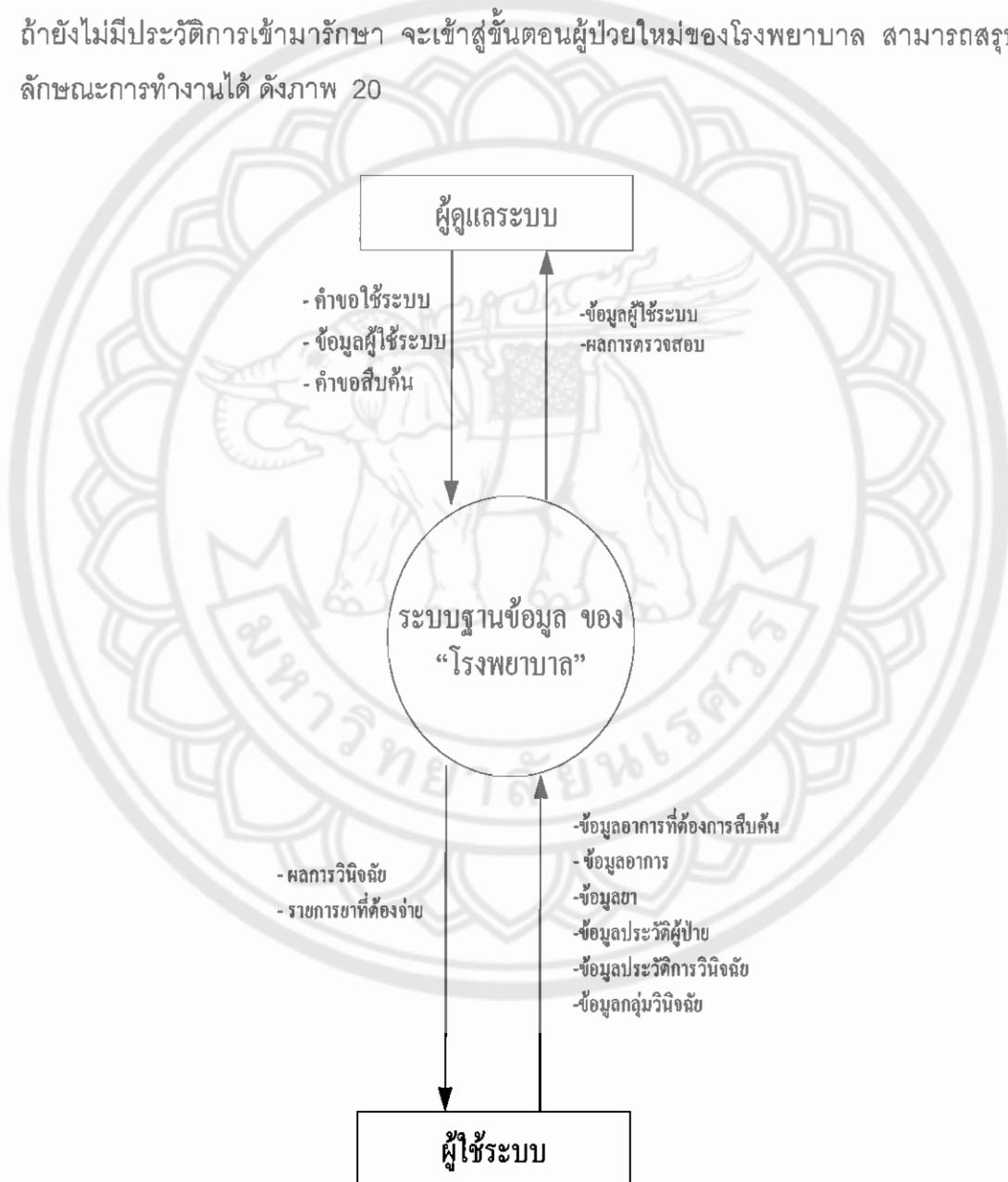
ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคแฮชชิงโดยใช้แนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิง (Extendible Hashing)

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ระบบปฏิบัติการ Windows XP และใช้ฐานข้อมูล MySQL แล้วออกแบบและพัฒนาโปรแกรมตามแบบที่ได้วิเคราะห์ไว้ ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์ระบบงานเดิม

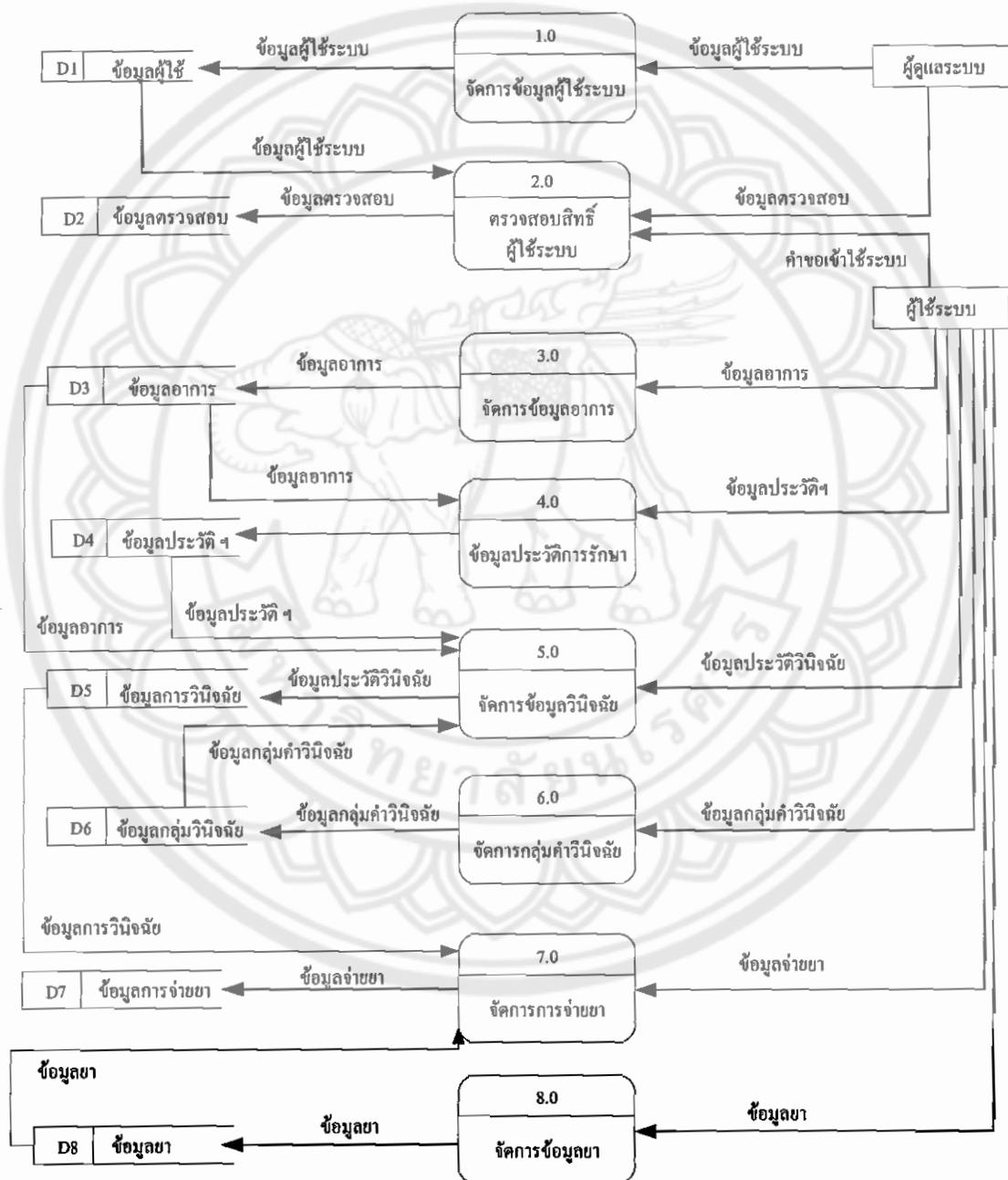
ในออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิง นั้น ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้อำนวยการโรงพยาบาล แพทย์

และผู้ดูแลระบบในโรงพยาบาลรัตนบุรี และได้เข้าไปสังเกตการทำงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนำคอมพิวเตอร์ไปใช้เก็บข้อมูลและใช้คอมพิวเตอร์ในการสืบค้นข้อมูล เริ่มตั้งแต่เมื่อมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการในโรงพยาบาล จะมีการสืบค้นข้อมูลขั้นแรกเรียกว่างานเวชระเบียน โดยสืบค้น ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ จากแฟ้มประชากร จากนั้นจึงได้สืบค้นข้อมูลของผู้ป่วย เพื่อดูประวัติการเข้ามารักษาในโรงพยาบาล ถ้ามีประวัติการเข้ามารักษาที่โรงพยาบาลก็จะเป็นข้อมูลให้แพทย์ใช้วิเคราะห์ร่วมในการวินิจฉัยอาการป่วยของผู้ป่วย แต่ถ้ายังไม่มีประวัติการเข้ามารักษา จะเข้าสู่ขั้นตอนผู้ป่วยใหม่ของโรงพยาบาล สามารถสรุปลักษณะการทำงานได้ ดังภาพ 20



ภาพ 20 แผนภาพกระแสข้อมูล Context Diagram ระบบฐานข้อมูลของโรงพยาบาล

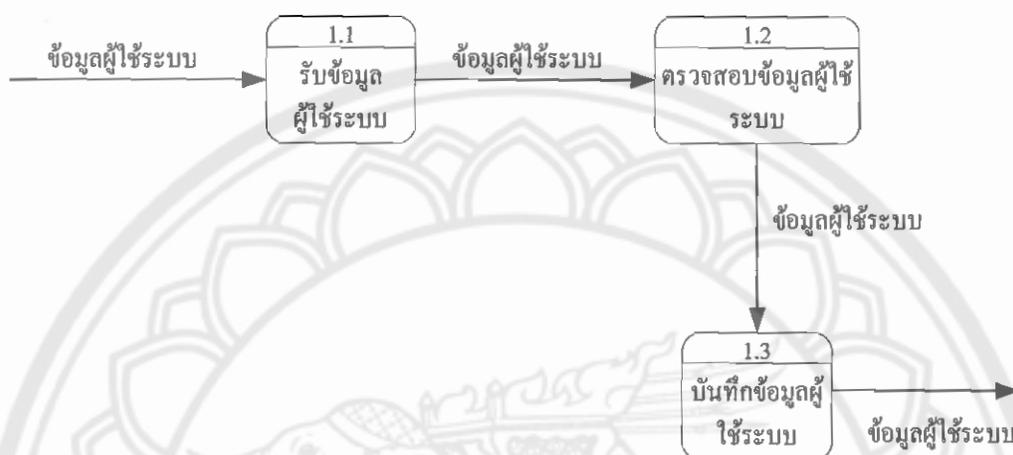
จากภาพ 20 จะแสดงความสัมพันธ์ของระบบงานในโรงพยาบาล จากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบความสัมพันธ์และแจกแจงรายละเอียดของระบบโดยแบ่งงานออกเป็นส่วนหลัก ๆ ได้ดังภาพ 21



ภาพ 21 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ของระบบงาน

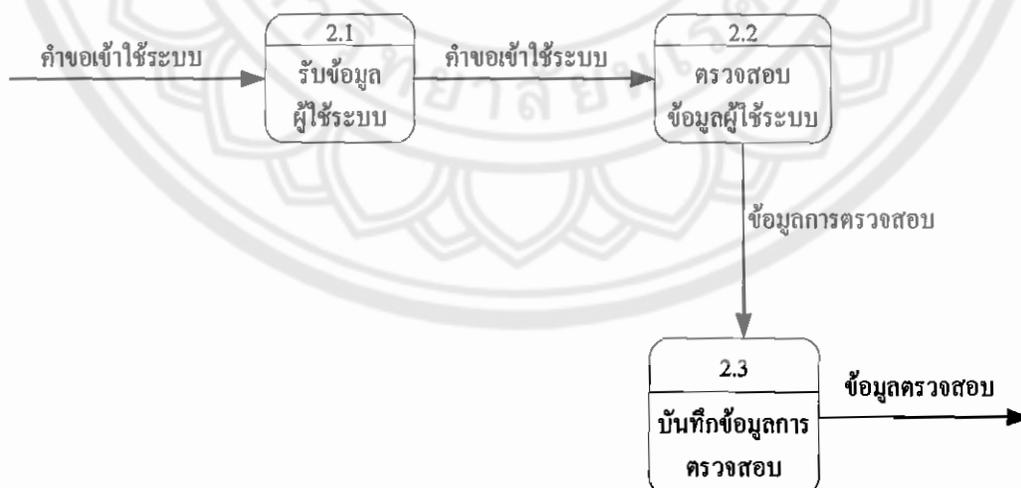
จากภาพ 21 ระบบของโรงพยาบาลประกอบด้วยส่วนงานหลักทั้งหมด 8 ส่วน คือ

1. การจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 22



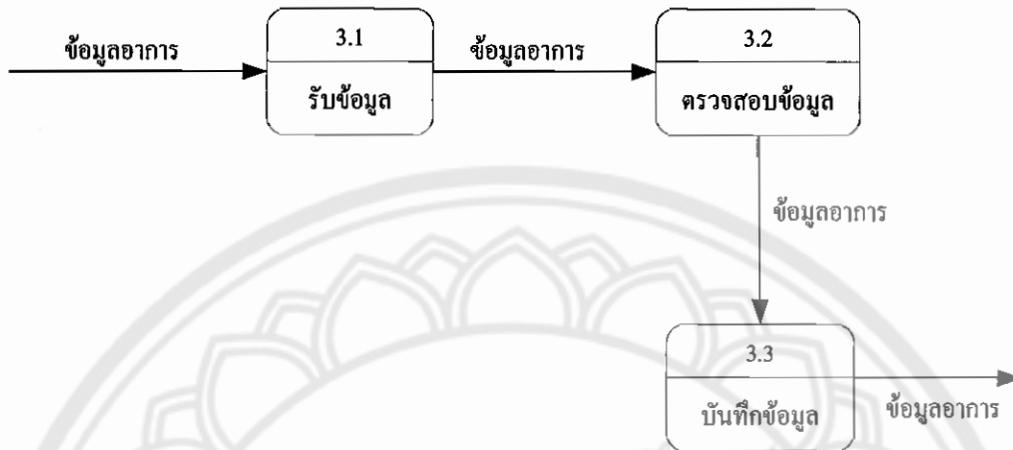
ภาพ 22 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ

2. การตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้ระบบ สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 23



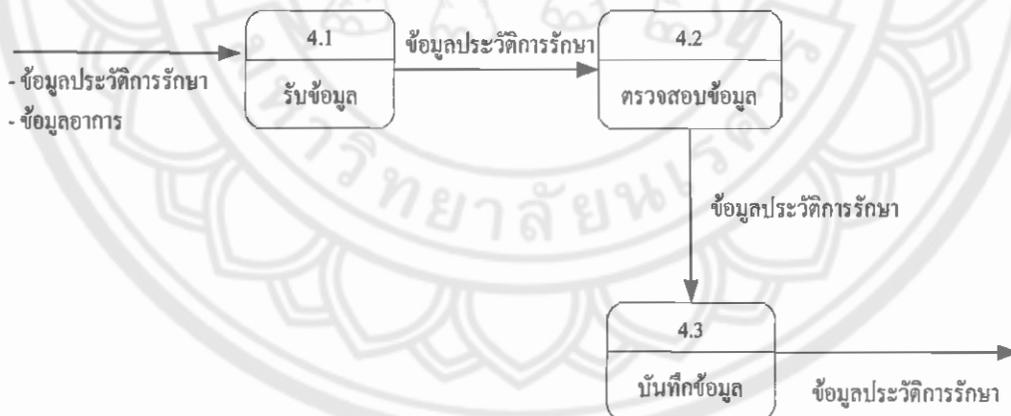
ภาพ 23 แสดง DFD Level 2 ส่วนการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้ระบบ

3. การจัดการข้อมูลอาคาร สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 24



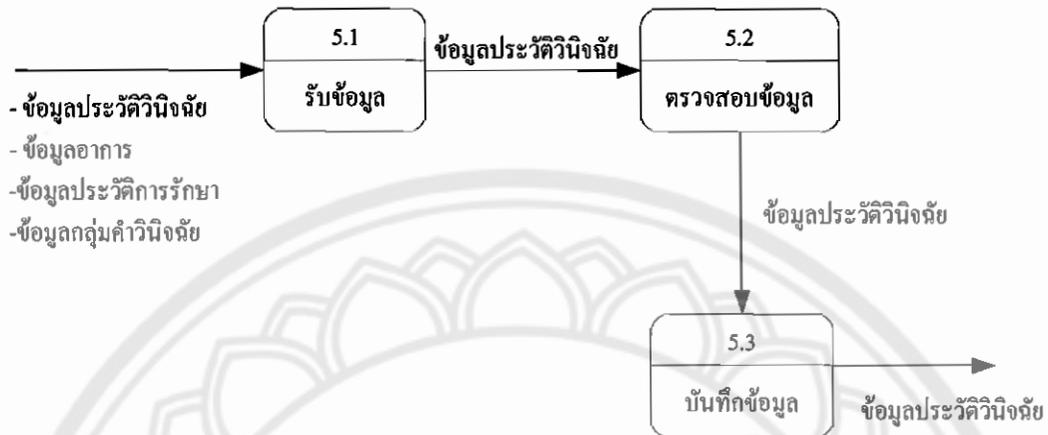
ภาพ 24 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลอาคาร

4. การจัดการข้อมูลประวัติการรักษา สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 25



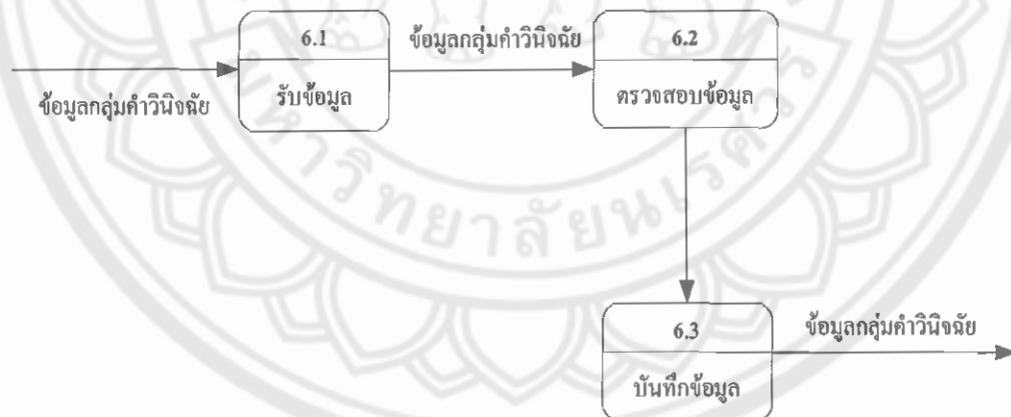
ภาพ 25 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลประวัติการรักษา

5. การจัดการข้อมูลการวินิจฉัย สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 26



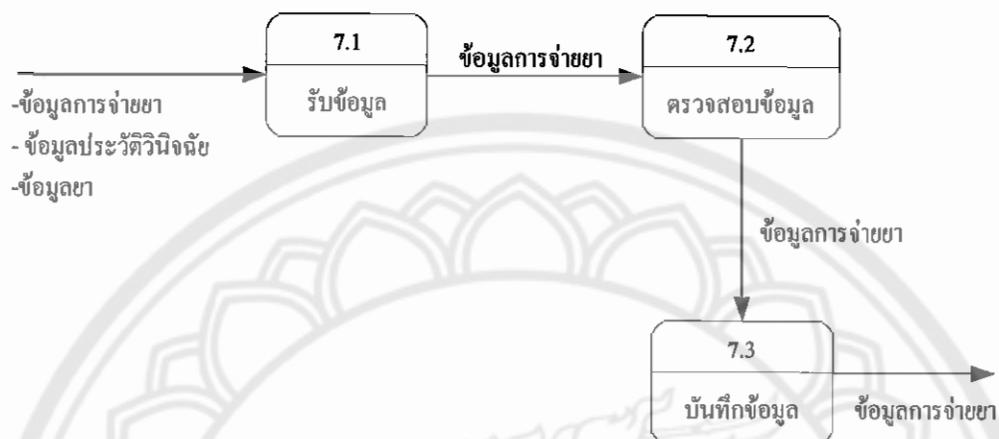
ภาพ 26 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลการวินิจฉัย

6. การจัดการข้อมูลกลุ่มการวินิจฉัย สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 27



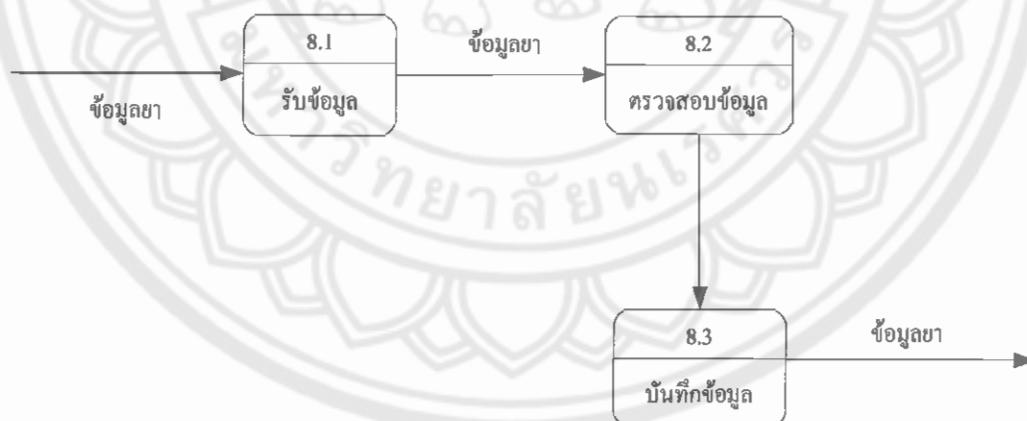
ภาพ 27 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลกลุ่มการวินิจฉัย

7. การจัดการข้อมูลการจ่ายยา สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 28



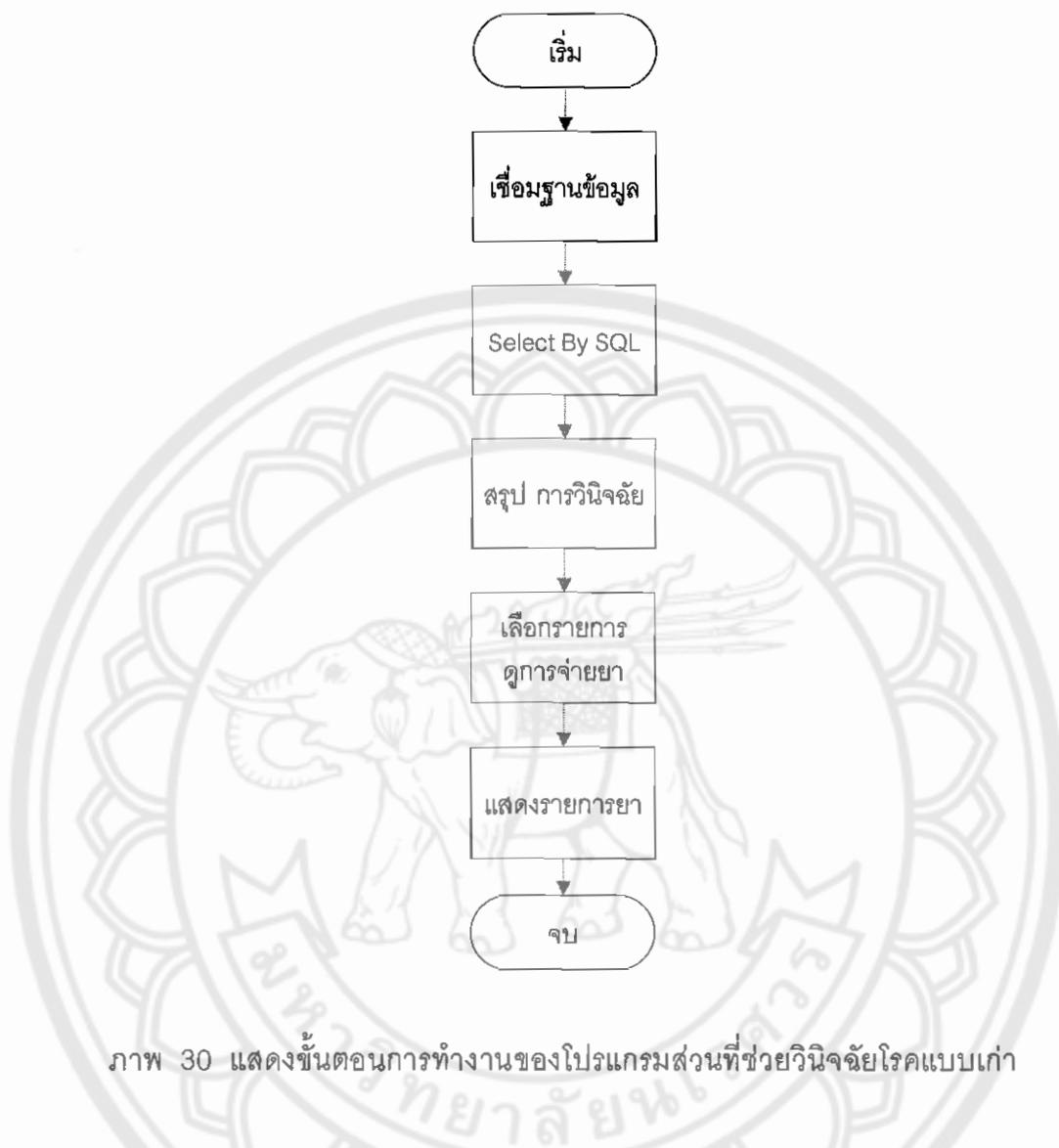
ภาพ 28 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลการจ่ายยา

8. การจัดการข้อมูลยา สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพ 29



ภาพ 29 แสดง DFD Level 2 ส่วนการจัดการข้อมูลยา

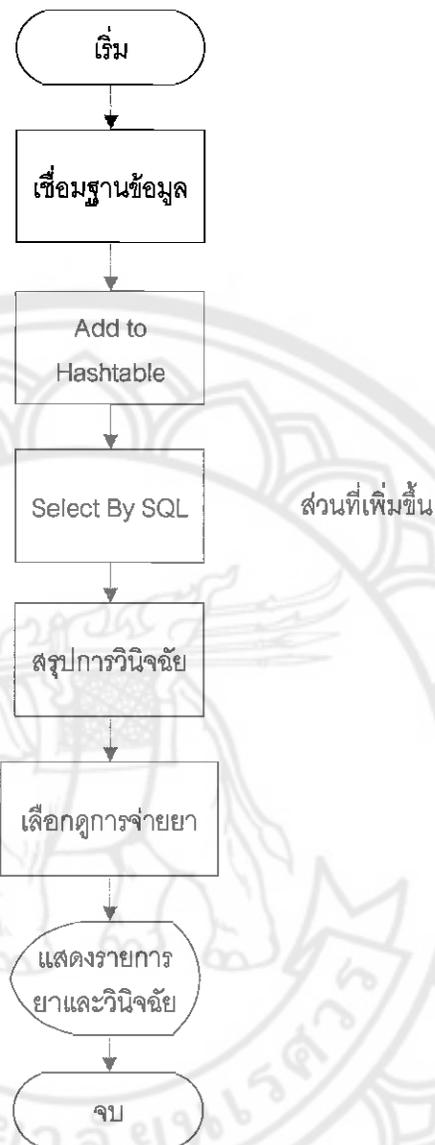
จากการศึกษาระบบงานเดิมดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ปัญหาของระบบงานเดิมที่พบคือการจัดการข้อมูลกลุ่มการวินิจฉัยต้องใช้เวลาในการประมวลผลมาก โดยได้จากอาการที่ผู้ป่วยเป็นผู้บอก ในขั้นตอนนี้จะมีการประมวลผลดังแสดงในภาพที่ 30



ภาพ 30 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนที่ช่วยวินิจฉัยโรคแบบเก่า

3.2 ออกแบบระบบงานใหม่

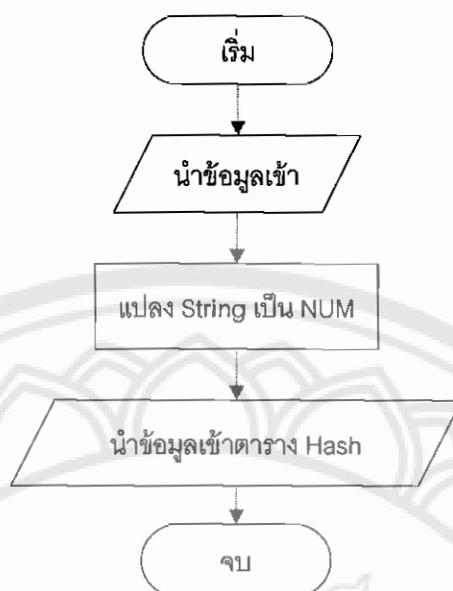
ระบบงานใหม่ที่ได้ออกแบบขึ้นมาได้มีการนำการทำแฮชชิง โดยใช้โครงสร้างเอ็กเทนดิเบิล แฮชชิง มาใช้ร่วมกับระบบงานเดิม โดยเพิ่มกระบวนการทำแฮชชิงก่อนที่จะทำขั้นตอนการช่วยวินิจฉัยโรค ดังแสดงในภาพ 31



ภาพ 31 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมส่วนที่ช่วยวินิจฉัยโรคแบบใหม่

3.3 พัฒนาโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ระบบปฏิบัติการ Windows XP และใช้ฐานข้อมูล MySQL และได้ทำการออกแบบผังงานในส่วนของการแฮชชิง โดยใช้โครงสร้างเอ็กเทนดิเบิล แฮชชิง ดังแสดงในภาพ 32



ภาพ 32 แสดงผังงานโปรแกรมการแฮชซิง โดยใช้โครงสร้างเอ็กเทนดิเบิล แฮชซิง

หลังจากได้ผังงานต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้น โดยจำลองโปรแกรมระบบเดิมที่ใช้ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง และทำการทดสอบการทำงานเพื่อให้ได้ผลการทำงานเหมือนระบบเดิม จากนั้นผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรม โดยเพิ่มเทคนิคการทำแฮชซิง โดยใช้โครงสร้างเอ็กเทนดิเบิล แฮชซิง

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบใช้งานโปรแกรม ปรับปรุงโปรแกรม และตรวจสอบความถูกต้อง

ผู้วิจัยได้ทดสอบใช้งานโปรแกรมจริงโดยวิธีการนำฐานข้อมูลที่จัดเตรียมไว้มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชซิงด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม จะใช้วิธีการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลแล้วทำการวินิจฉัยโรคด้วยแฮชฟังก์ชันตามแนวคิดเอ็กเทนดิเบิลแฮชซิงร่วมกับภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง และภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง การตรวจสอบโปรแกรม ถ้าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมือนกันทั้งหมดแสดงว่าโปรแกรมทำงานถูกต้อง แต่ถ้าคำตอบที่ได้ไม่เหมือนกันแสดงว่าโปรแกรมมีความผิดพลาด ดังนั้น จึงต้องทำการปรับปรุงโปรแกรมให้ทำงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ทดสอบใช้งานโปรแกรม มีดังนี้

4.1 อุปกรณ์

การวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ในการพัฒนาโปรแกรม ดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่

4.1.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Mobile AMD Athlon(tm) XP-M

2800+ 512 MB of RAM

4.1.1.2 ฮาร์ดดิสก์ขนาด 40 GB

4.1.2 อุปกรณ์ด้านซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม (Program) ได้แก่

4.1.2.1 โปรแกรม Windows XP เป็นระบบปฏิบัติการ

4.1.2.2 โปรแกรม Microsoft Visual Basic ใช้พัฒนาโปรแกรม

4.1.2.3 โปรแกรม MySQL เป็นฐานข้อมูล

4.1.2.4 โปรแกรม Excel เป็นโปรแกรมใช้สร้างกราฟ

4.2 วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้แบ่งวิธีการทำงานในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิงตามแนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิงร่วมกับภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง และภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง ดังนี้

4.2.1 ขั้นตอนการจัดการฐานข้อมูล

ขั้นตอนนี้จะทำการจัดการฐานข้อมูลโดยนำฐานข้อมูลจริง ซึ่งเป็นฐานข้อมูล MySQL โดยมีข้อมูลการรักษาผู้ป่วยที่มีลักษณะอาการที่เหมือนกันและแตกต่างกัน และทำการจัดกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.2.1.1 ข้อมูลสำหรับการทดสอบโปรแกรม ซึ่งมีข้อมูล 1,000 รายการ เพื่อให้ทดสอบในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมให้ได้ผลลัพธ์ตรงกับการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยภาษาสอบถามเชิงโครงสร้างระบบเดิม

4.2.1.2 ข้อมูลสำหรับการทดลองโปรแกรม ได้แก่ กลุ่มข้อมูลที่มีข้อมูลขนาดเล็กมีจำนวนข้อมูลขนาด 150,000 รายการ กลุ่มข้อมูลที่มีข้อมูลขนาดกลางมีจำนวนข้อมูลขนาด 250,000 รายการ และกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลขนาดใหญ่มีจำนวนข้อมูลขนาด 350,000 รายการ

เมื่อได้ผลลัพธ์ถูกต้องจากการทดสอบที่มีจำนวนข้อมูลขนาด 1,000 รายการ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำกลุ่มข้อมูลที่มีขนาดเล็ก (จำนวนข้อมูลขนาด 150,000 รายการ) กลุ่มข้อมูลที่มีขนาดกลาง (จำนวนข้อมูลขนาด 250,000 รายการ) และกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ (จำนวนข้อมูลขนาด 350,000 รายการ) โดยทำการสืบค้นข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูลจำนวน 30 ครั้ง แต่ละครั้งจะมีการสืบค้นอาการผู้ป่วยที่แตกต่างกัน แล้วนำผลที่ได้มาทำการวินิจฉัยโรค และทำการเปรียบเทียบผลเป็นเวลาโดยแสดงเวลาเฉลี่ยของการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคการทำแฮชชิงตามแนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิงร่วมกับภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง และการสืบค้นข้อมูลการวินิจฉัยโรคด้วยภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง

4.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

ออกแบบโปรแกรมโดยจำลองตามระบบเดิมที่ใช้ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้างสืบค้นข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic พัฒนาโปรแกรมและโปรแกรม MySQL เป็นฐานข้อมูลทดสอบการทำงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เหมือนระบบงานจริง จากนั้นออกแบบและพัฒนาระบบงานใหม่ด้วยเทคนิคแฮชชิงตามแนวคิดเอ็กซ์เทนดิเบิลแฮชชิงร่วมกับภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic พัฒนาโปรแกรมและโปรแกรม MySQL เป็นฐานข้อมูลทดสอบการทำงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เหมือนระบบงานจริง

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

เมื่อทำการปรับปรุงโปรแกรมและทดสอบใช้งานโปรแกรมจนถูกต้องแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัยที่ได้จากการทดลองโปรแกรมที่ใช้ฮาร์ดแวร์เดียวกัน และใช้ฐานข้อมูลเดียวกัน เป็นการทดลองในระบบปิด จากกลุ่มตัวอย่างต่าง ๆ แล้วทำการเปรียบเทียบการประมวลผลเป็นเวลา แสดงการเปรียบเทียบเชิงกราฟ และเสนอแนะวิธีการทำวิจัยในอนาคตแก่ผู้ที่สนใจที่ต้องการจะดำเนินการทำวิจัยในด้านนี้ต่อไป