บทที่2
ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

ระบบผู้เชี่ยวชาญถูกนำมาใช้เพื่อทำงานที่ซับซ้อนมากๆ ด้วยการประยุกต์ใช้งานด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างคอมพิวเตอร์ให้ทำงานในการคิดและหาเหตุผลที่ต้องใช้ปัญญาอย่างมนุษย์ได้ โดยมีการวิจัยมาตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1950 งานวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องนี้ขึ้นอยู่กับภาษาที่ใช้ซึ่งจะนำมาใช้ในการหาเหตุผลจากการประมวลผลสัญญลักษณ์ได้ งานวิจัยที่มุ่งเน้นมาทางระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น เริ่มต้นเมื่อกลางทศวรรษที่ 1960 มีหลายระบบที่ได้ถูกพัฒนาในช่วงปี 1965 ถึง 1970 โดยส่วนใหญ่แล้วระบบจะมีขอบเขตที่ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่ แต่ในปัจจุบันระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ในหลายส่วนขององค์การต่างๆ ลักษณะงานที่ระบบผู้เชี่ยวชาญนำมาใช้ ได้แก่ การวินิจฉัย การวางแผน การออกแบบ การแปล การควบคุม การบอกสถานะ การคาดการณ์และการออกคำสั่งวรรค การพัฒนาระบบดังกล่าวจะสามารถทำให้เราไม่เพียงแต่มีระบบที่มีความสามารถเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังจะทำให้เครื่องสามารถมีความเข้าใจเกิดขึ้นได้ด้วย

2.1 ความหมาย

ระบบผู้เชี่ยวชาญ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้เช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ในสาขาใด สาขาหนึ่ง ที่รวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น และเก็บไว้เป็นระบบฐานความรู้ (knowledge-based system) ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบจะต้องจำลอง กระบวนการจากวิธีการหาเหตุผลของมนุษย์ เพื่อจะใช้ในการวินิจฉัยโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ สามารถให้คำปรึกษา แนะนำหรือแก้ไขปัญหาให้แก่ผู้ใช้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ เช่น MYCIN INTERNIST เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ MACSYMA เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ DENDRAL เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเคมี และ PROSPECTOR เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญในการสำรวจแหล่งแร่ เป็นต้น

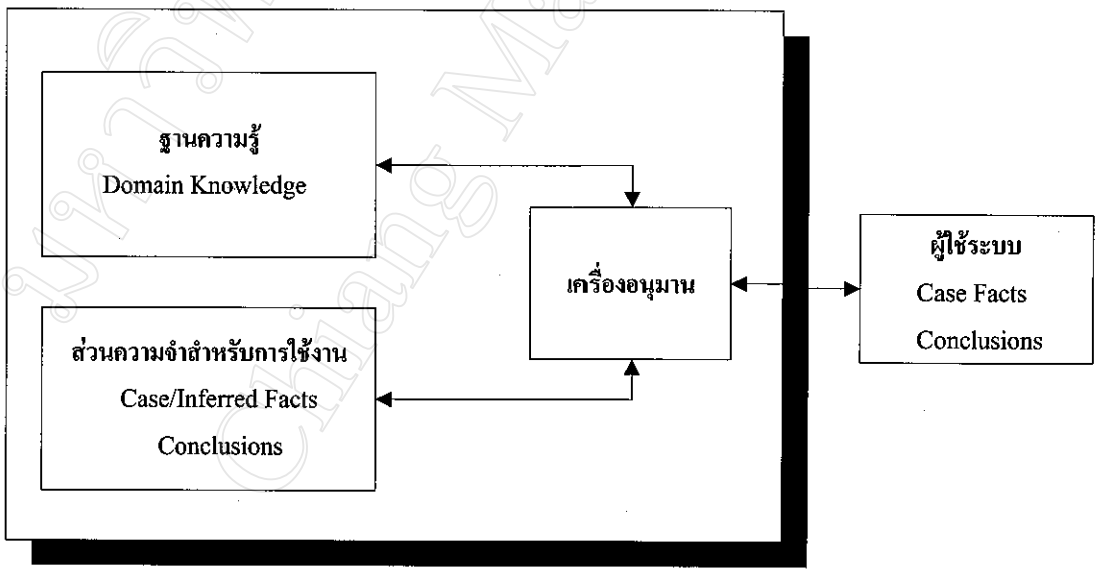
2.2. ลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญ

2.2.1 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ มีส่วนประกอบที่จำเป็นซึ่งถือเป็นหัวใจของระบบ ที่ขาดไม่ได้ 3 ส่วน ดังแสดงในรูป 2.1 คือ

1) ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่เก็บความรู้ในสาขาที่ต้องการ ซึ่งประกอบไปด้วยความจริงและกฎต่างๆ และมีลักษณะในการแก้ปัญหาเฉพาะ ด้านใดด้านหนึ่ง

2) เครื่องอนุมาน (Inference engine) เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการคิดหาเหตุผล โดยอาศัยความรู้ในฐานความรู้ มีขั้นตอนการแก้ปัญหาในลักษณะเดียวกับการแก้ปัญหาด้วยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- ส่วนอนุมาน (Inference) ใช้ในการหาความรู้ใหม่จากความจริงและกฎที่มีอยู่แล้ว
- ส่วนควบคุม (Control) ทำการควบคุมและจัดลำดับของการอนุมาน

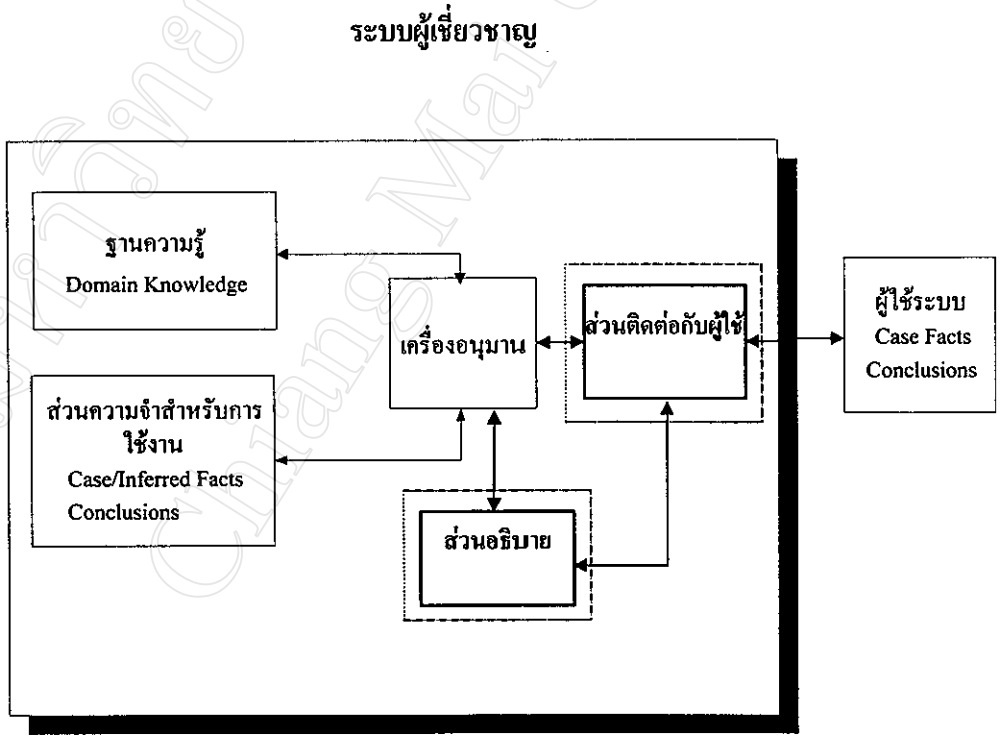


รูป 2.1 กระบวนการแก้ปัญหาโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

3) ส่วนความจำสำหรับการใช้งาน (Working memory) เป็นส่วนที่เก็บความจริงของปัญหาที่จะแก้ระหว่างที่มีการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้ใช้จะให้ข้อมูลความจริงแก่ระบบ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เป็นความรู้ในฐานความรู้ เพื่อให้ได้ความจริงที่เกิดขึ้นจากการเปรียบเทียบนั้นเก็บไว้ในส่วนนี้ ซึ่งจะได้ใช้ในการแก้ปัญหาของระบบต่อไปให้สำเร็จ

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกใช้งานโดยผู้ใช้ระบบ(User) ที่ต้องการขอคำปรึกษากับระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งระบบมักจะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ระบบโดยเพิ่มส่วนประกอบอีก 2 ส่วน ดังรูป 2.2 คือ

- **ส่วนอธิบาย (Explaination facility)** เป็นส่วนที่ช่วยอธิบายรายละเอียดของการอนุมานหรือการวินิจฉัยว่า ระบบมีคำถามที่ผู้ใช้ต้องตอบหรือให้ข้อมูลแก่ระบบนั้นๆทำไม และการได้มาซึ่งข้อสรุปหรือคำตอบได้มาได้อย่างไร
- **ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)** เป็นส่วนที่ใช้สื่อสารระหว่างระบบกับผู้ใช้ ให้ใช้ได้อย่างสะดวก สามารถป้อนปัญหาหรือเรียกใช้ได้ง่าย โดยการป้อนอยู่ในรูปแบบที่มนุษย์เข้าใจได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้



รูป 2.2 กระบวนการแก้ปัญหาโดยระบบผู้เชี่ยวชาญและส่วนอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

2.2.2 คุณลักษณะของระบบผู้เชี่ยวชาญ(Characteristics of an Expert System) มีดังต่อไปนี้

1) มีส่วนเก็บความรู้แยกออกจากส่วนควบคุมของเครื่องอนุมาน ทำให้ระบบง่ายต่อการแก้ไข เพิ่มเติมความรู้ต่าง ๆ
2) มีการรวบรวมความรู้เฉพาะสาขา และทักษะในการแก้ปัญหาของสาขานั้น ๆ ด้วย
3) ใช้ในขบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจ และการสรุปหาเหตุผลของผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านนั้น ๆ
4) สามารถให้คำอธิบายถึงเหตุผลต่าง ๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ของระบบ โดยขบวนการคิดหาเหตุผลที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับการคิดหาเหตุผลโดยมนุษย์ ซึ่งทำให้ผู้ใช้มีความเชื่อถือในระบบนั้น ๆ
5) มีการกำหนดขอบเขตในการแก้ปัญหาให้เหมาะสม คือไม่กว้างจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้ระบบสมบูรณ์ได้ยาก ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

2.2.3 เปรียบเทียบระหว่าง การเขียนโปรแกรมทั่วไป กับ วิศวกรรมความรู้ (Programming vs. Knowledge Engineering)

วิศวกรรมความรู้ เป็นขบวนการในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีโครงสร้างและการเรียนรู้จากความรู้ ซึ่งแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมทั่วไปที่มักสนใจในข้อมูลที่จะแก้ปัญหา แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญออกแบบมาเพื่อใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา โดยผลสุดท้ายจะเป็นที่เข้าใจได้เช่นเดียวกับการแก้ปัญหาตามธรรมชาติของมนุษย์

2.2.4 บุคคลที่สำคัญในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยบุคคลดังต่อไปนี้

1) **ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขา (Domain Expert)** เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหาเฉพาะสาขานั้น ๆ
2) **วิศวกรความรู้ (Knowledge Engineer)** เป็นผู้ออกแบบระบบ สร้างระบบ และทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ
3) **ผู้ใช้ระบบ (End-User)** เป็นผู้ที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะกำหนดความต้องการในการใช้ระบบ เกี่ยวกับขั้นตอนการใช้ระบบ วิธีการให้ข้อมูลแก่ระบบ การให้คำอธิบายของระบบ รูปแบบของการแสดงผลที่ต้องการจากระบบ วิธีช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการใช้ระบบ

2.3 ชนิดของความรู้ (Type of knowledge) ที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญมีดังต่อไปนี้

- **Procedural knowledge** เป็นความรู้ที่อธิบายได้ว่า ปัญหาแก้ได้อย่างไร
- **Declaration knowledge** เป็นความรู้ที่ใช้อธิบายถึงสิ่งที่เกี่ยวกับปัญหา ซึ่งรวมถึงประโยคง่ายๆที่มีค่าเป็นถูกหรือผิด และชุดของคำสั่งที่อธิบายละเอียดถึงวัตถุ(object) และแนวคิด(concept)
- **Meta-knowledge** เป็นความรู้ที่อธิบายความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวกับความรู้ต่าง ๆ
- **Heuristic knowledge** เป็นความรู้ที่อธิบาย a *rule-of-thumb* ซึ่งบอกถึงกระบวนการคิดหาเหตุผลที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่มีวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 1 ทางเลือก
- **Structural knowledge** เป็นความรู้ที่อธิบายโครงสร้างของปัญหา ซึ่งได้แก่โครงสร้างเกี่ยวกับแนวคิด ภายใต้แนวคิด(subconcepts) และวัตถุ

2.4 เทคนิคการแสดงความรู้ (Knowledge representation techniques)

การแสดงความรู้ คือ การที่วิศวกรความรู้นำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาแสดงลงในฐานความรู้เพื่อทำให้ระบบมีความรู้ โดยจะต้องพิจารณาเทคนิควิธีที่จะใช้ว่าเป็นโครงสร้างแบบไหน เพื่อให้ใช้เนื้อที่ที่แสดงลงในฐานความรู้น้อยที่สุด ให้ได้รายละเอียดมากที่สุด และเรียกความรู้มาใช้ได้เร็วที่สุด เทคนิคการแสดงความรู้มี 5 วิธี ดังนี้

1) แบบ O-A-V triplets (Object-attribute-value triplets)

2) กฎ (Rules)

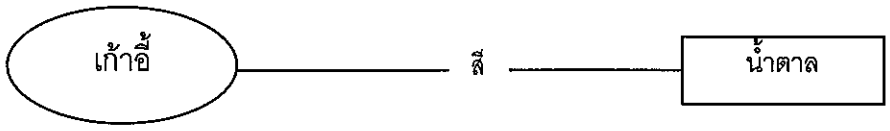
3) โครงข่ายความหมาย (Semantic networks)

4) กรอบ (Frames)

5) ตรรกวิทยา (Logic)

1) แบบ O-A-V triplets

ใช้ฐานความรู้ ที่มีการแทนค่าความรู้ ในรูปของวัตถุ ซึ่งมีกระบวนการ (procedure) เก็บไว้ โดยจะถูกกระตุ้นให้ทำงานเมื่อ ได้รับข่าวสารที่เหมาะสม ตัวอย่างดังรูป 2.3



วัตถุ **คุณลักษณะ** **ค่า**

รูป 2.3 แสดงตัวอย่างการแทนค่าความรู้แบบ O-A-V triplets

2) กฎ

เทคนิคการแสดงความรู้ด้วยกฎ ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย นีเวล (Newell) และไซมอน (Simon) แห่งมหาวิทยาลัย Carnegie-Mellon เมื่อปี 1967 และมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบการผลิต (production system) มีหลักเกณฑ์พื้นฐานง่าย ๆ โดยใช้รูปประโยค

IF... ส่วนเงื่อนไข(condition)...THEN...ส่วนผลสรุป(conclusion)...

ประโยคที่ตามหลัง IF คือการแสดงเงื่อนไข ประโยคที่ตามหลัง THEN คือการแสดงผลสรุป สำหรับกรณีที่มีกฎมากกว่าหนึ่งกฎ และสามารถรวมกันได้ จะนำมารวมกันได้โดยใช้ and หรือ or มาช่วยก็ได้

โครงสร้างทางลอจิกของการแสดงความรู้แบบกฎอาจจะมีเงื่อนไขหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น บรรจุอยู่ในส่วน IF และสิ่งที่เป็นผลสรุปหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น บรรจุอยู่ในส่วน THEN

โดยปกติแล้ว กฎหนึ่ง ๆ สามารถมีได้หลายเงื่อนไขที่เชื่อมกันด้วยประโยค and , or หรือร่วมกันทั้ง 2 อย่าง กฎสามารถมีประโยค ELSE ที่มีค่าเป็นจริง เมื่อเงื่อนไขในกฎหนึ่งตัวหรือมากกว่ามีค่าเป็นเท็จ

เมื่อในส่วนของ IF เปรียบเทียบตรงกันกับข้อมูลในส่วนความจำสำหรับใช้งาน ระบบจะสร้าง การกระทำขึ้นเฉพาะในส่วน THEN ของกฎเท่านั้น

การเก็บความรู้ในลักษณะนี้จะคล้ายกับการเก็บความรู้ในสมองคน กฎต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในความจำส่วนลึก (Long-term memory) ข้อมูลใหม่ซึ่งเก็บอยู่ในฐานข้อมูล หรือในส่วนความจำสำหรับใช้งานจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับกฎในความจำส่วนลึก และใช้กฎที่มีเงื่อนไขตรงกับข้อมูลใหม่นั้นในการตัดสินใจ

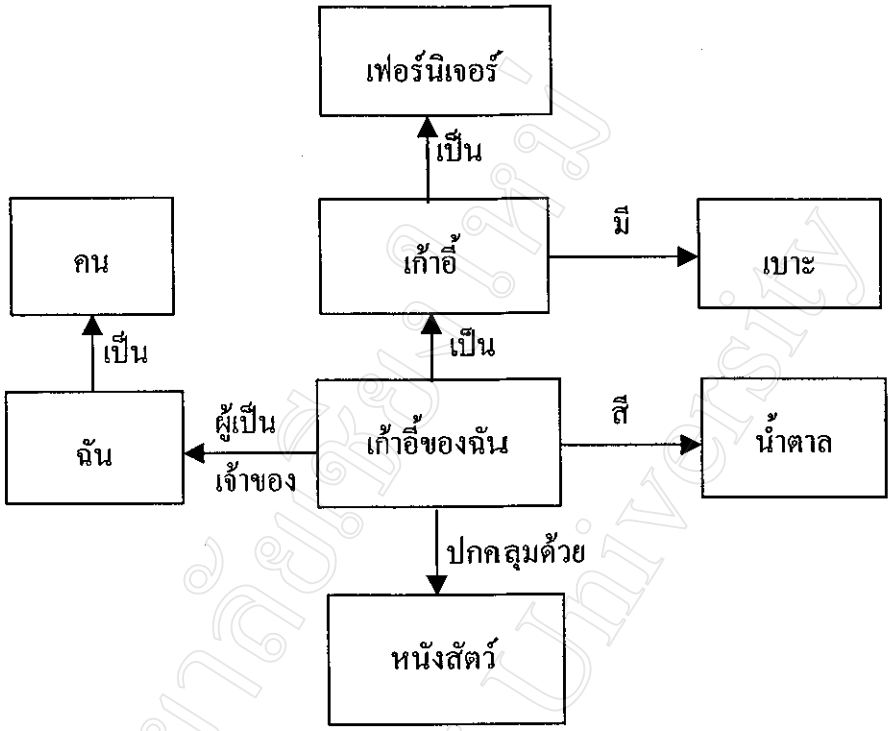
ตัวอย่างของกฎ:

ถ้าอากาศเย็น	ฝนจะตก
ถ้าสัตว์มีขน	แสดงว่าเป็นนก
ถ้าเป็นฤดูร้อน และ X จาม	แสดงว่า X เป็นโรคภูมิแพ้

การแทนค่าความรู้ในรูปกฎ IF...THEN...นี้ทำให้เพิ่มเติม และปรับปรุงได้ง่าย สามารถเข้าใจความรู้ที่เก็บได้ง่าย จึงเป็นลักษณะของการแทนความรู้ที่ใช้กันมากในระบบผู้เชี่ยวชาญ

3) โครงข่ายความหมาย

เป็นการแทนความรู้ในรูปข่ายงาน (network) ข้อมูลในโครงข่ายความหมายจะแทนด้วยโหนด แต่ละโหนดโยงกันด้วยลูกศรพร้อมชื่อกำกับ (labeled arc) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดเหล่านั้น ตัวอย่างดังรูป 2.4



รูป 2.4 ตัวอย่างการแสดงความสัมพันธ์ของการแทนความรู้แบบโครงข่ายความหมาย

4) กรอบ

เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ใช้แทนสิ่งที่เป็นต้นแบบ ได้แก่ สถานการณ์ สิ่งของ เหตุการณ์ บุคคล สถานที่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการใช้กรอบ หรือกรณีที่ข้อมูลที่ต้องการไม่มี จะให้ทำอย่างไร

การเก็บความรู้ในรูปกรอบปกติจะประกอบด้วย ชื่อกรอบคือชื่อของสิ่งของที่แทน ชื่อสล็อต (slot) และค่าของสล็อต ชื่อสล็อตก็คือชื่อของคุณสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งของ และค่าของสล็อตก็คือค่าของคุณสมบัติของสิ่งของที่แทนนั่นเอง

ตัวอย่างกรอบ เช่น

ชื่อกรอบ : สมชาย

เพศ : ชาย

ส่วนสูง : 170

น้ำหนัก : 58

งานอดิเรก : แบดมินตัน

5) ตรรกวิทยา

เป็นรูปแบบของการแสดงความรู้ที่เก่าแก่ที่สุดที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ อาศัยหลักการทางภาษาศาสตร์ ทำให้เป็นประโยคทางตรรกศาสตร์ที่เรียกว่า ประพจน์ (preposition) และประโยคตรรกศาสตร์นี้จะถูกวิเคราะห์ออกเป็น เทอม หรือนามานุประโยค(noun phrase) และเพรดิเคต หรือกริยานุประโยค(verb phrase) เช่น

All humans are mortal

จะต้องอาศัยตัวบ่งปริมาณและตัวแปร

'For all X ,if X is human ,then X is mortal.'

และ เขียนเป็นประโยคตรรกศาสตร์ได้ดังนี้

$\forall x$ human (x) - - - > mortal (x)

การแสดงความรู้และการอนุมานเป็นสิ่งที่เกี่ยวพันกัน ในส่วนนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญทั่วไปจะออกแบบมาให้เป็นระบบที่มีเฉพาะเครื่องอนุมาน โดยเว้นความรู้เอาไว้ให้ผู้ใช้พัฒนาต่อเอง และเรียกแบบระบบนี้ว่า เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นสามารถใช้กับงานได้หลายอย่าง ตามแต่วิศวกรความรู้จะใส่ความรู้อะไรเข้าไป

2.5 เทคนิคของการอนุมาน

การอนุมาน คือ กระบวนการในการค้นหาความจริง จากความจริงที่มีอยู่แล้วในคลังความรู้หรือความจริงที่สามารถหาได้จากผู้ใช้ ในการอนุมานของระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นต้องอาศัยเครื่องอนุมาน ซึ่งเป็นส่วนของโปรแกรมในระบบ มีหน้าที่หลักคือ การกำหนดทิศทางในการหาเหตุผลและการหาเหตุผลโดยมีหน่วยควบคุม เป็นผู้ทำหน้าที่โดยตรง

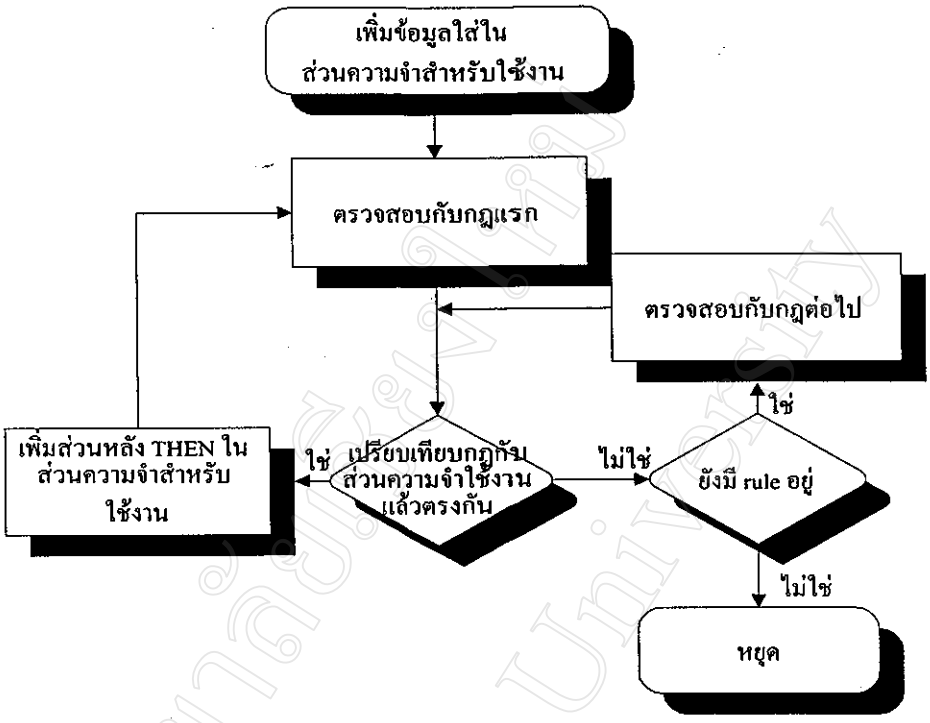
การหาเหตุผลของเครื่องอนุมาน สามารถแบ่งออกเป็นเทคนิคของการอนุมานชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 แบบ คือ

1) การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward chaining)

2) การอนุมานแบบย้อนหลัง (Backward chaining)

2.5.1 การอนุมานแบบเดินหน้า

การอนุมานแบบเดินหน้าเป็นการอนุมานความจริงที่มีอยู่ หรือ เป็นการหาเหตุผลจากข้อมูลหรือความจริงที่มีอยู่ เพื่อไปสู่ผลสรุปคือเป้าหมายหลัก (goal) ดังรูป 2.5



รูป 2.5 กระบวนการอนุมานแบบเดินหน้า

กลวิธีของการอนุมานเริ่มที่เซ็ตของความจริงที่รู้ ทำให้เกิดความจริงใหม่ที่ได้จากการใช้กฎ ซึ่งมีการเปรียบเทียบความจริงที่รู้ ให้ตรงกันกับเงื่อนไขซึ่งอยู่ในส่วน IF และทำวิธีการนี้เพื่อเปรียบเทียบจนกระทั่งถึงสถานะเป้าหมาย หรือเมื่อไม่พบตัวที่เปรียบเทียบ แล้วตรงกันกับความจริงที่รู้ หรือความจริงที่เกิดใหม่ จากกฎที่ผ่านการเปรียบเทียบมาแล้ว

ตัวอย่างเช่น แพทย์จะเริ่มวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย โดยเริ่มจากการถามอาการของผู้ป่วยก่อน ซึ่งได้แก่ เจ็บคอ,มีไข้ ,ไอ หรือไม่ แล้วแพทย์จะใช้ข้อมูลเหล่านี้คิดหาเหตุผล เพื่อหาข้อสรุป หรือสร้างสมมติฐาน เพื่อการวินิจฉัยแยกโรคต่อไป

ตัวอย่างการอนุมานแบบเดินหน้า ดังรูป 2.6

สมมติว่าผู้ป่วยมาพบแพทย์และบอกถึงอาการที่ไม่สบายต่าง ๆ งานของแพทย์ก็คือ ตัดสินใจว่ามีอะไรผิดปกติเกิดขึ้นกับผู้ป่วย โดยใช้ความรู้ทางการแพทย์วินิจฉัยโรค จากอาการที่ผู้ป่วยเป็นจริง ๆ

ตัวอย่างนี้ เราต้องการขั้นตอนการตรวจวินิจฉัย ในรูปแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบกฎ ที่ใช้วิธีการอนุมานแบบเดินหน้า เพื่อให้เป็นตัวอย่างที่ง่าย เราจะจำกัดขอบเขตการวินิจฉัย ปัญหาการติดเชื้อเสตรปที่คอ โดยมีกฎของระบบดังนี้

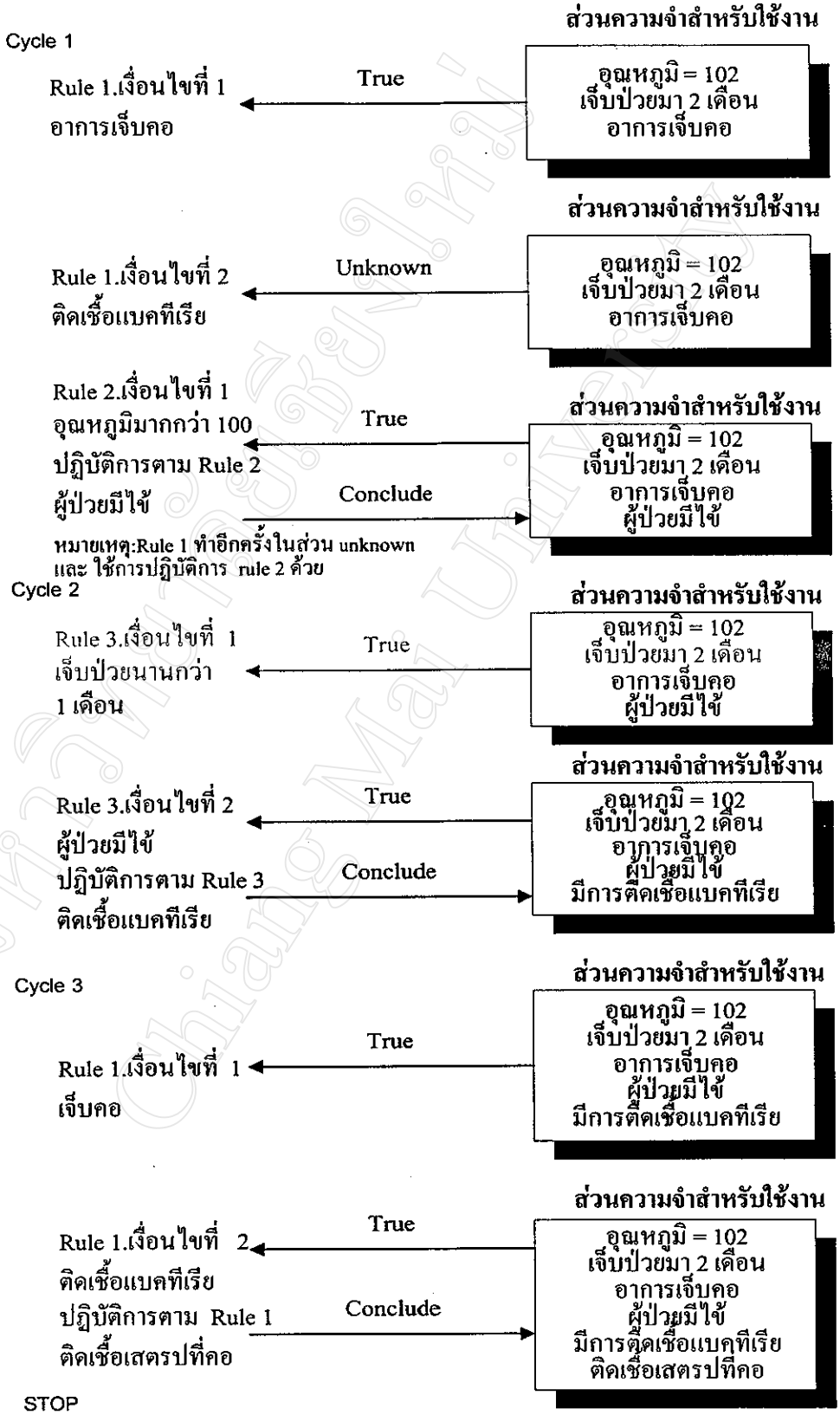
Rule 1 IF ผู้ป่วยมีอาการเจ็บคอ (sore throat)
AND เราสงสัยว่าเกิดการติดเชื้อแบคทีเรีย
THEN เราเชื่อว่าผู้ป่วยมีการติดเชื้อเสตรปที่คอ (strep throat)

Rule 2 IF อุณหภูมิร่างกายผู้ป่วยมากกว่า 100 องศาเซนเซียส
THEN ผู้ป่วยมีไข้

Rule 3 IF ผู้ป่วยมีอาการเจ็บป่วยมามากกว่า 1 เดือน
AND ผู้ป่วยมีไข้
THEN เราสงสัยว่าเกิดการติดเชื้อแบคทีเรีย

โดยเรานำความจริงจากผู้ป่วยใส่ลงในส่วนความจำสำหรับการใช้งาน ดังนี้

อุณหภูมิร่างกายของผู้ป่วย เท่ากับ 102 องศาเซนเซียส
ผู้ป่วยมีอาการเจ็บป่วย มานาน 2 เดือน
ผู้ป่วยมีอาการเจ็บคอ



ภาพ 2.6 ตัวอย่างกระบวนการอนุมานแบบเดินหน้า

การอนุมานแบบเดินหน้าเป็นเทคนิคที่ดี ถ้าปัญหาเริ่มที่มีข้อมูลนำไปสู่การหาผลสรุป ในปัญหาแบบอื่นเราเริ่มที่สมมติฐานและพยายามพิสูจน์ด้วยข้อมูลสนับสนุน ตัวอย่างเช่น แพทย์สงสัยในปัญหาของผู้ป่วยแล้วพยายามพิสูจน์โดยค้นหาจากอาการต่าง ๆ ที่พบในผู้ป่วย วิธีการหาเหตุผลแบบนี้ในระบบผู้เชี่ยวชาญใช้ การค้นหาแบบเริ่มจากเป้าหมายหลัก หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **การอนุมานแบบย้อนหลัง**

2.5.2 การอนุมานแบบย้อนหลัง

การอนุมานแบบย้อนหลังเป็นการอนุมานที่เริ่มจากเป้าหมายหลัก แล้วหาผลของเป้าหมายนั้น การอนุมานแบบนี้จะทำการพิสูจน์สมมติฐานโดยดูจากข้อมูลสนับสนุน ระบบจะตรวจสอบส่วนที่เป็นเงื่อนไขที่ไม่มีในส่วนความจำใช้งาน ของกฎที่มีเป้าหมายหลักในส่วนผลสรุป(goal rule) ซึ่งเงื่อนไขนั้นจะเป็นเป้าหมายอันใหม่หรือเป้าหมายรอง(subgoal)ในการพิสูจน์ และจะกระทำจนพบส่วนเงื่อนไขที่ไม่สนับสนุนกฎใด ๆ เลย ซึ่งเรียกว่า **พริมิทีฟ (primitive)** เมื่อระบบพบตัวพริมิทีฟระบบจะพยายามหาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวมัน แล้วระบบจะใช้ข้อมูลนั้นในการพิสูจน์ทั้งเป้าหมายรอง และ เป้าหมายหลัก การอนุมานแบบย้อนหลังนี้ คล้ายกับวิธีทดสอบสมมติฐานในวิธีการแก้ปัญหาโดยมนุษย์

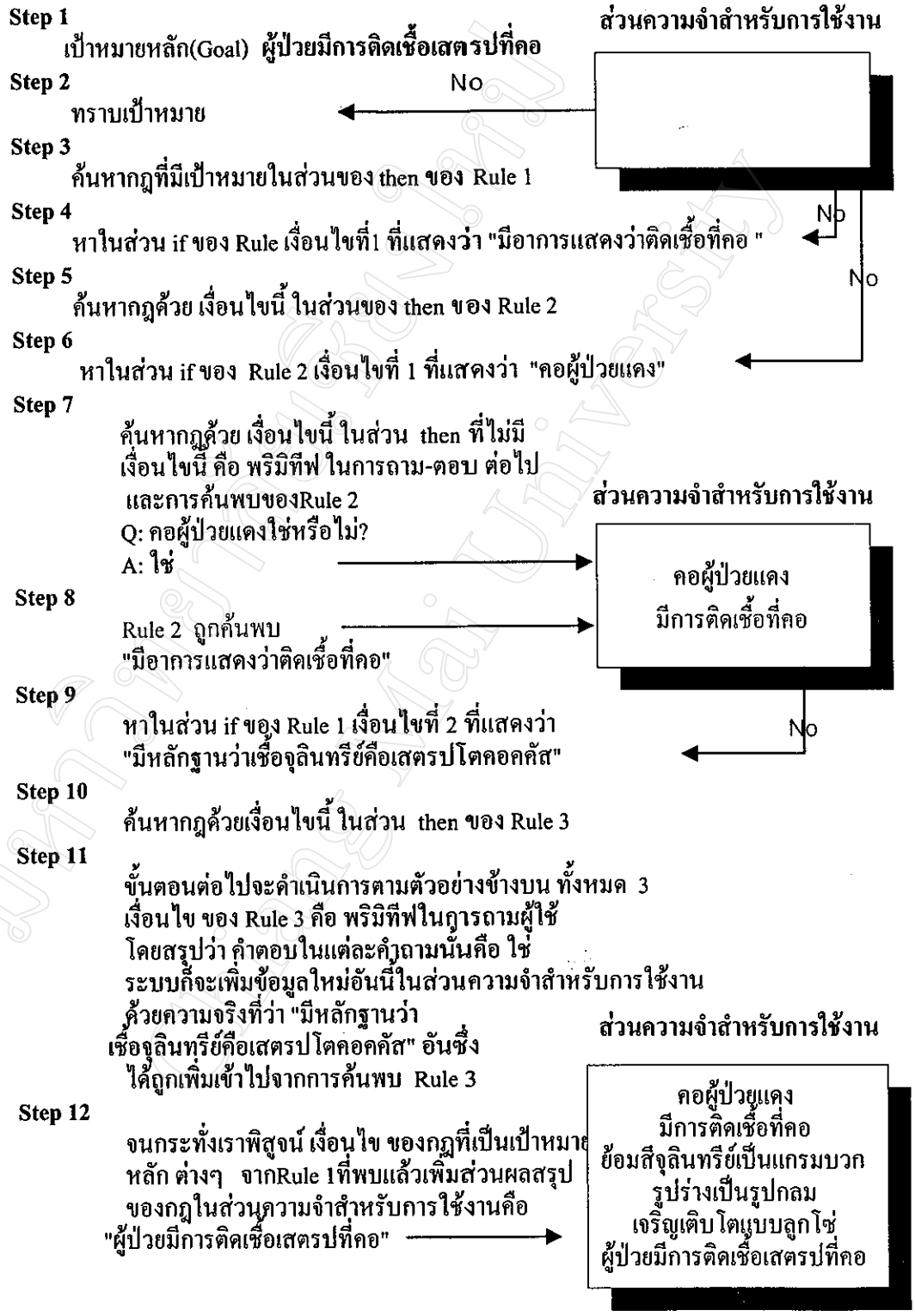
ตัวอย่างการอนุมานแบบย้อนหลัง ดังรูป 2.5

สมมติว่าผู้ป่วยมาพบแพทย์ และแพทย์เชื่อว่า ผู้ป่วยมีการติดเชื้อเสตรปที่คอ สิ่งที่แพทย์จะปฏิบัติคือพิสูจน์ความเชื่อนั้น มีกฎสำหรับระบบนี้อย่างง่าย ๆ ดังนี้ :

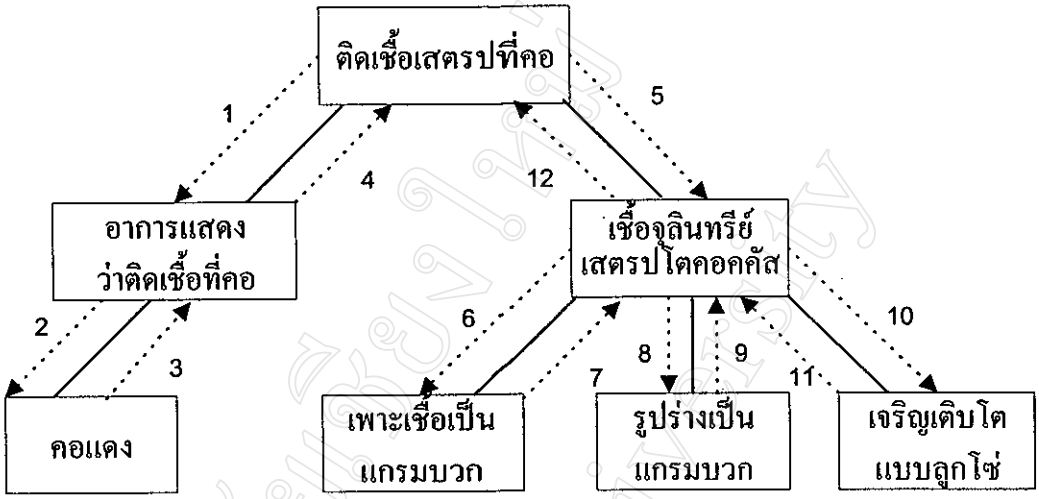
Rule 1 IF มีอาการแสดงว่าติดเชื้อที่คอ
AND มีหลักฐานว่าเชื้อจุลินทรีย์คือเสตรปโตคอคคัส (streptococcus)
THEN ผู้ป่วยมีการติดเชื้อเสตรปที่คอ

Rule 2 IF คอผู้ป่วยแดง
THEN มีอาการแสดงว่าคอมีการติดเชื้อ

Rule 3 IF การเพาะเชื้อผลเป็นแกรมบวก (grampos)
AND ลักษณะจุลินทรีย์มีรูปร่างกลม (coccus)
AND การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เป็นลูกโซ่ (chains)
THEN มีหลักฐานว่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นเชื้อเสตรปโตรคอคคัส (streptococcus)



รูป 2.7 ตัวอย่างกระบวนการอนุมานแบบย้อนหลัง



รูป 2.8 ตัวอย่างการค้นหาโดยใช้กระบวนการอนุมานแบบย้อนหลัง

ในการพิสูจน์เป้าหมายที่ว่า "ผู้ป่วยมีการติดเชื้อเสตรปที่คอ" นั้น กระบวนการอนุมานแบบย้อนหลังจะเริ่มที่เป้าหมายหลักที่อยู่ใน Rule 1 แล้วตรวจสอบส่วนเงื่อนไขของ Rule 2 เพื่อพิสูจน์และตรวจสอบส่วนเงื่อนไขของ Rule 3 โดยจะทำการค้นหาทั้ง 12 -ขั้นตอน จากรูป 2.7 ด้วยวิธีการค้นหาดังรูป 2.8

ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นไม่ว่าจะใช้การอนุมานแบบใดอาจพบว่ากฎที่จะเลือกขึ้นมาปฏิบัติมีหลายกฎ ดังนั้นระบบจะต้องมีวิธีการที่จะเลือกกฎที่เหมาะสมมาปฏิบัติทีละกฎ โดยมักจะใช้วิธีการที่เรียกว่า **การไกล่เกลี่ยความขัดแย้ง(Conflict Resolution)** เพื่อแก้ปัญหานี้ วิธีการนี้เป็นการทำการคัดเลือกกฎที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ไปทำการประมวลผล ใช้ในกรณีที่มีกฎหลายข้อ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วตรงกัน(matching) โดยจะมีการเลือกกฎที่เหมาะสมมาหนึ่งกฎ และนำกฎที่ได้ไปปฏิบัติงาน ยุทธวิธีในการเลือกกฎที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) **การรู้จำ(Recognize)** เปรียบเทียบระหว่างเงื่อนไขของทุกกฎกับชุดของความจริง ในส่วนความจำสำหรับใช้งานเฉพาะกฎที่พบว่าตรงกันทุกกฎออกมา
2) **การแก้ปัญหา(Resolve)** ถ้ามีกฎที่พบว่าตรงกันจากการเปรียบเทียบ มากกว่าหนึ่งกฎให้ใช้กลวิธีอื่น ๆ ด้วย
3) **การกระทำ(Act)** กฎที่ถูกค้นพบว่าตรงกันกับการเปรียบเทียบแล้ว ก็จะมีการเพิ่มส่วนสรุปของกฎไว้ที่ส่วนความจำสำหรับการใช้งาน

กลวิธีที่นำมาใช้สำหรับการไกล่เกลี่ยความขัดแย้ง มีดังนี้

1) กฎแรกที่เปรียบเทียบกับเนื้อหาแล้วตรงกัน
2) คัดเลือกกฎที่มีลำดับความสำคัญสูงสุด
3) กฎที่มีความเหมาะสมมากที่สุด
4) กฎที่อ้างถึงข้อมูลตัวล่าสุดที่ได้เพิ่มเข้าไว้ใน ส่วนความจำสำหรับการใช้งาน
5) ไม่ค้นหากฎที่ได้เคยพบจากการค้นหาที่ผ่านมาแล้ว
6) ค้นหาทุกกฎด้วยการแยกจากขบวนการคิดหาเหตุผล

2.6 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

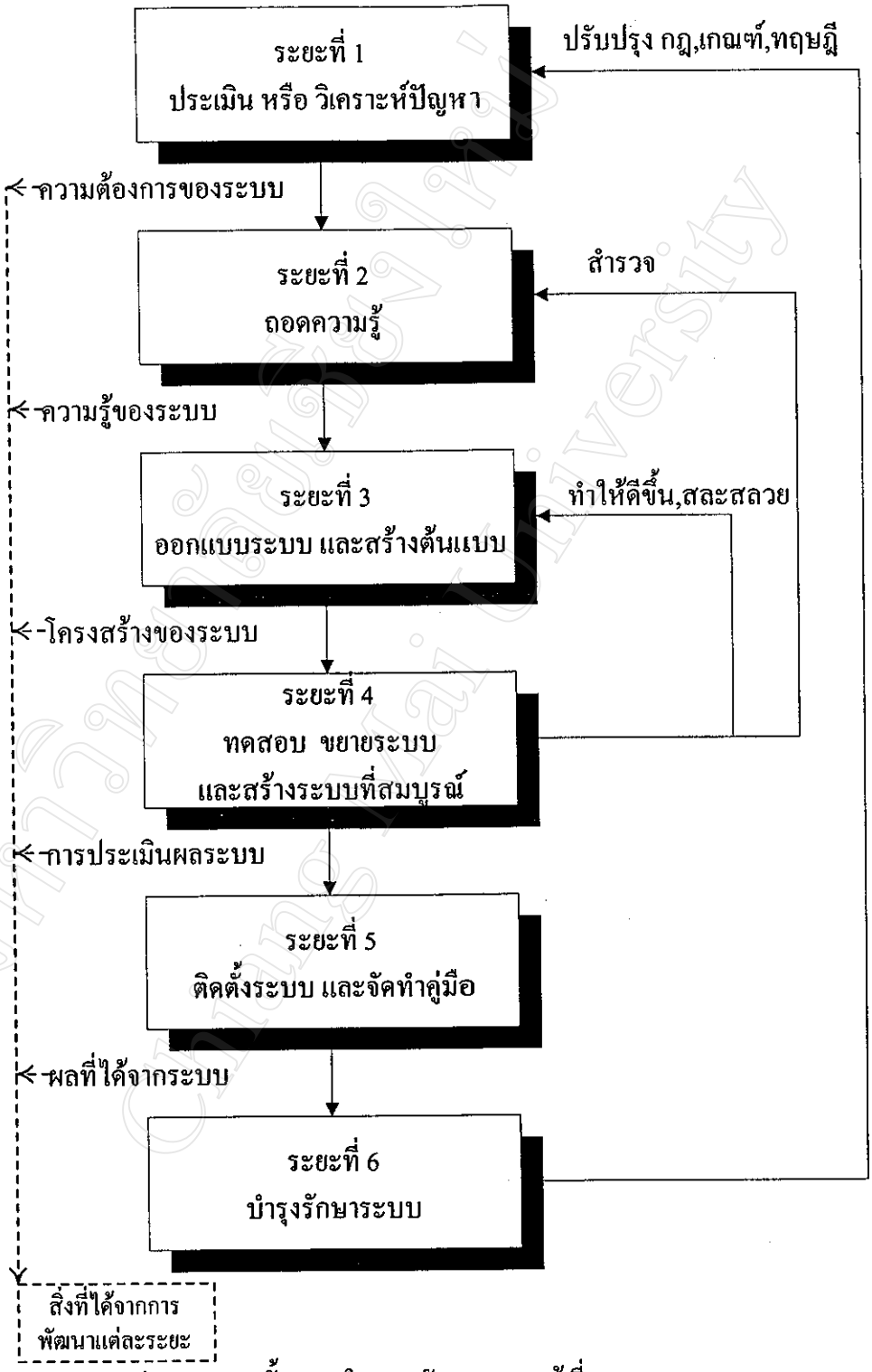
การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรรมความรู้ คือการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถให้คำปรึกษาได้เช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีบทบาทในการพัฒนาระบบ คือ วิศวกรความรู้และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะต้องประสานงานกันเพื่อพัฒนาระบบ ขั้นตอนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ (ดังรูป 2.9) มี 6 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ประเมิน หรือวิเคราะห์ปัญหา คือ ต้องทำความเข้าใจเบื้องต้น กับปัญหาเหล่านั้น สิ่งที่สำคัญที่ต้องทราบเกี่ยวกับความรู้ คือ ต้องรู้ถึงลำดับของเนื้อหา และขบวนการของการแก้ปัญหา ซึ่งระบบจะเกิดไม่ได้ถ้าไม่มีผู้เชี่ยวชาญ สิ่งที่ต้องทำในระยะนี้ ได้แก่

งานที่ 1: สร้างแรงจูงใจในการพัฒนาระบบ
งานที่ 2: แจกแจงหลักฐานเกี่ยวกับปัญหาที่น่าจะพัฒนาระบบ
งานที่ 3: ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ
งานที่ 4: วิเคราะห์ความคุ้มทุน ในการพัฒนาระบบ
งานที่ 5: คัดเลือกโครงการในการพัฒนาระบบที่ดีที่สุด
งานที่ 6: เขียนโครงร่างของโครงการเพื่อนำเสนอ

ระยะที่ 2 ถอดความรู้ คือ การจำแนกปัญหาเพื่อนำมาใส่ฐานความรู้ ผู้จำแนกปัญหาต้องมีความรู้ทางด้านนั้นอย่างดี และสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ มีลักษณะการทำงานพอที่จะสรุปได้ดังนี้

1) การมีความรู้และความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง เป็นปัญหาพื้นฐานสำหรับการพัฒนา ระบบความรู้



รูป 2.9 แสดงขั้นตอนในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ 6 ระยะ

2) การจัดขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา ผู้เชี่ยวชาญต้องเข้าใจว่ากระบวนการของการแก้ปัญหาทั้งหมดเป็นอย่างไร มีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา มีการจัดลำดับขั้นตอนและกำหนดวิธีแก้ปัญหา โดยการจัดขั้นตอนในการแก้ปัญหา อาจใช้ตารางหรืออาจใช้วิธีการจัดความรู้ในรูปแบบของต้นไม้ (tree)

องค์ประกอบของโครงสร้างแบบต้นไม้ จะประกอบด้วยโหนดและอาร์ก สำหรับโหนดจะแทนความหมายที่แสดงในฐานความรู้ และอาร์กจะเป็นส่วนที่เชื่อมความสัมพันธ์ของโหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างโหนด จะกำหนดให้โหนดตัวที่อยู่ในระดับที่สูงกว่าเป็นแอตทริบิวต์ของโหนดล่าง และโหนดล่างจะเป็นค่าของโหนดบน โดยมีอาร์กเชื่อมความสัมพันธ์ของโหนดที่เป็นแอตทริบิวต์ และค่าเข้าด้วยกัน ซึ่งจะกำหนดค่าของความสัมพันธ์ ให้กับอาร์กหรือไม่ก็ได้

3) การถามคำถามเพื่อเป็นข้อมูลว่าคำตอบจะเป็นเช่นไรต่อปัญหาเฉพาะหนึ่ง ๆ ระบบความรู้จะต้องมีคำถามเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ ในการที่จะจำแนกลักษณะเฉพาะของปัญหา เพื่อให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหานั้นได้อย่างถูกต้อง การตั้งคำถามนั้นต้องง่ายต่อการทำความเข้าใจคำถามของผู้ใช้ และทำให้ผู้ใช้สามารถตอบคำถามได้อย่างตรงประเด็น

4) การให้คำปรึกษาจะต้องเป็นลักษณะที่เข้าใจ และสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย การตั้งคำถามจะต้องชัดเจน ให้ผู้ใช้สามารถตอบคำถามได้อย่างตรงประเด็น

ระยะที่ 3 ออกแบบระบบ และสร้างต้นแบบ

การออกแบบระบบควรเริ่มต้นจากกระดาษ เขียนแนวความคิดของความรู้ทั้งหมดที่เราจะสร้าง โดยเริ่มจาก

- **เป้าหมาย** เราจะต้องมีเป้าหมายที่เด่นชัด คือจุดหมายปลายทางของระบบนี้จะเป็น เช่นไร ซึ่งก็คือคำตอบของปัญหานั่นเอง โดยอาจจะมีหลาย ๆ คำตอบที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้เลือกให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของปัญหา
- **กำหนดแผนภาพการไหล (flow diagram) ของปัญหาทั้งหมด** ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการแสดงความรู้ ต้องจัดลำดับขั้นตอนที่จำเป็นออกมา

งานที่ต้องทำในระยะนี้มีดังนี้

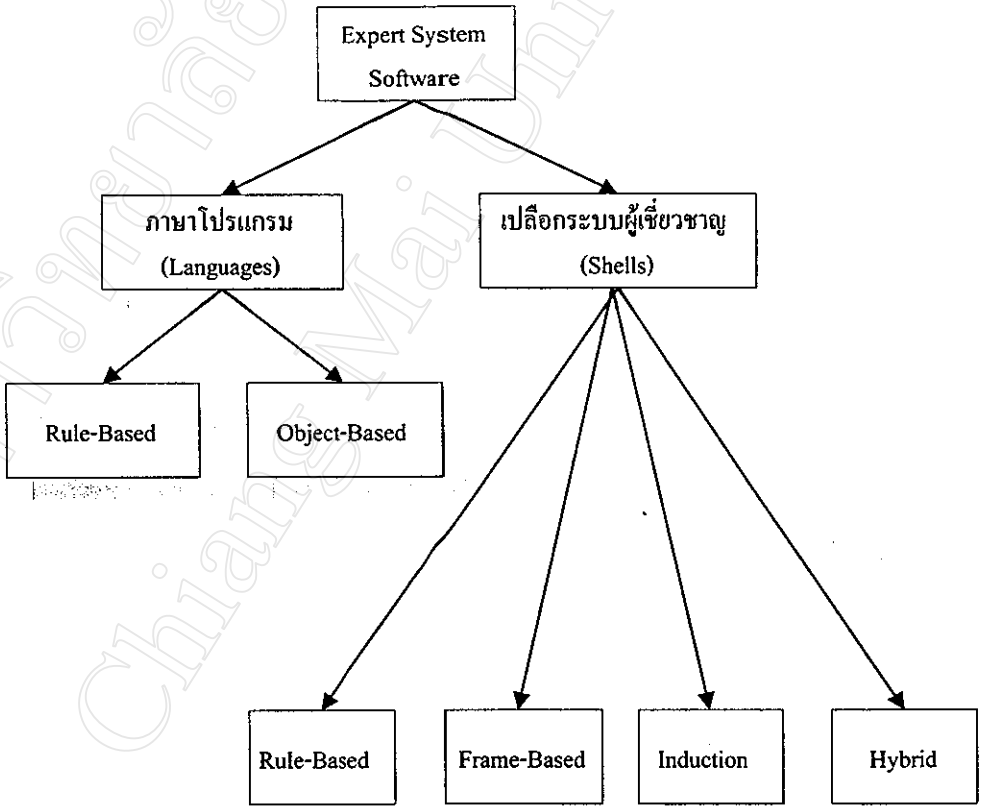
งานที่ 1 : เลือกเทคนิค วิธีการในการแสดงความรู้

งานที่ 2 : เลือกเทคนิคในการควบคุม หรือการอนุมาน

งานที่3 : เลือกเครื่องมือ ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

เครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ (ดังรูป 2.10) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) **ภาษาโปรแกรม** (Programming Language) มีทั้งภาษาที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน โดยเฉพาะ ซึ่งมีกลไกการวินิจฉัย และทำให้การถ่ายทอดความรู้จากฐานความรู้ทำได้ง่ายขึ้น ได้แก่ LISP และ PROLOG นอกจากนั้นอาจใช้ภาษาคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เช่น C, Pascal, Fortran, Smalltalk และ BASIC เป็นต้น ข้อดีในการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ คือ สามารถยืดหยุ่น และสร้างได้ในรูปแบบที่ต้องการ



รูป 2.10 ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

2) **เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ** ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโครงสร้างในการแสดงความรู้ ที่ถูกกำหนดขึ้น โดยที่ฐานความรู้ยังไม่มีอะไรอยู่เลย ดังนั้นเมื่อจะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบ จึงจำเป็นจะต้องให้ผู้ใช้ในแต่ละสาขา ใส่ความรู้เฉพาะสาขา หรือกฎที่เหมาะสมกับปัญหาเข้าไป และมีส่วนที่อำนวยความสะดวกอื่น ๆ ไว้ให้ ได้แก่ เครื่องอนุมาน ส่วนอธิบาย และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ทำให้สามารถพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสีย คือ ไม่มีความยืดหยุ่น เนื่องจากมีการกำหนดโครงสร้าง การแสดงความรู้ และกลไกการอนุมานไว้

การเลือกเครื่องมือและทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของการแก้ปัญหา

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบความรู้ จำเป็นต้องเลือกให้เหมาะกับงานที่จะทำ ในขณะที่ทำขั้นตอนนี้จะพยายามเปรียบเทียบกับรูปแบบของปัญหา โดยจะต้องมีการพิจารณาถึงความสามารถในการใช้ทรัพยากรและทักษะของการใช้โปรแกรมด้วย

สิ่งที่ควรพิจารณา ในการเลือกเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้

- ค่าใช้จ่าย
- เครื่องมือและอุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ต้องใช้
- ใบอนุญาตลิขสิทธิ์
- การบริการและการอบรม
- การสร้างส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ ได้แก่
  - ความรู้ในการเขียนโปรแกรม
  - การให้เหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอน
  - เซ็ตของกฎ
  - การเข้าถึงโปรแกรมจากภายนอก
  - ส่วนอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบความผิดพลาดของการเขียนโปรแกรม
- ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ระบบ ได้แก่
  - คำถาม
  - คำอธิบาย
  - การแสดงกราฟฟิค
  - ไฮเปอร์เท็กซ์(hypertext)

งานที่ 4 : สร้างต้นแบบ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้

การสร้างต้นแบบนั้นจำเป็นจะต้องมีการแสดงความรู้เฉพาะตอนขึ้นมา โดยการจำกัดโดเมน (domain) ซึ่งหมายถึง ขอบเขตของการให้คำปรึกษา ของความรู้ให้แคบลง ในการสร้างระบบต้นแบบนั้น มีจุดประสงค์ เพื่อหาความเป็นไปได้ของการสร้างระบบ และหาหนทางในการแก้ปัญหาก่อนที่จะสร้างระบบจริง

ในส่วนของปัญหาจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องพิจารณาถึงโดเมน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- เวลาที่ใช้ในการให้คำปรึกษาทั้งหมดไม่ควรเกิน 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มการถามตอบคำถามจนถึงคำแนะนำขั้นสุดท้าย
- ความเป็นไปได้ของคำถามที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องเลือกไม่ควรเกิน 50 ชุด หมายความว่าคำตอบที่ระบบผู้เชี่ยวชาญ จะสามารถเลือกมาตอบจากฐานความรู้ ซึ่งจะเป็นความรู้ที่ระบบผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ใช้

การสร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งต้องทำไปพร้อม ๆกับการสร้างต้นแบบ นั้นมีหลักสำคัญในการจัดทำ เพื่อให้มีประสิทธิภาพ 3 ประการ คือ ความคงที่(consistency) ความชัดเจน(clarity) และ การควบคุม(control)ให้ใช้ได้ตามจุดมุ่งหมายของระบบ

ระยะที่ 4 ทดสอบระบบและสร้างระบบที่สมบูรณ์

ทำการขยายระบบโดยการ นำต้นแบบที่แน่ใจว่าถูกต้องแล้วมาทำการเพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆ จนกระทั่งเป็นระบบที่สมบูรณ์ตามที่มีการวางแผนไว้ โดยการเติมความรู้ในส่วนที่ยังขาดอยู่ ต้องตกแต่งระบบให้ดูประณีต และเพิ่มส่วนที่ใช้ในการอธิบายส่วนต่าง ๆ ประเมินผล ถ้าระบบที่ขยายขึ้นมามีอะไรต้องแก้ไขก็จะต้องกลับไปสร้างระบบที่สมบูรณ์ใหม่ แล้วทำการประเมินผลใหม่จนกระทั่งได้ผลเป็นที่พอใจ ในการประเมินผลจะต้องทำการทดสอบระบบดังต่อไปนี้

1) การทดสอบขั้นต้น
2) การทดสอบด้วยการสาธิต
3) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
4) การทดสอบและปรับปรุงให้สมบูรณ์
5) การทดสอบตามรูปแบบการทำงานจริง
6) การทดสอบโดยนำระบบไปปฏิบัติงานจริง

ระยะที่ 5 ติดตั้งระบบและจัดทำคู่มือ

ในการนำระบบไปติดตั้งเพื่อนำไปใช้จริงจะต้องจัดทำเอกสารและคู่มือ ดังนี้

1) ความรู้และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของความรู้ที่ใช้ในระบบ
2) ชุดคำสั่ง(Source code) ที่แสดงถึงรายละเอียดคำสั่งที่เขียนเป็นโปรแกรม

3) วิธีการและผลการทดสอบระบบ

4) รายงานเกี่ยวกับระบบ ได้แก่ ภาพรวมของการพัฒนาระบบที่แสดงถึง ผู้จัดทำ วันที่ผลิต สิ่งที่ผลิต เหตุผลในการผลิต ทรัพยากรที่ใช้ แหล่งที่มาของข้อมูลรวมทั้งการสนับสนุนต่างๆ แสดงผลของประสิทธิภาพระบบและการยอมรับในการใช้ระบบ ข้อเสนอแนะสำหรับระบบในอนาคต และคำอธิบายของการใช้โปรแกรม

ระยะที่ 6 การบำรุงรักษาระบบ

เมื่อได้ระบบที่พอใจแล้วทำการติดตั้งระบบก็จะต้องวางแผนการบำรุงรักษาด้วย เพื่อทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้สามารถใช้ได้ให้ทันสมัยอยู่เสมอ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University