บทที่ 3

โครงระบบเชี่ยวชาญที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงโครงระบบเชี่ยวชาญระบบต่าง ๆ ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันจำนวน 15 ระบบด้วยกัน ซึ่งจะแบ่งเป็นโครงระบบเชี่ยวชาญขนาดเล็ก 5 ระบบ โครงระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่ 5 ระบบ และโครงระบบเชี่ยวชาญลูกผสมขนาดใหญ่ 5 ระบบ โดยจะกล่าวถึงวิธีการที่แต่ละระบบใช้ในองค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลเฉพาะอื่น ๆ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ หน่วยความจำต่ำสุดที่ต้องการ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนา บริษัทผู้ผลิต และราคา เป็นต้น ในตอนท้ายบทจะเป็นการเปรียบเทียบโครงระบบเชี่ยวชาญต่าง ๆ เหล่านี้ โดยใช้ตารางแยกแยะคุณสมบัติและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของแต่ละโครงระบบเชี่ยวชาญได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

โครงระบบเชี่ยวชาญขนาดเล็ก

โครงระบบเชี่ยวชาญขนาดเล็กนี้ เป็นเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้พัฒนาระบบเชี่ยวชาญที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และมีกฎความรู้ประมาณ 400 กฎ โครงระบบเชี่ยวชาญที่จัดอยู่ในจำพวกนี้ได้แก่ (2) (5) (8) (18)

- ES/P Advisor
- Expert-Ease
- INSIGHT 2
- M.1
- Personal Consultant

1. ES/P Advisor

ES/P ย่อมาจากคำว่า Expert System/Prolog เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญของบริษัท Expert System International (England) ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานประเภทที่ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ถูกกำหนดเอา

ไว้อย่างดีแล้วในรูปของคำสั่ง กฎข้อบังคับ หรือ ขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน การแทนค่าความรู้ประเภทนี้ลงในฐานความรู้ของ ES/P Advisor จึงเป็นเรื่องง่าย ตัวอย่างงานที่ได้นำเอา ES/P Advisor ไปใช้เช่นงานภาษีและสวัสดิการสังคม ขั้นตอนการปฏิบัติงานภายในสำนักงานขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน งานควบคุมการก่อสร้างอาคาร เป็นต้น

ES/P Advisor ใช้การแทนค่าข้อเท็จจริงต่าง ๆ ในระบบเป็นแบบ A-V pair ความรู้อื่น ๆ จะถูกแทนค่าให้อยู่ในรูปของกฎโพรดักชันโดยใช้กับการวินิจฉัยแบบย้อนหลัง ลำดับของกฎต่าง ๆ ภายในฐานความรู้มีความสำคัญต่อผลการวินิจฉัย เพราะใช้ลำดับของกฎภายในฐานความรู้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกกฎ ตัวอย่างต่อไปนี้จะเป็นการแสดงการใช้งาน ES/P Advisor โดยผู้ใช้จะเริ่มต้นโดยการป้อนข้อความที่เป็นกฎข้อบังคับชุดหนึ่งเข้าไปในระบบดังนี้

Where the interest of the investing group or company in any company other than a subsidiary is not effectively that of a partner in a joint venture or consortium and the investing group or company holds 20 percent or more of the equity voting rights of that company as an associated details of the accounting treatment adopted, and the reason for doing so, should be stated by way of note to the financial statements.

ส่วนแรกของข้อความดังกล่าว จะเป็นการอธิบายเงื่อนไขต่าง ๆ ของกฎข้อบังคับอันนี้ ในขณะที่ส่วนที่สองจะกล่าวถึงคำแนะนำ หรือผลที่จะเกิดขึ้นจากเงื่อนไขต่าง ๆ ของส่วนแรก จากตัวอย่างจะสามารถแบ่งส่วนแรกออกได้เป็น 4 เงื่อนไขคือ

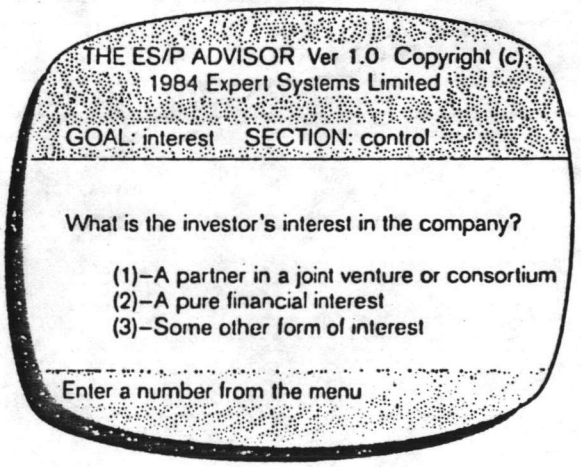
- the interest of the investor is not that of a partner in a joint venture or consortium, and
- the company is not a subsidiary of the investor, and
- the investor holds 20 percent or more of the equity voting rights of the company, and
- the investor does not account for the company as an associated company ....

เมื่อแปลงประโยคทั้ง 4 ให้อยู่ในรูปของ A-V pair โดยใช้เครื่องหมายตามแบบของ ES/P Advisor จะได้ A-V pair ดังต่อไปนี้

- Not interest = partner, and
- Not subsidiary, and
- Inventor-voting-equity >= 20, and
- Not associated

ซึ่งจะหมายความว่าในขณะนี้มีคุณสมบัติอยู่ 4 อย่างคือ interest subsidiary investor-voting-equity และ associated

ฐานความรู้ของ ES/P Advisor สามารถสร้างขึ้นโดยใช้ระบบเวิร์ดโปรเซสซิ่งมาตรฐานตัวใดก็ได้สร้างฐานความรู้ในรูปแบบที่ ES/P Advisor กำหนด ES/P Advisor ใช้จอภาพแบบเลือกรายการพร้อมกับคำอธิบายวิธีการใส่คำตอบให้กับระบบในแต่ละขั้นอีกด้วย รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างจอภาพของ ES/P Advisor



รูปที่ 3.1 ลักษณะจอภาพของ ES/P Advisor

ES/P Advisor ไม่อนุญาตให้มีการใส่ปัจจัยความเชื่อมั่นสำหรับกฎหรือข้อเท็จจริงใด ๆ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ที่ซับซ้อนจำนวนมากและมีความไม่แน่นอนประกอบกับความรู้นั้นด้วย สำหรับเครื่องมืออธิบายการทำงานของระบบนอกจาก HOW และ WHY แล้ว ES/P Advisor ยังมี EXPLAIN ที่จะแสดงคำอธิบายต่าง ๆ ให้แก่ผู้ใช้โดยละเอียดตามที่ผู้พัฒนาได้ใส่เข้าไปในฐานความรู้

ES/P Advisor เขียนโดยใช้ภาษา Prolog จึงสามารถเรียกใช้กระบวนการ หรือวิธีการนอกระบบที่เขียนโดยใช้ภาษา Prolog ได้ ทำให้เพิ่มขีดความสามารถของระบบขึ้นไปได้อีกมาก ES/P Advisor ทำงานบนเครื่อง IBM PC ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ DOS 2.0 ต้องการหน่วยความจำต่ำสุด 128 กิโลไบต์ และบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้กับจอสี

ES/P Advisor มีราคาประมาณ 1,895 เหรียญสหรัฐอเมริกา ซึ่งยังสามารถตกลงราคากันได้อีก สำหรับการซื้อพร้อมกันทีเดียวหลาย ๆ ชุด

2. Expert-Ease

Expert-Ease เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญขนาดเล็กของบริษัท Expert Software International Ltd. (Scotland) Expert-Ease เหมาะกับการสร้างระบบที่มีลักษณะฐานความรู้เป็น Decision Tree ซึ่งจะมีการเลือกคำตอบจากขอบเขตที่เป็นไปได้เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

ในการสร้างฐานความรู้ของระบบ Expert-Ease นั้น ผู้พัฒนาจะต้องทำการสร้างเมตริกซ์ที่ประกอบด้วยคุณสมบัติที่เป็นไปได้ทั้งหมด และข้อเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหา หรือข้อสรุปสำหรับแต่ละกรณี โดยที่ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติทั้งหมดทันที เพียงแต่อธิบายตัวอย่างของกระบวนการตัดสินใจทีละตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะประกอบด้วยค่าสำหรับคุณสมบัติที่เป็นตัวกำหนดการตัดสินใจและข้อเสนอแนะหรือข้อสรุปสำหรับตัวอย่างนั้น ซึ่งจะถูกเก็บไว้เป็น 1 แถวในแนวนอนของเมตริกซ์ ตัวอย่างเช่น ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดค่าไปรษณียากรสำหรับพัสดุภัณฑ์แต่ละชิ้นอาจจะเริ่มจากกฎความรู้ที่ว่า

```
If    the weight is 1 pound, and
      the class-of-service is to be third class, and
      the destination is local,
Then  the postage will be $ 1.80
```

กฎความรู้นี้จะถูกแทนค่าลงในเมตริกซ์ของ EXPERT-EASE เป็น 1 แถวในเมตริกซ์ ซึ่งมี 3 คุณสมบัติคือ weight class-of-service และ destination และมีข้อสรุปคือค่าของ postage ตัวอย่างอื่น ๆ ก็จะถูกแทนค่าลงในเมตริกซ์นี้ด้วยเช่นกันแต่เป็นแถวอื่น ทุกตัวอย่างจะเป็นการหาข้อสรุปในเรื่องเดียวกันคือค่าของ postage ในแต่ละตัวอย่าง ผู้พัฒนาจะต้อง

อธิบายค่าของคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการหาค่า postage คุณสมบัติใหม่ ๆ สามารถเพิ่มเติมลงไปในเมตริกซ์ได้ โดยมีจำนวนคุณสมบัติสูงสุด 31 คุณสมบัติ จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า ทุก ๆ ตัวอย่างหรือกฎจะเป็นการหาข้อสรุปเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียวเท่านั้นคือค่าของ postage ผู้พัฒนาจะไม่สามารถใส่กฎที่ใช้หาข้อสรุปอื่น เช่นหาค่าของคุณสมบัติย่อยตัวอื่น ๆ ในกฎความรู้ได้ จึงไม่สามารถใส่กฎที่พิจารณาเกี่ยวกับค่าของ destination ว่าเป็น local หรือไม่ ระบบจะต้องทำการสอบถามค่าคุณสมบัติเหล่านี้กับผู้ใช้โดยตรงเท่านั้น เป็นเพราะว่ากฎใน Expert-Ease นั้นมีเพียงระดับเดียวไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์แบบระดับชั้นของกฎได้ การวินิจฉัยและการควบคุมของระบบ Expert-Ease จะเป็นวิธีการที่จะทำการแปลงกฎความรู้ทั้งหมดให้อยู่ในรูปของตารางที่ช่วยในการตัดสินใจ (decision table) และทำการหาคำตอบจากตารางโดยถามคำถามจากผู้ใช้เพื่อใช้ช่วยลดขอบเขตของคำตอบในตารางลงตามลำดับ ข้อเด่นของ Expert-Ease คือ สามารถจัดรูปคุณสมบัติในตารางที่ช่วยการตัดสินใจให้อยู่ในรูปแบบที่เมื่อมีการถามคำถาม จะช่วยลดขอบเขตของคำตอบลงอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้ใช้ระบบ Expert-Ease ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านวิศวกรความรู้มากนัก ก็สามารถพัฒนาระบบเชี่ยวชาญได้ ระบบจะมีรายการช่วยแสดงขั้นตอนการสร้างและใช้งานให้ นอกจากนี้ระบบยังช่วยให้ผู้พัฒนาเลือกคุณสมบัติได้ง่ายขึ้นโดยยอมให้ผู้พัฒนากำหนดได้ตามต้องการ จากนั้นระบบจะทำการเลือกหาคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการสร้างตารางเอง

EXPERT-EASE ใช้งานได้ทั้งบนเครื่อง IBM-PC DEC Rainbow และ Victor 9000 ใช้หน่วยความจำต่ำสุด 128 กิโลไบต์ และใช้กับระบบปฏิบัติการ UCSD-P

Expert-Ease ขายในราคา 2,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา ซึ่งราคานี้ยังสามารถตกลงราคากันได้อีกสำหรับการซื้อพร้อมกันทีเดียวหลาย ๆ ชุด

3. INSIGHT

เป็นผลงานของบริษัท Level 5 Research INSIGHT ได้รับการออกแบบให้สะดวกต่อการใช้งานของผู้ใช้และมีความรวดเร็วในการทำงานเป็นพิเศษ INSIGHT ใช้สำหรับพัฒนาระบบเชี่ยวชาญที่มีฐานความรู้ขนาด 200 ถึง 400 กฎ

INSIGHT ใช้การแทนค่าข้อเท็จจริงแบบ O-A-V triplet หรือ

A-V pairs และใช้การแทนค่าความรู้โดยใช้กฎ ซึ่งใช้การวินิจฉัยทั้งแบบย้อนหลัง และไปข้างหน้า โดยมีการอนุญาตให้ผู้ใช้กำหนดโครงร่างเป้าหมาย (goal outline) ในการวินิจฉัยด้วย เพื่อเป็นการลดขอบเขตการค้นหาของระบบ ตัวอย่างเช่น ระบบความรู้เกี่ยวกับการซ่อมรถยนต์อาจจะมีการกำหนดโครงร่างเป้าหมาย (Goal outline) ต่อไปนี้

1. Drive train problems
   - 1.1 Axle problems
   - 1.2 Driveshaft problems
   - 1.3 Transmission problems
2. Electrical problems
   - 2.1 Ignition problems
   - 2.2 Light problems
     - 2.2.1 Headlight problems
     - 2.2.2 Taillight problems
     - 2.2.3 Turn signal problems
3. Fuel system problem

จากตัวอย่างจะเห็นว่า โครงร่างเป้าหมายข้างต้นนี้ถูกจัดเป็นระดับชั้นของเป้าหมายต่าง ๆ ถึง 3 ระดับด้วยกัน ระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้กำหนดเป้าหมายที่ต้องการในแต่ละระดับ โดยเริ่มจากระดับที่สูงที่สุดก่อน ดังที่ปรากฏบนจอภาพต่อไปนี้คือ

THE AUTOMATIVE REPAIR GUIDE

CAN YOU NARROW DOWN THE AREA YOU ARE INTERESTED IN ?

[DRIVE TRAIN PROBLEMS]

ELECTRICAL PROBLEMS

FUEL SYSTEM PROBLEMS

[] [2 RESTART] [3 UNKNOWN] [4 EXPAND] [5 MENU] [6 HELP] [7 EXIT]

เมื่อระบบ INSIGHT เริ่มการทำงาน จะเสนอชุดเป้าหมายที่ระบบจะทำการแก้ปัญหาในระดับชั้นสูงสุด ในที่นี้เครื่องหมายปีกกาคือการที่ผู้ใช้

เลื่อนตัวชี้เพื่อเลือกเป้าหมายที่ต้องการแล้วกด RETURN ในกรณีที่ไม่สามารถเลือกข้อใดได้ก็สามารถกด F3 เพื่อแสดงค่า UNKNOWN ระบบจะทำการวินิจฉัยในทุก ๆ เป้าหมาย ถ้าผู้ใช้ระบุได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าก็จะเลื่อนตัวชี้มาที่ ELECTRICAL PROBLEMS แล้วกด RETURN ระบบ INSIGHT จะแสดงเป้าหมายในระดับชั้นต่อไปมาให้เลือกอีกดังนี้

IGNITION PROBLEMS
LAMP PROBLEMS

ในกรณีนี้ผู้ใช้จะสามารถเลือกเป้าหมายย่อย เพื่อลดขอบเขตของปัญหาให้แคบลง หรือกด F3 เพื่อแสดงค่า UNKNOWN ระบบก็จะทำการเรียกใช้งานกฎที่เกี่ยวข้องกับ ELECTRICAL PROBLEMS ทั้งหมดต่อไป โครงร่างเป้าหมายของ INSIGHT สามารถมีเป้าหมายย่อยได้ทั้งหมดถึง 32 เป้าหมายในแต่ละระดับ และสามารถมีได้มากถึง 48 ระดับชั้น ดังนั้นจึงเป็นการง่ายที่จะลดขอบเขตของปัญหาลงถ้าผู้ใช้รู้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาในขณะที่เริ่มทำงาน ลักษณะของกฎในแต่ละเป้าหมายย่อยของ INSIGHT จะเป็นดังนี้

```
Rule  :  to tell if a warm-blooded animal is a
         mammal
If       the animal has body hair
And      the animal suckles its young,
Then     the animal is a mammal
         CONFIDENCE 85
And      the animal lives on the ground,
         CONFIDENCE 65
Else     the animal is a bird
```

ในกฎความรู้จะมีส่วนอธิบายความหมายที่จะช่วยให้ผู้ใช้ที่ต้องการตรวจสอบการทำงานของระบบเข้าใจความหมายของกฎต่าง ๆ ได้ดีขึ้น ในแต่ละกฎสามารถมีประโยคเงื่อนไข และประโยคสรุปได้หลายประโยค และมีปัจจัยความเชื่อมั่นกำกับสำหรับข้อสรุปแต่ละประโยคด้วย

ฐานความรู้ของ INSIGHT สามารถสร้างขึ้นมาโดยใช้เวิร์ดโปรเซสเซอร์ทั่วไป และแปลภาษาโดยใช้ตัวแปลภาษา compiler/editor ที่จะทำ

การแปล และตรวจสอบความถูกต้องของฐานความรู้ไปพร้อม ๆ กัน การโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้ใช้จะใช้การแสดงรายการให้เลือก โดยผู้ใช้เลือกใส่ข้อมูล หรือใช้ปุ่มฟังก์ชันในการทำงาน นอกจากนี้ผู้พัฒนาฐานความรู้สามารถใส่ข้อความอธิบายกฎ และเป้าหมายต่าง ๆ ซึ่งผู้ใช้จะสามารถเรียกดูได้โดยใช้ปุ่มฟังก์ชัน

ระบบ INSIGHT สามารถติดตั้งใช้งานได้บนเครื่อง IBM PC DEC Rainbow และ Victor 9000 โดยใช้ภาษา Pascal ในการพัฒนา INSIGHT มีราคาไม่สูงมากคือ 95 เหรียญสหรัฐอเมริกา

4. M.1

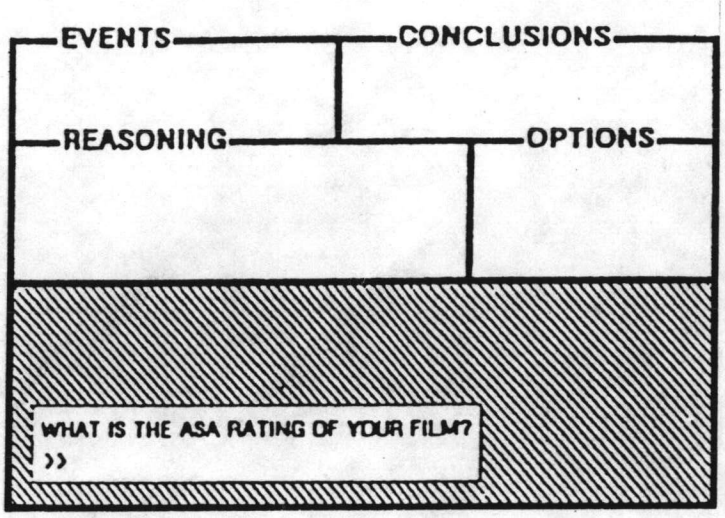
M.1 เป็นผลงานของบริษัท Teknowledge Inc. เริ่มใช้งานในปี ค.ศ. 1984 เป็นเครื่องมือช่วยวิศวกรความรู้ในการสร้างระบบเชี่ยวชาญต้นแบบ ที่มีลักษณะงานเป็นแบบการวินิจฉัยหาสาเหตุและเสนอการแก้ไข และมีจำนวนกฎความรู้ระหว่าง 100 ถึง 200 กฎ

ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ในระบบ M.1 จะถูกแทนค่าให้อยู่ในรูปของ A-V pair ซึ่งมีปัจจัยความเชื่อมั่นประกอบด้วย และใช้การแทนค่าความรู้ในรูปของกฎ โดยกฎจะใช้ในการตรวจสอบค่าของคุณสมบัติหนึ่งและทำการสรุปค่าของคุณสมบัติอีกคุณสมบัติหนึ่งที่เกี่ยวข้อง ลักษณะเด่นของ M.1 คือ สามารถใช้กฎในลักษณะที่มีตัวแปรปรากฏอยู่ในกฎได้ ทั้งในส่วนเงื่อนไข และส่วนผลสรุป โดยการใช้จะนำเอาตัวแปรเหล่านี้ไปจับคู่กับค่าคงที่ที่อยู่ในตารางข้อเท็จจริง ในฐานความรู้ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างกฎหลาย ๆ กฎที่มีโครงสร้างเหมือนกัน ต่างกันแต่เพียงค่าคงที่ภายใน โดยใช้กฎเพียงกฎเดียวได้ แล้วกำหนดค่าคงที่ของกฎต่าง ๆ นั้นไว้ภายในตารางข้อเท็จจริง

M.1 ใช้การวินิจฉัยแบบย้อนหลังคล้าย MYCIN และใช้ปัจจัยความเชื่อมั่นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 ในการให้เหตุผลแบบไม่แน่นอน รายละเอียดอื่น ๆ ของ M.1 สามารถศึกษาได้จากบทที่ 4 ซึ่งกล่าวถึงลักษณะภายในของ M.1 อย่างละเอียด

ส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาและผู้ใช้ของ M.1 เป็นแบบง่าย ๆ ใช้การโต้ตอบกับระบบเป็นแบบบรรทัดต่อบรรทัด นอกจากนี้จะมีส่วนอธิบายการทำงานและส่วนช่วยตรวจสอบและติดตามขั้นตอนการทำงานของระบบ เพื่อค้นหาข้อบกพร่องและทำการแก้ไขฐานความรู้ได้ ฐานความรู้ของ M.1 สามารถสร้างขึ้นมาจากเวิร์ดโพรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป และนำมาใส่ไว้ในหน่วยความจำเมื่อต้องการ

ใช้งานกับ M.1 ได้ด้วยคำสั่ง load ผู้พัฒนาและผู้ใช้สามารถเลือกทำงานใน panel mode ของ M.1 ได้ โดยใน mode นี้จะมีการแบ่งจอภาพแสดงผลออกเป็นส่วนต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายการทำงานของระบบ รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างจอภาพของ M.1 ใน panel mode



รูปที่ 3.2 แสดงจอภาพของ M.1 ใน panel mode

M.1 เขียนด้วยภาษา C ทำงานบนเครื่อง IBM-PC และควรใช้จอสี

M.1 มีราคา 12,500 เหรียญสหรัฐอเมริกา ไม่รวมค่าฝึกอบรม ซึ่งมีราคา 2,500 เหรียญสหรัฐอเมริกา

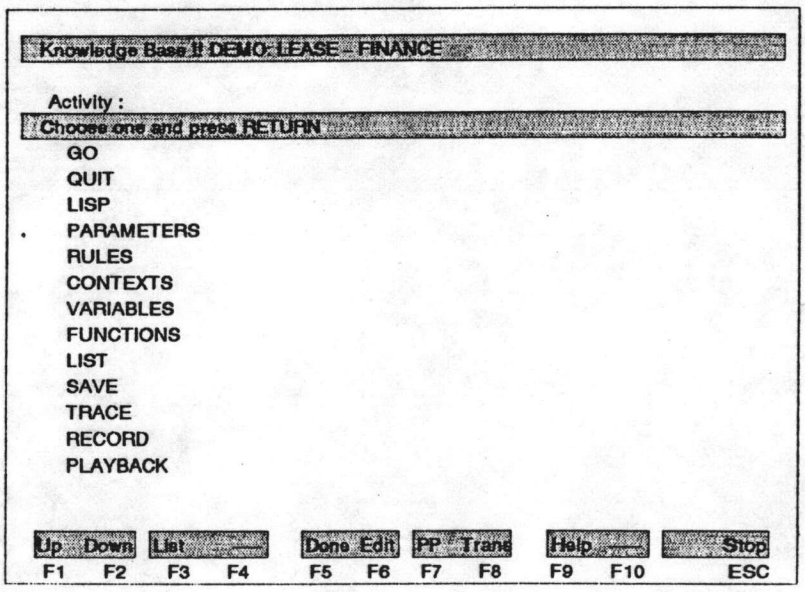
5. Personal Consultant (PC)

PC หรือ Personal Consultant เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาระบบเชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นโดยบริษัท Texas Instruments PC เป็นชุดของซอฟแวร์ที่ใช้สำหรับการสร้างและใช้งานระบบเชี่ยวชาญประเภทระบบฐานกฎ (rule-based expert system) ที่ใช้การวินิจฉัยแบบย้อนหลังเป็นหลัก

การแทนค่าความรู้ของ PC จะใช้การแทนค่าความรู้โดยใช้กฎที่มีการแบ่งกฎออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามเนื้อความของปัญหาต่าง ๆ ที่จัดโครงสร้างอย่างมีระดับชั้น ซึ่งเรียกว่าต้นไม้เนื้อความ สำหรับการแทนค่าข้อเท็จจริงนั้น

ใช้ O-A-V triplet ซึ่งกฎจะใช้การตรวจสอบค่าภายใน O-A-V triplet นี้ ในส่วนเงื่อนไขของกฎ การวินิจฉัยจะใช้การวินิจฉัยแบบย้อนหลังและมีการให้เหตุผลแบบไม่แน่นอน โดยใช้ค่าปัจจัยความเชื่อมั่นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 รายละเอียดการทำงานของ PC จะอยู่ในบทที่ 4

ส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาและผู้ใช้ จะใช้ลักษณะของส่วนติดต่อแบบช่องหน้าต่าง (window-oriented interface) และใช้การแสดงรายการต่าง ๆ ให้เลือกการทำงาน (Interactive menu) ซึ่งรายการต่าง ๆ นี้สำหรับผู้พัฒนาและผู้ใช้จะแตกต่างกัน รายการสำหรับผู้พัฒนาจะประกอบด้วยการสร้าง และแก้ไขส่วนประกอบต่าง ๆ แต่ละส่วนของฐานความรู้ด้วย รายการสำหรับผู้ใช้จะมีเพียงการเลือกทำงานกับฐานความรู้ต่าง ๆ เท่านั้น ไม่สามารถเลือกแก้ไขฐานความรู้ได้



รูปที่ 3.3 แสดงจอภาพแบบช่องหน้าต่างและรายการสำหรับเลือกของ PC

PC เขียนขึ้นด้วยภาษา IQLISP ซึ่งเป็นภาษา LISP ชนิดหนึ่ง PC ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของ TI คือ TI professional computer ต้องการหน่วยความจำอย่างน้อย 512 กิโลไบท์ สำหรับฐานความรู้ขนาดไม่เกิน 200 กฎ และ 768 กิโลไบท์สำหรับฐานความรู้ขนาดใหญ่กว่า 200 กฎ แต่มีขีดจำกัดไม่เกิน 400 กฎ

PC มีราคา 3,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา ราคานี้ไม่รวมค่าฝึกอบรม ค่าฝึกอบรมสำหรับหลักสูตร 3 วันมีราคา 1,500 เหรียญสหรัฐอเมริกา

โครงระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่

ระบบในระดับนี้ออกแบบเพื่อให้เหมาะกับผู้ใช้ที่จะพัฒนาระบบเชี่ยวชาญเพื่อใช้งานเฉพาะประเภทและมีส่วนช่วยติดต่อกับวิศวกรความรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (5) (8) (18)

- TIMM
- Rule Master
- S.1
- KES
- EXPERT

1. TIMM

TIMM เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญที่ใช้ระบบ induction ซึ่งสร้างกฎความรู้ต่าง ๆ จากตัวอย่างที่ป้อนเข้าไปในระบบเก็บไว้ภายในฐานความรู้ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยสำหรับกรณีอื่น ๆ ต่อไป

ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ภายในฐานความรู้จะถูกแทนค่าด้วย A-V pair ส่วนกฎความรู้จะถูกสร้างขึ้นมาจากการวิเคราะห์ตัวอย่างต่าง ๆ ที่ได้ป้อนเข้าไปในระบบ จำนวนกฎความรู้สูงสุดที่จะสร้างและเก็บไว้ได้ภายในฐานความรู้คือประมาณ 500 กฎ ซึ่งเพียงพอที่จะใช้ในการแก้ปัญหาที่มีทางเลือกประมาณ 25 ทางเลือก ขึ้นกับตัวประกอบต่าง ๆ ประมาณ 50 ตัวประกอบ และตัวประกอบแต่ละตัวสามารถมีค่าต่าง ๆ กันได้ประมาณ 25 ค่า TIMM ใช้การแทนค่าข้อเท็จจริงแบบ A-V pair จึงไม่มีความสามารถในการถ่ายทอดคุณสมบัติ ไม่มีการควบคุมการวินิจฉัยจากภายนอกโดยผู้พัฒนา TIMM จะทำการควบคุมเองทั้งหมด โดยอาศัยต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) ที่ TIMM ได้สร้างขึ้นมาเองจากตัวอย่างและกฎที่ได้รับ การให้เหตุผลแบบไม่แน่นอนใน TIMM ใช้ค่าปัจจัยความเชื่อมั่นที่มีค่า 0 ถึง 100 สำหรับข้อเท็จจริงแต่ละข้อ

การโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้พัฒนาจะเป็นแบบ บรรทัดต่อบรรทัด รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการโต้ตอบระหว่างผู้พัฒนากับระบบ คำตอบของผู้พัฒนาจะแสดงด้วยข้อความที่ขีดเส้นใต้

TIMM เขียนขึ้นด้วยภาษา FORTRAN สามารถใช้ได้กับเครื่องขนาดใหญ่และขนาดกลางทั่ว ๆ ไปเช่น IBM DEC Prime และอื่น ๆ

TIMM มีราคา 39,500 เหรียญสหรัฐอเมริกา สำหรับรุ่นที่ใช้บนเครื่องขนาดใหญ่และขนาดกลาง และราคา 9,500 เหรียญสหรัฐอเมริกาสำหรับรุ่นที่ใช้กับเครื่อง IBM PC XT

(c) Copyright 1983 General Research Corporation
TIMM (TM) The Intelligent Machine Model
Version 1.0

Name of expert system data file: *Test*

Hello, I'm TIMM. Are you ready to build a new expert system (Y or N)? *Yes*

What would you like to call this new expert system? *Test*

What decision will I be learning how to make? *Decision*
Tell me the possible choices. Enter one per line, and enter a "/" as the last line:
Yes
No
/

Now tell me the name of each factor that influences the decision. Enter one per line, and enter a "/" as the last line:
Factor one
Factor two
/

Are the values of the "FACTOR ONE" numbers (N) or descriptive phrases (P)? *P*
Are these values unordered (U), linearly-ordered (L), or circularly-ordered (C)? *L*
Tell me the possible values. Enter one per line, and enter a "/" as the last line:
A
B
C
D
E
F
/

Are the values of the factor "FACTOR TWO" numbers (N) or descriptive phrases (P)? *N*
Are these values unordered (U), linearly-ordered (L), or circularly-ordered (C)? *L*
Minimum value = 1
Maximum value = 6

รูปที่ 3.4 แสดงการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบ TIMM

2. Rule Master

Rule Master เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Radian เพื่อใช้กับงานทั่ว ๆ ไป ที่ไม่เฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้กับเครื่อง LISP machine เท่านั้น

Rule master ใช้ทั้งการวินิจฉัยแบบไปข้างหน้า และย้อนหลัง พร้อมทั้งการให้เหตุผลแบบไม่แน่นอน ความรู้จะเก็บอยู่ในรูปกฎโพรดักชันรวมทั้งขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงานต่าง ๆ ไว้ภายในฐานความรู้ ซึ่งความรู้ในรูปกฎเหล่านี้ได้มาจากตัวอย่างต่าง ๆ ที่ผู้พัฒนาป้อนเข้าสู่ระบบ Rule Master จึงเป็นโครงระบบเชี่ยวชาญแบบ induction ระบบหนึ่ง นอกจากการพัฒนาระบบเชี่ยวชาญโดยการป้อนตัวอย่างเข้าสู่ระบบแล้ว Rule master ยังยอมให้วิศวกรความรู้สามารถพัฒนาระบบเชี่ยวชาญเองได้โดยการเขียนโปรแกรมวิธีการควบคุมและฐานความรู้เข้าไปโดยตรง โดยใช้ภาษาระดับสูงของ Rule master เอง Rule master จึงเหมาะสมกับผู้ที่มีพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมเป็นอย่างดีเท่านั้น

ส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาของ Rule master เป็นแบบธรรมดาที่ใช้การป้อนข้อมูลเข้าไปทีละบรรทัด ไม่มีการแสดงผลแบบกราฟฟิค เครื่องมืออื่น ๆ ที่มีได้แก่ เครื่องมืออธิบายการทำงาน WHY HOW และระบบช่วยเหลือแบบออนไลน์ เป็นต้น

Rule Master เขียนโดยใช้ภาษา C จึงใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ทุกชนิดที่มีตัวแปลภาษา C

Rule master มีราคาแตกต่างกันไปขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ซึ่งจะมีราคาตั้งแต่ 995 เหรียญสหรัฐอเมริกาสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปจนถึง 17,500 เหรียญสหรัฐอเมริกาสำหรับเครื่อง VAX

3. S.1

S.1 เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญของบริษัท Teknowledge Inc. S.1 ได้รับการออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับการสร้างระบบเชี่ยวชาญ ที่มีลักษณะงานแบบการวินิจฉัยและเสนอวิธีการแก้ไข

ข้อเท็จจริงใน S.1 จะถูกจัดเก็บในรูปของ O-A-V triplet ซึ่งมีค่าปัจจัยความเชื่อมั่นประกอบอยู่ด้วย วัตถุต่าง ๆ ในระบบสามารถจัดรวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่าคลาสหรือประเภทของวัตถุ ประเภทของวัตถุจะมีคุณสมบัติ

อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งสมาชิกของประเภทของวัตถุทุกตัว (คือวัตถุทุกวัตถุที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้) สามารถรับเอาคุณสมบัตินี้ไปใช้ได้ จึงเป็นคุณสมบัติร่วมของทุก ๆ วัตถุที่ถูกจัดอยู่ในประเภทเดียวกัน คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุเดียวกันยังสามารถจัดให้มีความสัมพันธ์กันแบบมีระดับชั้นได้อีกถ้าค่าของคุณสมบัติใดคุณสมบัตินึ่งไปขึ้นอยู่กับค่าของคุณสมบัติอันอื่น ความสัมพันธ์อื่น ๆ จะแทนค่าในฐานความรู้อยู่ในรูปของกฎโพรดักชัน ในส่วนหลักฐานของกฎโพรดักชันของ S.1 นี้ สามารถใช้ quantifier แสดงขอบเขตของความเป็นจริงของส่วนหลักฐานนี้ได้ เช่น all หรือ any เป็นต้น

เครื่องจักรกลวินิจฉัยของ S.1 ใช้การวินิจฉัยแบบย้อนหลัง และใช้การควบคุมขั้นตอนการวินิจฉัยโดยผ่าน control block control block เป็นกระบวนการภายนอกที่ประกอบด้วยชุดของคำสั่งที่ใช้บอกลำดับของการทำงาน S.1 มีเครื่องมือที่ใช้ในการแปล control block ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกดู control block เหล่านี้ได้ ตัวอย่างต่อไปนี้คือ control block ที่ได้แปลให้อยู่ในรูปภาษาอังกฤษที่เข้าใจง่าย

```
11> comment:  translate control.block about.car full
about.car
  In order to diagnose and repair a car, follow this procedure:
      C is the car.
      Display the following: <15 spaces> Welcome to the Car
          Charging Diagnosis and Repair Advisor. <start a new
          line>.
      Find out about the car called C.
      Determine the initial symptoms about the car.
      Do the initial checks on the car.
      Determine the suspected systems of the car.
      Determine the cause of the problem with the car.
      Determine the recommendations for fixing the problem.
      Determine additional recommendations concerning the problem.
      Show the recommendations to fix the problem.
      Determine whether the final system check is done.
      Show the other possible systems that could be causing
          the problem.,
```

ข้อเท็จจริงที่มีความไม่แน่นอน จะมีค่าปัจจัยความเชื่อมั่นเป็นตัวกำหนดค่าความน่าจะเป็นของค่าเหตุการณ์และกฎในลักษณะเดียวกับ MYCIN

ผู้ใช้จะโต้ตอบกับระบบ S1 โดยการเลือกหัวข้อจากเมนู โดยใช้เมาส์หรือใส่ค่าทางแป้นพิมพ์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยส่วนช่วยเหลือและอธิบายการทำงาน ผู้ใช้สามารถสอบถามระบบเพื่อตรวจสอบฐานความรู้ทั้งแบบ Static และ Dynamic นอกจากนี้มีส่วนการติดตามการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดขณะทำงานเพื่อใช้แก้ไขฐานความรู้

S.1 เป็นระบบที่เขียนด้วยภาษา LISP ใช้งานได้ทั้งบนเครื่อง XEROX 1100 Symbolics 3600 และเครื่อง VAX

S.1 มีราคา 50,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา สำหรับรุ่นที่ใช้บนเครื่อง XEROX 1100 และ Symbolics 3600 และราคา 80,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา สำหรับรุ่นที่ใช้บนเครื่อง VAX ราคานี้รวมการฝึกอบรมที่ใช้เวลา 2 อาทิตย์ด้วย

4. KES

ผลงานของบริษัท Software Architecture and Engineering (Arlington, Virginia) เหมาะกับระบบที่มีลักษณะเป็น Consultation system และปัญหาที่ต้องการการวินิจฉัยและเสนอวิธีการแก้ไข

ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น จะถูกแทนค่าในรูป A-V pair ที่ประกอบด้วยค่าความเชื่อมั่น คุณสมบัติและค่าของคุณสมบัติจะจัดเป็นความสัมพันธ์แบบมีระดับชั้น ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจะถูกแทนเป็นกฎความรู้โดยใช้เทคนิค Statistical Pattern classification หรือ Hypothesis test cycle โดยมีลักษณะดังนี้

- กฎความรู้จะอยู่ในรูปประโยค if-then
- การจัดแยกประเภททางสถิติจะอ้างถึงวิธีของ Bayesian ในการประเมินความเป็นจริงของข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ผ่านมา
- Hypothesis Test Cycle เป็นวิธีการ Hypothesis ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่มีความเชื่อมั่นเพียงพอ

การควบคุมการทำงานทำโดยประโยคที่กำหนดในฐานความรู้ที่เรียกว่า Statement of action ซึ่งเป็นคำสั่งที่ผู้ใช้เรียกทำงานระหว่างใช้ระบบ ตัวอย่างเช่น ส่วนกระทำอันหนึ่งที่เป็นการกำหนดค่าแอทริบิวต์เป้าหมายเมื่อระบบ

เรียกใช้ส่วนนี้ กลวิธีการวินิจฉัยจะทำการหาเหตุผลแบบย้อนหลังผ่านกฎที่มีอยู่ในฐานความรู้เพื่อทำการหาค่าเป้าหมายที่ต้องการ สำหรับความรู้ที่ไม่แน่นอนจะแทนค่าด้วยสัมประสิทธิ์ความน่าจะเป็นหรือค่าปัจจัยความเชื่อมั่นที่มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 สำหรับแต่ละ A-V pair

ผู้ใช้จะสื่อสารข้อมูลกับ KES ในลักษณะบรรทัดต่อบรรทัด ในกรณีที่คำถามมีหลายคำตอบระบบจะแสดงรายการให้ผู้ใช้เลือกหมายเลขที่ต้องการ ส่วนอธิบายการทำงานของระบบจะช่วยในการกำหนดความหมายคำสำคัญต่าง ๆ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถสอบถามระบบเพื่อแสดงค่า static หรือ Dynamic Knowledge base ได้ ในแง่ของวิศวกรความรู้ KES จะเป็นลักษณะแบบ Batch processing

ฐานความรู้จะพัฒนาจาก editor ภายนอกระบบและเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลซึ่งจะถูกเรียกใช้งานและตรวจสอบความถูกต้องจากฟังก์ชันตรวจสอบคุณสมบัติที่ไม่มีความสัมพันธ์หรือมีความสัมพันธ์ที่ขัดแย้งกับคุณสมบัติอื่นของระบบ KES และสามารถกำหนดค่าคุณสมบัติเพื่อทำการตรวจสอบการทำงานภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่ต้องการได้

KES เขียนด้วยภาษา Wisconsin LISP แต่ได้รับการพัฒนาเป็นหลายรุ่นเช่น ที่เขียนด้วย Franz LISP สำหรับใช้งานบนเครื่อง DEC VAX เป็นต้น สำหรับบนเครื่อง IBM-PC จะเป็นรุ่นที่เขียนด้วยภาษา IQLISP ต้องใช้หน่วยความจำต่ำสุด 512 กิโลไบต์ และควรจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8087

KES มีราคา 23,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา และราคา 4,000 สำหรับรุ่นที่ใช้บน IBM-PC รวม IQLISP ด้วย

5. EXPERT

EXPERT พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างระบบที่มีลักษณะการทำงานแบบวินิจฉัยหาข้อบกพร่องและแนะนำวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม ตัวอย่างระบบที่พัฒนาเช่น

- Serum Protein Diagnosis Program
- Rheumatic Disease Consultant
- Log analysis system for oil drilling

ข้อเท็จจริงในฐานความรู้ของ EXPERT จะถูกแทนค่าในแบบ A-V pair โดยแบ่งเป็น Finding และ Hypothesis Finding คือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตุข้อเท็จจริงอื่นที่เกี่ยวข้อง Hypothesis คือผลลัพธ์

ที่เป็นไปได้ที่ระบบเลือกมาจากฐานความรู้ กฎความรู้จะมี 3 ประเภทคือ

- กฎ F-F คือกฎที่เชื่อม Finding ต่างๆ เข้าด้วยกัน
- กฎ F-H เป็นกฎที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Hypothesis กับ Finding
- กฎ H-H เป็นกฎที่เชื่อม Hypothesis หนึ่งกับ Hypothesis อื่น

ในการทำงานของระบบ ข้อมูลที่ได้จะถูกแปลและจัดรูปใหม่โดยใช้กฎ F-F Finding ที่สัมพันธ์กันหลาย ๆ Finding จะสัมพันธ์กับชุดคำตอบที่เป็นไปได้ในกฎ F-H เมื่อได้ Hypothesis ก็จะมีการจัดความสัมพันธ์ใหม่โดยใช้กฎประเภท H-H กลวิธีการวินิจฉัยของ EXPERT จะเป็นการถามคำถามในลักษณะ Questionaire-Driven Finding จะมีการเรียงลำดับก่อนการทำงาน เมื่อได้ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นก็จะมีการเรียกใช้กฎตามลำดับประเภท คือ F-F, F-H และ H-H การควบคุมการทำงานจึงเป็นไปตามการเรียงลำดับของกฎ และประเภทของกฎ

จะเป็นแบบง่าย ๆ ในลักษณะถาม-ตอบ และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ออกมาดังตัวอย่าง

```
Enter Name or ID Number:
Cadillac
Enter Date of Visit:
5/1/82
1.  Type of problem:
      1) Car Won't Start
      2) Other Car Problems
    Checklist:
    1
2.  Simple Checks:
      1) Headlights Are Dim
      2) Fuel Filter Clogged
      3) Battery Cables Loose or Corroded
    Checklist:
    2
```

3. Starter Data:
   1) No Cranking
   2) Slow Cranking
   3) Normal Cranking
   4) Grinding Noise From Starter

Checklist:

Why

ผู้ใช้สามารถถามระบบได้ด้วยคำถาม why เมื่อต้องการทราบว่าเหตุใดระบบจึงถามคำถามนี้ จากตัวอย่างจะเห็นว่าคำถามนี้เกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของสตาร์ตเตอร์ ระบบจะแสดงว่าส่วนสำคัญที่สุดที่มีผลต่อสตาร์ตเตอร์

If : There is a grinding noise from starter
Then: Conclude starter malfunction (.9).

3. Starter Data:
   1) No Cranking
   2) Slow Cranking
   3) Normal Cranking
   4) Grinding Noise From Starter

Checklist:

Fix 2

ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ได้โดยใช้คำสั่ง Fix

Fix : Simple Checks:
   1) Headlights Are Dim
   2) Fuel Filter Clogged
   3) Battery Cables Loose or Corroded

Checklist:

1,2

3. Starter Data:
   1) No Cranking

2) Slow Cranking

3) Normal Cranking

4) Grinding Noise From Starter

Checklist:

1

4. Gas Gauge Reads EMPTY

No

5. Odor of Gasoline in car:

1) None

2) Normal

3) Very Strong

Choose one:

2

ระบบจะสรุปและรายงานผลข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้

SUMMARY

Name : Cadillac

Case : 5 Visit : 1 Date 05/01/82

Type of Problem:

Car won't start

Odor of Gasoline in car:

Normal

Simple checks:

Headlights are dim

Fuel Filter Clogged

Starter Data:

No Cranking

จากนั้นข้อสรุปจะพิมพ์ออกมาโดยมีการกำหนดค่าความเชื่อมั่นด้วย ค่านี้ถ้ายิ่งใกล้กับ 1 ก็แสดงว่าข้อมูลมีความแน่นอนมากขึ้น

INTERPRETIVE ANALYSIS

Diagnosis Status

1.00 Fuel Filter Clogged

0.90 Battery Discharged

Treatment Recommendation

0.80 Replace Gas Filter

0.80 Change or Replace Battery

ในแง่ของวิศวกรความรู้ EXPERT จะเป็น Tool ที่ทำงานแบบ Batch ไม่มี Interactive editor และซอฟแวร์ที่ช่วยในการพัฒนาฐานความรู้ มีฟังก์ชันทางสถิติมีเพื่อช่วยในการตรวจสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน

EXPERT เป็นซอฟแวร์ที่พัฒนาด้วยภาษา FORTRAN จึงสามารถทำงานได้ภายใต้ฮาร์ดแวร์และระบบปฏิบัติการที่มีภาษา FORTRAN ทั่วไป

EXPERT ไม่ได้กำหนดราคาที่แน่นอนเอาไว้ ผู้สนใจสามารถเสนอราคาไปได้ที่บริษัทผู้ผลิต

โครงระบบเชี่ยวชาญลูกผสมขนาดใหญ่

Tool ในระดับนี้เป็น tool ที่ผู้ออกแบบมาเพื่อใช้สร้างระบบเชี่ยวชาญที่ไม่จำกัดประเภทการใช้งาน โดยผู้ใช้ระบบจะเป็นผู้เลือกเองว่าจะใช้กลวิธีการวินิจฉัยแบบใดจากนั้นจะใช้ Hybrid tool สร้าง tool เฉพาะงานขึ้น เพื่อใช้สร้างระบบเชี่ยวชาญที่ต้องการ ข้อดีคือผู้ใช้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง แต่มีข้อจำกัดที่ผู้ใช้ต้องมีความรู้ด้านวิศวกรความรู้ และ Symbolic programming ด้วย (2) (5) (8) (10) (18)

- ART
- KEE
- LOOPS
- KC
- GEST

1. ART (The Automated Reasonning Tool)

ART หรือ The Automated Reasonning Tool เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบเชี่ยวชาญของบริษัท Inference Corporation ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ

- ภาษาความรู้ (Knowledge language) สำหรับการแสดงความรู้ในรูปของข้อเท็จจริงและความสัมพันธ์
- ตัวแปลภาษา (Compiler) ใช้สำหรับแปลงภาษาความรู้ให้อยู่ในรูปของภาษา LISP
- ตัวใช้งาน (Applier) คือเครื่องจักรกลวินิจฉัย
- ส่วนช่วยพัฒนาระบบ (Development environment) ซึ่งรวมถึงเครื่องมือช่วยแก้ไขและติดตามการทำงานของระบบด้วย

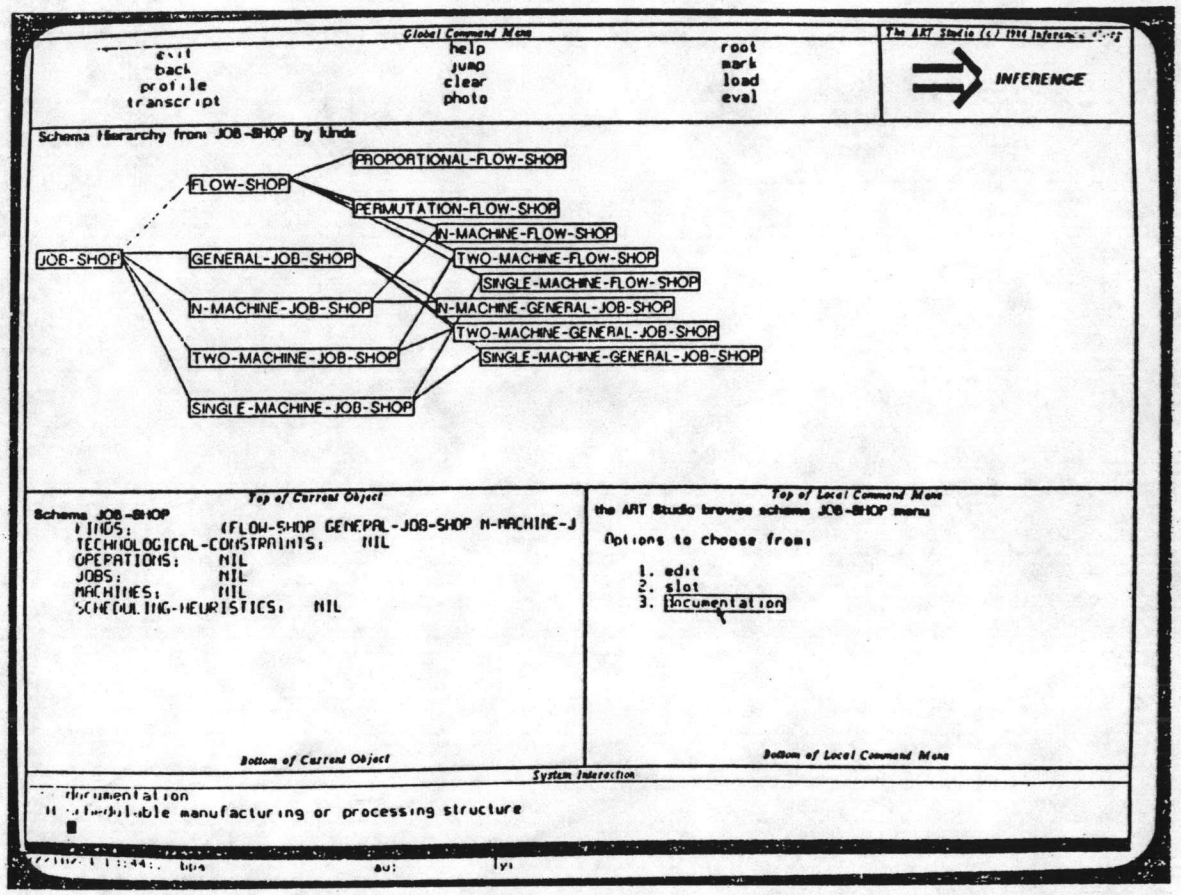
วิธีการแทนค่าข้อเท็จจริงภายในฐานความรู้ของ ART นั้นมีหลายวิธี วิธีหนึ่งก็คือ O-A-V triplets ซึ่งใช้กับระบบเชี่ยวชาญทั่ว ๆ ไป อีกวิธีหนึ่งก็คือ ใช้ประโยค proposition ที่ประกอบด้วยค่าความจริง และขอบเขตสำหรับค่าความจริงนั้น ART ใช้ Quantifier ต่าง ๆ ในการกำหนดขอบเขตนี้ เช่น There exists at least one .... และ For all .... การถ่ายทอดคุณสมบัติเกิดขึ้นได้จากวัตถุระดับบนไปยังวัตถุลูกที่อยู่ในระดับล่าง

การให้เหตุผลของเครื่องจักรกลวินิจฉัยเป็นแบบการให้เหตุผลตามความเหมาะสมในแต่ละโอกาส (Opportunistic) ซึ่งหมายความว่า ART สามารถใช้ทั้งการวินิจฉัยแบบไปข้างหน้าและย้อนหลังหรือใช้วิธีการอื่น ๆ ควบคุมมาจากภายนอก สำหรับการให้เหตุผลแบบไม่แน่นอนนั้น ART ใช้อัตราความเชื่อมั่น (Confidence rating) เป็นตัวกำหนด

ในด้านของส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาและผู้ใช้นั้น ART มีความยืดหยุ่นสูงมากพอที่จะให้ผู้พัฒนาที่มีความเชี่ยวชาญทำการพัฒนาส่วนนี้ขึ้นเองตามความต้องการ รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างจอภาพของ ART

ART เขียนขึ้นด้วยภาษา LISP และทำงานบน LISP Machine เช่น Xerox หรือ Symbolics

ART เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่ที่มีราคาค่อนข้างสูง คือ 60,000 เหรียญสหรัฐอเมริกาสำหรับชุดแรก ราคาสำหรับชุดที่สองจะลดลงมาเป็น 20,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา ผู้ใช้สามารถเช่าใช้เป็นรายเดือนได้ในอัตราเดือนละ 1,000 ถึง 3,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างจอภาพของ ART

2. KEE (The Knowledge Engineering Environment)

KEE หรือ The Knowledge Engineering Environment เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่ที่รวมเอาลักษณะต่าง ๆ เข้าไว้ในระบบเดียวกัน พัฒนาขึ้นโดยบริษัท IntelliCorp วัตถุประสงค์ในครั้งแรกนั้นเป็นการผลิตระบบที่ใช้งานเกี่ยวกับด้านพันธุวิศวกรรม KEE มีความเหมาะสมกับงานในลักษณะวิเคราะห์และวางแผนที่ซับซ้อน

วิธีการแทนค่าความรู้ในฐานความรู้ของ KEE นั้น ใช้การแทนค่าความรู้โดยใช้กรอบเป็นหลัก ซึ่งสามารถรวมความรู้ทั้งแบบ procedural และ

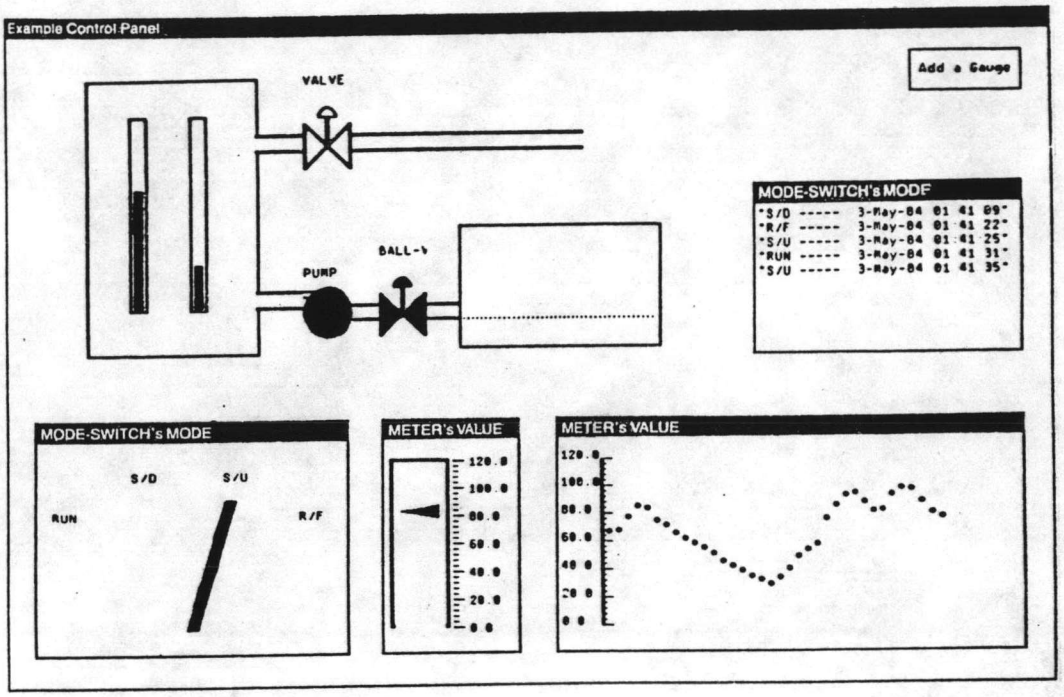
declarative เข้าด้วยกัน KEE เป็นตัวอย่างที่ดีอันหนึ่งของระบบในลักษณะของ Object-oriented programming ทั้งกฎความรู้และข้อเท็จจริงใน KEE จะถูกแทนค่าเป็นวัตถุ หรือกรอบที่ประกอบด้วยสล็อต ภายในสล็อตอาจจะบรรจุค่าของวัตถุนั้น หรือวิธีการที่จะปฏิบัติเพื่อให้ได้ค่านั้นมาก็ได้ วิธีการนี้จะติดอยู่กับแต่ละสล็อต เป็นชุดของคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณหาค่าของสล็อตนั้น ซึ่งจะถูกเรียกใช้เมื่อระบบต้องการค่าในสล็อตแต่ยังไม่มีค่าใด ๆ ปรากฏอยู่ นอกจากวิธีการคำนวณหาค่าของสล็อตแล้ว สล็อตยังอาจใช้เก็บกลุ่มของกฎที่ใช้สรุปผลค่าของสล็อตอื่น ๆ ภายในกรอบเดียวกันด้วยก็ได้ สล็อตยังสามารถใช้เก็บค่าประเภทอื่น ๆ ได้อีกเช่นตัวชี้ไปยังกรอบอื่นเพื่อผลในการถ่ายทอดคุณสมบัติ การจัดโครงสร้างของกรอบในระบบให้มีลักษณะเป็นลำดับชั้นต่าง ๆ ที่สามารถถ่ายทอดคุณสมบัติกันได้จะช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลลงไปได้มาก โดยแต่ละกรอบจะเชื่อมโยงกันด้วยตัวชี้ภายในสล็อตหนึ่งของแต่ละกรอบ แต่ละกรอบในระบบติดต่อสื่อสารกันได้ด้วยการส่งข่าวสารถึงกันซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานของระบบ object-oriented programming ข่าวสารนี้อาจจะเป็นการขอให้แสดงข้อมูลภายในกรอบ หรือเป็นการเรียกใช้กลุ่มกฎที่สัมพันธ์กับกรอบนั้นก็ได้

วิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยของระบบ KEE นั้นค่อนข้างยืดหยุ่น คือสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมให้วินิจฉัยแบบย้อนหลังหรือไปข้างหน้าก็ได้

ส่วนติดต่อกับผู้พัฒนาและส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของระบบ KEE ใช้การการแสดงผลแบบกราฟฟิค ที่ช่วยให้การแก้ไข และการพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ในการอธิบายการทำงานให้ผู้ใช้เห็นได้อย่างชัดเจน ยกตัวอย่าง เช่นผู้ใช้อาจถามกลับด้วยคำถาม why เมื่อได้รับคำถามจากระบบ ซึ่งหมายความว่าทำไมจึงต้องการรู้ข้อมูลนี้ ระบบ KEE จะตอบคำถาม why นี้ด้วยการแสดงเส้นทางการให้เหตุผลแบบภาพกราฟฟิค ทำให้เห็นลำดับการใช้กฎต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น การใช้การแสดงผลแบบภาพกราฟฟิคในด้านอื่น ๆ เช่นสำหรับค่าในสล็อตบางสล็อตที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และมีผลต่อค่าอื่น ๆ ในระบบนั้น สามารถนำเอามาตรวัดการเปลี่ยนแปลงค่าแบบกราฟฟิคไปติดตั้งไว้กับสล็อตนั้น เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่านั้นบนจอภาพ รูปที่ 3.6 แสดงมาตรวัดการเปลี่ยนแปลงค่าแบบกราฟฟิคที่ปรากฏอยู่บนจอภาพของ KEE การแสดงผลแบบนี้ทำให้ดูง่ายและเป็นธรรมชาติมากขึ้น

KEE เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา LISP และใช้งานได้บนเครื่อง Xerox 1100 Symbolics 3600 LMILAMBDA และ TI Explorer

ราคาสำหรับชุดแรกของ KEE นั้นค่อนข้างสูงคือ มีราคา 60,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา แต่ราคาจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อจำนวนชุดเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 3.6 แสดงมาตรวัดการเปลี่ยนแปลงค่าแบบกราฟฟิคในระบบ KEE

3. LOOPS

เป็นระบบที่พัฒนาโดยบริษัท Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC) ประกอบด้วยลักษณะต่าง ๆ ของวิศวกรความรู้เข้าด้วยกัน เช่น Object-oriented programming การใช้ค่า active value และวิธีการจัดการฐานความรู้

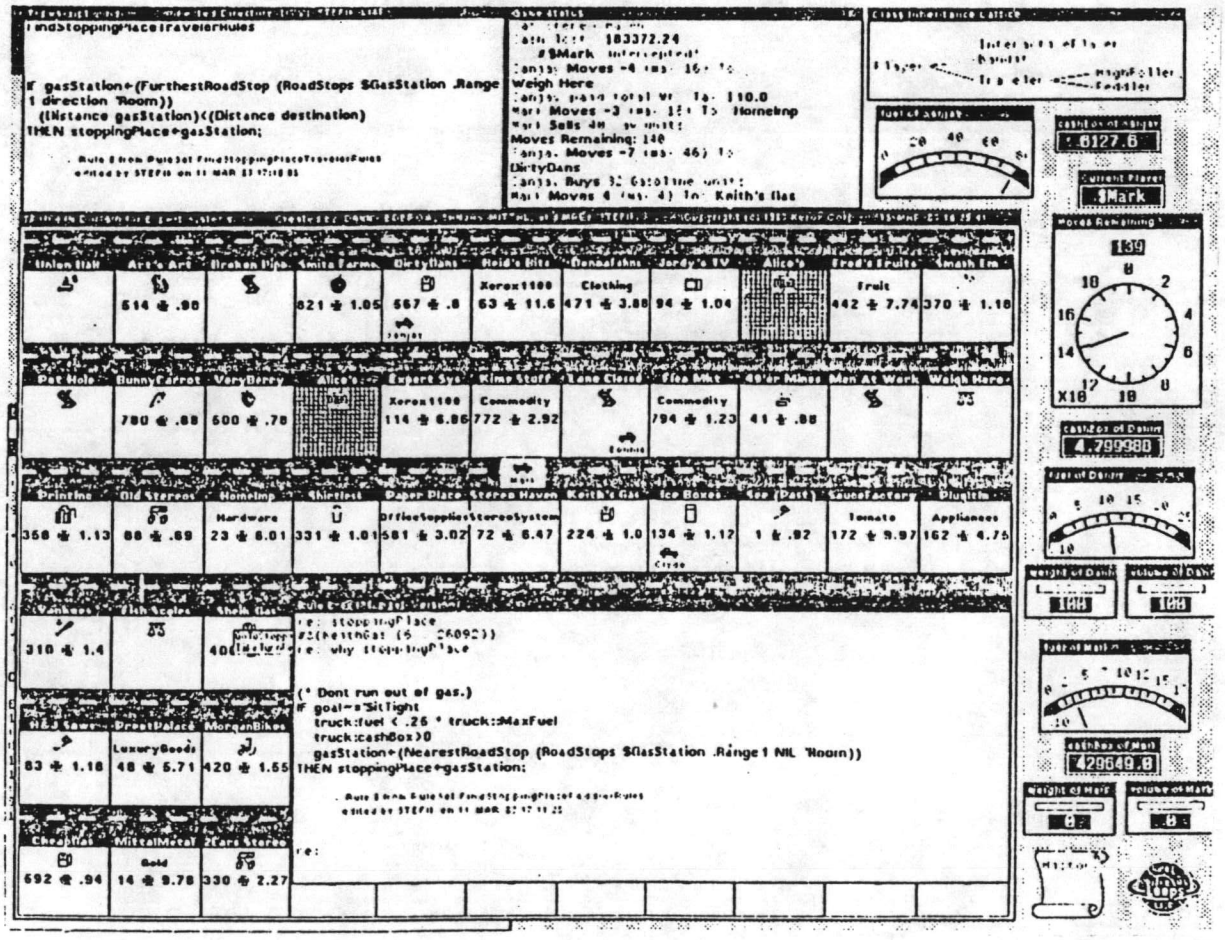
ส่วนการทำงานต่าง ๆ ของระบบ LOOPS คล้ายกับการทำงานของภาษา INTERLISP เช่น สามารถตรวจสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นได้ ติดตามการใช้งาน ดูผลของการใช้กฎ และติดตามย้อนดูเส้นทางการหาเหตุผลระหว่างระบบกำลังทำงานอยู่ได้ การใช้ค่า active value จะเป็นตัวบอกสถานะการณ์ปัจจุบันของตัวแปรที่กำลังหาค่าอยู่ได้ เมื่อมีการเพิ่มฟังก์ชันกราฟฟิคเช่น

แสดงภาพมาตรวัดอื่น ๆ ที่วัดอุณหภูมิ ก็จะช่วยแสดงภาพอนาล็อกของค่าตัวแปรที่กำลังหาค่าได้ หรือการเปลี่ยนแปลงค่าที่สนใจได้ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่าต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันด้วย Object-oriented programming จะมองแต่ละสิ่งต่าง ๆ ในระบบเป็นวัตถุ (หรือกรอบความรู้) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยค่าที่ส่งให้กันแต่ละกรอบความรู้ จะมีตัวบอกว่าเป็นกรอบความรู้เกี่ยวกับอะไร และทำการประมวลค่าของข้อมูลที่ส่งเข้ามา พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

LOOPS ใช้การแสดงผลแบบกราฟฟิคที่มีประสิทธิภาพมาก รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างจอภาพของ LOOPS

LOOP เขียนด้วยภาษา INTERLISP และใช้งานได้กับเครื่อง Xerox 1100 LISP-Based Personal Workstation

LOOPS มีราคา 300 เหรียญสหรัฐอเมริกาไม่มีการบริการ



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างจอภาพของ LOOPS

4. Knowledge Craft (KC)

KC เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้นโดยกลุ่ม Carnegie KC เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญลูกผสมที่มีลักษณะทุกอย่างที่จำเป็นสำหรับการสร้างระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพ

KC ใช้การแทนค่าความรู้แบบกรอบที่ผู้ใช้สามารถกำหนดการถ่ายทอดคุณสมบัติระหว่างกรอบเองได้ ความรู้ที่เก็บไว้ภายในกรอบอาจเป็นได้ทั้งข้อเท็จจริง กฎโพรดักชัน และขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับกรอบนั้น ๆ ซึ่งจะถูกเรียกใช้งานก็ต่อเมื่อค่าภายในกรอบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม KC ใช้หลักการทำงานแบบ object-oriented programming ซึ่งใช้งานได้ดีกับระบบขนาดใหญ่ การค้นหาภายในฐานความรู้ผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดขึ้นเอง จากการที่ผู้พัฒนาจะต้องเป็นผู้กำหนดการถ่ายทอดคุณสมบัติระหว่างกรอบเอง และต้องกำหนดวิธีการค้นหาภายในฐานความรู้เองนั้น ทำให้ผู้พัฒนาที่จะใช้ KC นี้ จะต้องเป็นวิศวกรความรู้และผู้สร้างระบบปัญญาประดิษฐ์ต่าง ๆ ที่มีประสบการณ์พอสมควร จึงจะสามารถใช้ KC ในการสร้างระบบเชี่ยวชาญได้อย่างมีประสิทธิภาพ

KC ได้รับการออกแบบขึ้นมาสำหรับระบบ real-time โดยเฉพาะ เช่น ระบบควบคุมกระบวนการ ระบบวางแผน และระบบจัดตารางเวลา เป็นต้น เนื่องจาก KC เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญขนาดใหญ่ที่มีโครงสร้างการทำงานที่ซับซ้อน KC จึงไม่เหมาะกับงานธรรมดา ๆ ที่ไม่ซับซ้อนเช่นระบบวินิจฉัยที่มีขนาดปานกลาง ซึ่งสามารถใช้โครงระบบเชี่ยวชาญขนาดเล็ก แต่มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นในการสร้างครบถ้วน

การแสดงผลแบบกราฟฟิคจะสามารถทำได้ เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งคือ Simulation Craft ซึ่งต้องจ่ายเพิ่มสำหรับส่วนนี้ถ้าต้องการใช้การแสดงผลแบบกราฟฟิค นอกจากนี้ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และผู้พัฒนาก็ยังมีเครื่องมืออธิบายการทำงาน และเครื่องมือค้นหาอื่น ๆ อีกมาก

KC เขียนขึ้นโดยใช้ภาษา Common LISP สามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ หลายชนิดเช่น Symbolics LMI TI EXPLORER VAX และอื่น ๆ

ราคาสำหรับชุดแรก 50,000 เหรียญสหรัฐอเมริกา รวมค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม แต่ไม่รวม Simulation Craft

5. GEST

GEST ย่อมาจาก Generic Expert System Tool GEST ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยสถาบันค้นคว้าทางเทคโนโลยีจอร์เจีย (สาขาปัญญาประดิษฐ์) เพื่อให้เป็นโครงระบบเชี่ยวชาญที่สามารถใช้ได้กับงานหลาย ๆ ลักษณะ GEST ประกอบด้วยลักษณะพื้นฐานต่าง ๆ จำนวนมากที่โครงระบบเชี่ยวชาญอื่น ๆ มีรวมกัน

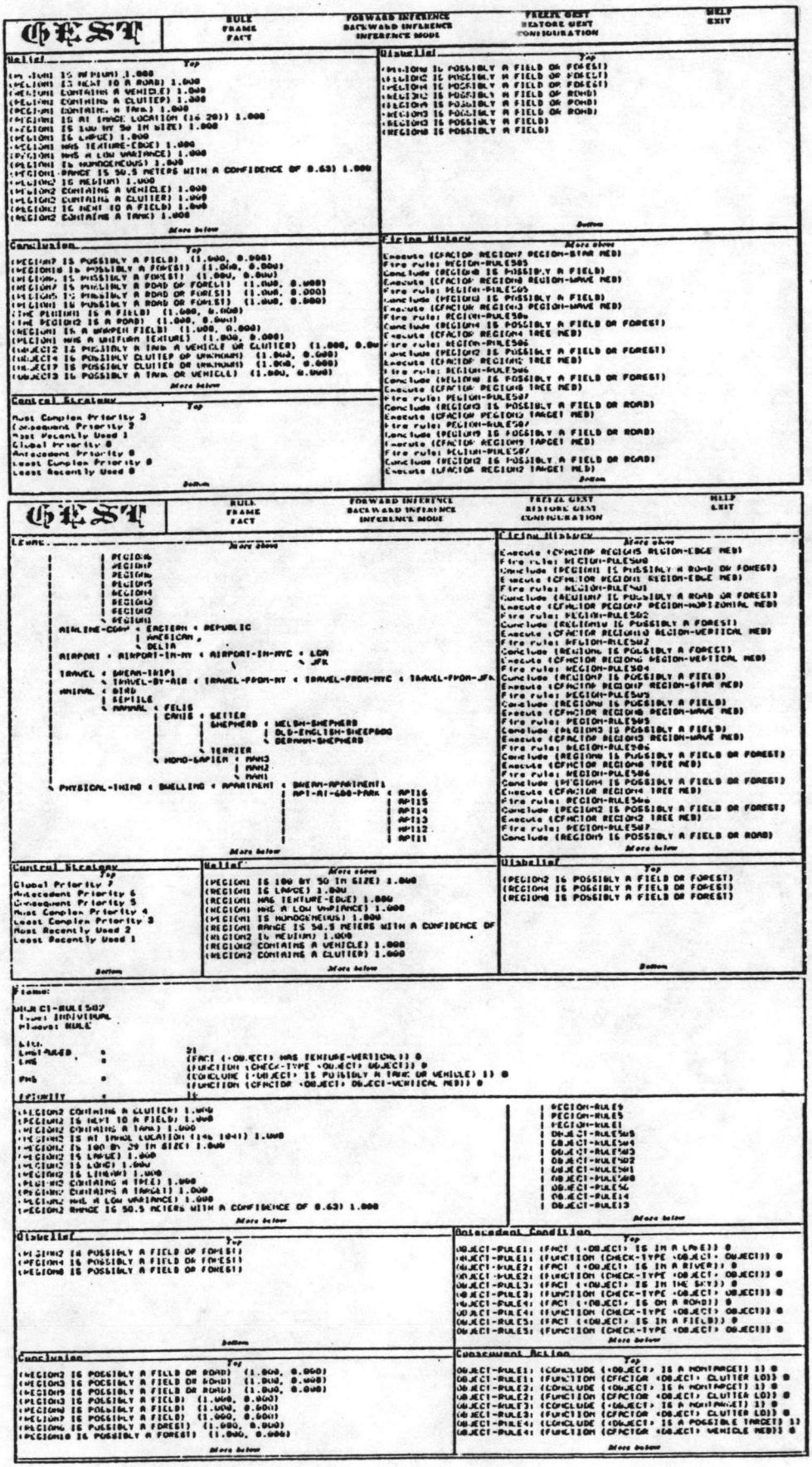
การแทนค่าความรู้ของ GEST มีทั้งหมด 4 ส่วนด้วยกันคือ การแทนค่าข้อเท็จจริงในส่วนนำของกฎโพรดักชัน การแทนค่าความรู้โดยใช้กรอบที่มีระดับชั้นโดยมีขั้นตอนวิธีปฏิบัติงานเชื่อมโยงอยู่ การแทนค่าความรู้เชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ฟังก์ชัน ที่สามารถถูกเรียกใช้งานได้จากเครื่องจักรกลวินิจฉัยของ GEST และสุดท้ายคือการแทนค่าความรู้ในรูปของกฎโพรดักชัน การวินิจฉัยของ GEST อาจใช้แบบย้อนหลัง หรือไปข้างหน้า หรือใช้ทั้งสองวิธีรวมกันก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา สำหรับการไกล่เกลี่ยความขัดแย้งระหว่างกฎนั้น GEST มีให้หลายวิธี ซึ่งผู้พัฒนาอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรืออาจหลายวิธีรวมกันแบบมีลำดับก็ได้ กลวิธีไกล่เกลี่ยความขัดแย้งที่มีใน GEST ได้แก่

- เลือกกฎที่มีความซับซ้อนมากที่สุด คือมีประโยคในส่วนเงื่อนไขมากที่สุด
- เลือกกฎที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด คือมีประโยคในส่วนเงื่อนไขน้อยที่สุด
- เลือกกฎที่เคยถูกนำไปใช้หลังสุด
- เลือกกฎที่เคยนำไปใช้ก่อนกฎอื่นหรือไม่เคยนำไปใช้เลย
- ใช้ลำดับความสำคัญที่กำหนดไว้ในส่วนนำหรือส่วนตามของกฎ

จุดเด่นของ GEST นอกเหนือจากการที่สามารถใช้ได้กับงานหลายลักษณะนั้นอยู่ที่ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้และผู้พัฒนา ที่ใช้ลักษณะจอภาพแบบหน้าต่าง และสัญลักษณ์ที่สะดวกต่อการใช้รูป 3.1 แสดงตัวอย่างจอภาพของ GEST

GEST พัฒนาด้วยภาษา LISP และทำงานบนเครื่อง Symbolics โดยเฉพาะ

GEST มีราคา 9,500 เหรียญสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างจอภาพของ GEST

	ES/P Advisor	Expert Ease	INSIGHT 2	M.1	PC	TIMM	Rule Master	S.1	KES	EXPERT	ART	KEE	LOOPS	KC	GEST
Task															
Diagnosis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Design							X	X			X	X		X	X
Planning											X	X		X	X
Control						X	X				X	X		X	X
Knowledge Base															
Rule Limit	400		400	1000	400										
Knowledge representation															
Rule	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Frame								X			X	X	X	X	X
O-A-V Triplet, A-V Pair	A-V		A-V	A-V	O-A-V			O-A-V	A-V	A-V	O-A-V				
Logic								X			X	X		X	
Inference engine															
Control strategy															
Backward	X		X	X	X		X	X	X		X	X		X	X
Forward		X	X			X	X	X	X		X	X		X	X
Method of reasoning															
Production	X		X	X	X			X	X		X	X	X	X	X
Object-oriented											X	X	X	X	
Blackboard											X				
Induction		X				X	X								
Inexact			C	C	C	C	C	C	B	C	C				
Conflict resolution strategy															
Rule Order	X			X	X			X	X		X	X	X	X	
Recency															X
Priority			X		X				X						X
Complexity															X
User-defined								X			X	X	X	X	X
Developer interface															
KB Creation *	WP	LE	WP	WP	LE	LE	LE	WP,LE	WP,LE		WP	LE		WP,LE	WP,LE
KB Editing				X	X		X	X			X	X		X	X
Inference Tracing	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	
HOW & WHY	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	
WHAT IF						X		X	X		X	X		X	
Apropos Facility				X	X		X		X		X	X		X	X
Graphic		X			X			X			X	X	X	X	X
Saved Case	X		X	X	X	X		X	X					X	
User interface formatting			X		X	X		X			X	X		X	
Inference engine developing								X			X	X	X	X	X
User interface															
Screen	M	M	M	L	M	L	M	M	L	L	M	M,L	M	M,L	M
Multiple & uncertain answer	X		X	X	X	X		X	X		X	X			
Initial pruning			X		X						X	X			
Online Help	X		X		X	X	X	X	X		X	X		X	
Speed	M	F	F	M	S	M	M	M	F		F	M	M	M	F
System interface															
Embeddable					X										
Data Hook			X	X			X	X	X		X	X		X	
Other language	Prolog		Pascal		LISP		Most	C	C		X	X		X	
Software															
Language	Prolog	Pascal	Pascal	C	LISP	Fortran	C	C,LISP	C,LISP	LISP	LISP	LISP	LISP	LISP	LISP
Compilation	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X	
OS	DOS	UCSD-P	DOS	DOS	DOS	DOS	DOS UNIX VMS	VMS UNIX	DOS		VMS UNIX				
Hardware															
Symbolics								X	X	X	X	X		X	X
LMI											X	X		X	
TI Explorer										X	X	X		X	
VAX		X	X			X	X	VMS Ultrix	X		X	X		X	
XEROX								X	X	X	X	X	X	X	
IBM PC	X	X	X	X	X	X	AT		X						
TI Prof.					X	X									
APOLLO							X	X	X	X		X			
SUN							X	X	X	X	X	X			
IBM 370								X							
Others **		X	X			X	X	X	X	X		X		X	
RAM	128K	128K	128K	192K	512K	640K									
Others	CM		2D	CM	10M	10M,M									
Training & Support															
Document	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Consultation				X	X			X			X	X		X	X
Training			X	X	X			X			X	X	X	X	X
Cost	$1,895	$2K	$95	$12.5K	$3K	$9.5K	$995	$80K	$4K	-	$60K	$60K	$300	$50K	$9.5K

* WP = Word Processor, LE = Line Entry

** CM = color monitor, 2D = 2 Disk Drives, 10M = 10M Hard Disk, M = Math-Coprocessor

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของโครงระบบเชี่ยวชาญระบบต่าง ๆ

สรุป

ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้สามารถใช้ในการพิจารณาร่วมกับกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกโครงระบบเชี่ยวชาญที่เหมาะสม โครงระบบเชี่ยวชาญระบบอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมากล่าวไว้ในที่นี้ยังมีอีกมาก การหาข้อมูลของแต่ละโครงระบบเชี่ยวชาญมีความจำเป็น และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง การได้ทดลองใช้งานตัวอย่างโครงระบบเชี่ยวชาญระบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกันจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด บทต่อไปจะเป็นการศึกษาและทดลองใช้งานตัวอย่างโครงระบบเชี่ยวชาญที่หามาทดลองได้ 2 ระบบคือ M.1 และ PC