สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1

STUDYING SHELL OF M1 EXPERT SYSTEM

โดย

นาย กิตติภูมิ จิตมั่น รหัส 39014028

นาย ธเนศ รุจิวิพัฒน์ รหัส 39014224

T 0 3 6 7 9 2

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์

อาจารย์ ประภาส เริงรื่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36792
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1 (Studying shell of M1 expert system)

ผู้จัดทำ

นาย กิตติภูมิ จิตมั่น รหัส 39014028

นาย ธเนศ รุจิวิพัฒน์ รหัส 39014224

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประภาส เริงรื่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1
นักศึกษา	นาย กิตติภูมิ จิตมั่น
	นาย ธเนศ รุจิวิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์
	อาจารย์ ประภาส เริงรื่น
สาขา	วิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเปลือกของระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1 เพื่อใช้ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำงานซับซ้อนมาก ๆ ซึ่งงานประเภทนี้จะสามารถทำได้ก็ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์เท่านั้น แต่ปัจจุบันเราสามารถที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานเช่นนั้นได้ โดยการถอดความรู้จากมนุษย์และนำความรู้นั้นใส่ให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะใช้งานร่วมกับตัวระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะถูกออกแบบมาให้เป็นระบบที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นเครื่องอนุมาน จากนั้นคอมพิวเตอร์ของเราจะมีความสามารถเช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	STUDYING SHELL OF M1 EXPERT SYSTEM
Student	Mr.Kittipoom Jitmun
	Mr.Tanate Rujiviput
Thesis Advisor	Mr.Taweepol Suesut
	Mr.Prapat Rurngruen
Year	2542

Abstract

This thesis studying shell of M1 expert system for cooperating with complicated computer system normal , this work could be used by expertness only but now a computer can operator the such by decoding expert evidence and bringing it to the computer for cooperating with shell of expert system. Shell of expert system is designed for conferencing knowledge base. After that the computer can give suggestion like expert evidence.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการทำงานและทฤษฎี	2
- ความรู้พื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ	2
- นิยามของระบบผู้เชี่ยวชาญ	2
- ประวัติในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ	6
- องค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ	6
- การหาเหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอน	9
- ภาษาและเครื่องมือ	12
- การแสดงความรู้และการอนุมานในระบบผู้เชี่ยวชาญ	15
- โครงสร้างของระบบการผลิต	17
- การอนุมาน	18
- เงื่อนไขของความไม่แน่นอน	24
บทที่ 3 โครงสร้างของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ M 1	26
- แนะนำการสร้างฐานความรู้	26
- การเรียกดูฐานความรู้และการเขียนฐานความรู้ให้กับระบบ	28
- การออกจาก M1 เข้าสู่โปรแกรมระบบจัดการ	29
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้งานเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ M 1	32
- แนะนำความรู้เรื่องตากล้องมือใหม่	32
- แนะนำความรู้เรื่อง MODAPTS	39
บทที่ 5 แนวทางในการพัฒนาเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ M 1	50
- การจำแนกปัญหาและวิเคราะห์ความรู้ที่จะนำมาสรุปใส่ฐานความรู้	54
- การเลือกเครื่องมือและทำความเข้าใจการให้คำปรึกษา	56
- การออกแบบระบบ	57
- การสร้างต้นแบบ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การขยาย ทดสอบ และ ปรับปรุงระบบ 57
- การเลือกปัญหาที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ 58
- การจำแนกชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ 59
- โครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ 59
- การแสดงความรู้ 61
- การติดต่อกับผู้ใช้ 63
- ลักษณะซอฟทแวร์ของระบบ 63
- ความสามารถในการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ 64
- รายละเอียดเพิ่มเติม 65

ภาคผนวก 67

กิตติกรรมประกาศ 92

บรรณานุกรม 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การแนะนำตัวเองของระบบผู้เชี่ยวชาญ	**3**
รูปที่ 2.2การโต้ตอบระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้	**4**
รูปที่ 2.3 การให้คำปรึกษาของระบบผู้เชี่ยวชาญ	**5**
รูปที่ 2.4 การแสดงการอธิบายคำถามของระบบผู้เชี่ยวชาญ	**5**
รูปที่ 2.5ไดอะแกรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ	**7**
รูปที่ 2.6 ระดับต่างๆของซอฟทแวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญ	**13**
รูปที่ 4.1 การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญเรื่องตากล้องมือใหม่	**42**
รูปที่ 4.2 การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญเรื่อง MODAPTS	**44**
รูปที่ 5.1 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็ก	52
รูปที่ 5.2 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่	53
รูปที่ 5.3 โครงสร้าง ESBT	60
รูปที่ 5.4 วิธีการต่างๆของการแสดงความรู้	61
รูปที่ 5.5 ชนิดต่างๆของการอนุมาน	62
รูปที่ 5.6 หน่วยต่างๆของการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ	63
รูปที่ 5.7 การแบ่งชนิดความสามารถของซอฟทแวร์	64
รูปที่ 5.8 ชนิดของการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ	65
รูปที่ 5.9 ชนิดการใช้งานร่วมกับซอฟท์แวร์อื่น	66
รูปที่ 5.10 คอมพิวเตอร์ที่ใช้กับระบบ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ให้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ดังเช่นเดียวกับมนุษย์ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการที่ระบบคอมพิวเตอร์จะสามารถกระทำเช่นนี้ได้จะต้องจำลองกระบวนการหาเหตุผลของมนุษย์โดยอาศัยความรู้และวินิฉัยซึ่งระบบจะรับเอาความรู้พื้นฐานที่มนุษย์เป็นผู้ใส่ให้มาทำการประเมินผลเช่นเดียวกับการที่มนุษย์แก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยตนเอง ระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางกับการวินิจฉัย การวางแผน การออกแบบ การควบคุม การบอกสถานะ การคาดการณ์ และการออกคำสั่งวรรค โดยตัวอย่างที่สามารถจะเปรียบได้ดีคือ การที่เราไปพบแพทย์เมื่อไม่สบาย แพทย์จะตั้งคำถามแล้วให้คนไข้ตอบ และอาจจะมีการตรวจเช็คร่างกายบ้างจากนั้นแพทย์ก็จะวินิฉัยว่าคนไข้เป็นโรคอะไรได้ ระบบผู้เชี่ยวชาญก็เช่นกัน คือ ระบบจะถามคำถามผู้ใช้และผู้ใช้จะต้องตอบคำถาม เมื่อคำถามหมดผลการวินิจฉัยจะออกมาเป็นคำตอบให้ผู้ใช้ได้ทราบ สิ่งที่ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดของระบบก็ฎคือสามารถวินิจฉัยความรู้นั้นได้ดีกว่าคอมพิวเตอร์ธรรมดา คือ ระบบสามารถประมวณผลในเรื่องที่ใกล้เคียงกับความจริงซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องอาศัยมนุษย์เป็นผู้ตัดสินใจ ระบบผู้เชี่ยวชาญถึงแม้จะเป็นสาขาใหม่ที่เพิ่งจะเกิดขึ้นแต่ตามหลักการแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญ ไม่ใช่ระบบที่ยากมาก ซึ่งในอนาคตสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ของฮาร์ดแวร์ถูกพัฒนาให้ใช้ได้โดยตรงกับระบบผู้เชี่ยวชาญและเทคโนโลยีของปัญญาประดิษฐ์รวมเข้าด้วยกัน ความเป็นไปได้ที่ทำให้การพัฒนาของระบบจะสามารถทำงานได้เหมือนมนุษย์มากยิ่งขึ้นและเครื่องสามารถมีความเข้าใจเกิดขึ้นได้ด้วย ระบบผู้เชี่ยวชาญมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ เครื่องอนุมานและฐานความรู้ ในระบบผู้เชี่ยวชาญโดยทั่วไปจะถูกออกแบบมาให้เป็นระบบที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นเครื่องอนุมานโดยที่เว้นความรู้เอาไว้ให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาต่อเอง ระบบผู้เชี่ยวชาญลักษณะนี้จะเรียกว่า เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งปัจจุบันมีหลายชนิด ในส่วนนี้จะแนะนำเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1

M1 เป็นโปรแกรมทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญที่สมบูรณ์ที่สุดในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ มีวิธีการแสดงความรู้แบบกฎซึ่งสามารถจุดความรู้ได้ถึง 1000 กฎ มีความสามารถในการหาค่าแฟกเตอร์ความแน่นอนในความจริงและกฎต่าง ๆ ส่วนการอนุมานจะเป็นแบบย้อนหลังแต่ในบางครั้งก็สามารถอนุมานแบบเดินหน้าได้ด้วย นอกจากนั้นแล้ว M1 ยังสามารถแสดงเมนูได้เองโดยอัตโนมัติในกรณีที่ต้องการซึ่งจะได้กล่าวกันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ความรู้พื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นสาขาใหม่ที่เพิ่งเกิดขึ้น ตามหลักการแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญไม่ใช่เรื่องที่ยากมาก แต่เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญได้เปลี่ยนแนวคิดบางอย่างจากวิธีการเขียนโปรแกรมแบบเดิม จึงทำให้ดูเหมือนเป็นเรื่องยากและน่าอัศจรรย์ สำหรับในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงความรู้ทั่วไปที่เกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในระบบผู้เชี่ยวชาญ
คำอธิบายในส่วนนี้จะเป็นการให้นิยามเบื้องต้น เพื่อว่าจะทำให้ผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจในส่วนนี้ต่อ ๆ ไปได้อย่างไม่ติดขัด

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกใช้เพื่อทำงานที่ซับซ้อนมาก ๆ ซึ่งในอดีตงานประเภทนี้จะสามารถทำได้ก็ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์เท่านั้น ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้งานด้านปัญญาประดิษฐ์ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะรับเอาความรู้พื้นฐานซึ่งมนุษย์เป็นผู้ใส่ให้มาทำการประเมินผลเช่นเดียวกับการที่มนุษย์แก้ปัญหาที่ซับซ้อน

สิ่งที่ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดของระบบผู้เชี่ยวชาญก็คือ การวินิจฉัยความรู้นั้นได้ดีกว่าคอมพิวเตอร์ธรรมดา ซึ่งก็คือการที่มันสามารถประมวลผลในเรื่องที่ใกล้เคียงกับความจริง ซึ่งโดยปรกติแล้วจะต้องอาศัยมนุษย์เป็นผู้ตัดสินใจ

ระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้กับการวินิจฉัย การวางแผน การออกแบบ การแปร การควบคุม การบอกสถานะ การคาดการณ์ และการออกคำสั่งวรรคในอนาคตด้วยสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ของฮาร์ดแวร์ ซึ่งถูกพัฒนาให้ใช้ได้โดยตรงกับระบบผู้เชี่ยวชาญและเทคโนโลยีของปัญญาประดิษฐ์รวมเข้าด้วยกัน ความเป็นไปได้ที่ทำให้การพัฒนาระบบสามารถทำงานได้เหมือนกับมนุษย์มีมากยิ่งขึ้น

การพัฒนาระบบดังกล่าว จะสามารถทำให้ไม่เพียงแต่มีระบบที่มีความสามารถมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังจะทำให้เครื่องสามารถมีความเข้าใจเกิดขึ้นได้ด้วย

❖ นิยามของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ให้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดังประหนึ่งเดียวกับมนุษย์ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการทำเช่นนี้ได้ระบบคอมพิวเตอร์จะต้องจำลองกระบวนการหาเหตุผลของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้และการวินิจฉัย

การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ตัวอย่างที่สามารถเปรียบเทียบได้ดีคือการที่เราได้พบแพทย์เมื่อไม่สบาย แพทย์จะตั้งคำถามแล้วให้คนไข้ตอบ และอาจจะมีการตรวจเช็คร่างกายบ้าง จากนั้นแพทย์ก็จะวินิจฉัยว่าคนไข้เป็นโรคอะไรได้ ในระบบผู้เชี่ยวชาญก็เช่นกัน การใช้ระบบผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชี่ยวชาญก็คือ ระบบจะถามคำถามผู้ใช้ และผู้ใช้จะตอบคำถาม เมื่อคำถามหมด ผลการวินิจฉัยจะออกมาเป็นคำตอบให้ผู้ใช้ได้ทราบ

ตามรูปที่ 1 รูปที่ 2 และรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการตั้งหน้ากล้องถ่ายรูปให้สังเกตว่าเมื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบ ระบบจะมีการแนะนำตัวเองก่อนว่าต่อไปนี้กำลังจะทำงานเกี่ยวกับเรื่องอะไร และมีกระบวนการอย่างไร หลังจากนั้น ระบบก็จะถามผู้ใช้ว่า " WHAT IS THE FILM SPEED (IN ASA)?" ตามรูปที่ 2 เมื่อผู้ใช้ตอบว่า 100 ระบบก็จะเก็บคำตอบนี้ไว้แล้วถามคำถามข้อใหม่ว่า เงื่อนไขของแสงในขณะที่กำลังถ่ายรูปเป็นอย่างไร สมมุติว่าผู้ใช้ตอบว่าสว่างมาก (ดูตามรูปที่ 2) ระบบผู้เชี่ยวชาญก็จะนำผลที่ได้นี้และผลที่ได้จากคำตอบแรกมาอนุมานคำตอบ คำตอบที่ได้จะปรากฏดังแสดงในรูปที่ 3

WELCOME TO THE JOY OF PHOTOGRAPHY!!

BEFORE EXPLORING THE WORLD OF PHOTOGRAPHY, THIS SYSTEM WILL HELP YOU TO ACCOMMODATE THE BASIC SKILL OF PICTURE TAKING,THAT IS,SETTING THE PROPER EXPROSURE FOR A PARTICULAR PICTURE.

THERE ARE TWO TYPES OF SETTING THAT DETERMINE THE PROPER EXPOSURE BY CONTROLLING THE AMOUNT OF LIGHT THAT IS REACHING THE FILM. THE APERTUR SETTING DETERMINES THE SIZE OF THE OPENING THROUGH WHICH LIGHT PASSES AND IS MEASURED IN FSTOPS. THE SHUTTER SPEED DETERMINES HOW LONG THE FILM IS EXPOSED TO LIGHT IN FRACTIONS OF SECOND.

THE SYSTEM WILL ASK QUESTIONS CONCERNING THE FILM SPEED IN ASA AND LIGHT CONDITION.
IT WILL SUGGEST THE APERTURE SETTING AND SHUTTER SPEED AS THE SOLUTION.

รูปที่ 2.1 การแนะนำตัวเองของระบบผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHAT IS THE FILM SPEED (IN ASA)?

100

200

400

>>100

##################

PLEASE SELECT THE MOST APPROPRIATE LOGHT CONDITION FROM THE FOLLOWING LIST:

1. BRIGHT-SUN
2. SOFT-SHADOW
3. FLASH
4. CLOUDY-BRIGHT
5. OVERCAST

YOU MAY ENTER A NUMBER ASSOCIATED WITH EACH SELECTION OR A SELECTION DIRECTLY.

WHAT IS YOUR SELECTION FOR THE LIGHT CONDITION?

>>1.

รูปที่ 2.2 การโต้ตอบระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HERE ARE THE SETTINGS (WITH CONFIDENCE 100%):

     APERTURE=F11

     SHUTTER SPEED =125

     ENJOY YOUR PICTURE TAKING !!

PHOTO=>>
```

รูปที่ 2.3 การให้คำปรึกษาของระบบผู้เชี่ยวชาญ

นอกจากลักษณะในการตั้งคำถามถามผู้ใช้ดังที่เคยกล่าวมาแล้ว ระบบผู้เชี่ยวชาญยังสามารถที่จะตอบคำถามกับของผู้ใช้ได้ด้วย ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่เข้าใจว่าทำไมจึงถามคำถามเช่นนี้ดังในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าผู้ใช้ถาม "WHY" เมื่อถูกถามในเรื่องของความไวแสงของฟิล์ม ระบบก็จะให้คำอธิบายดังกล่าวออกมาได้

```
WHAT IS THE FILM SPEED (IN ASA)?

     100

     200

     400

  >> WHY.

GIN ORDER TO CONCLUDE THE PROPER EXPOSURE SETTINGS, THE TYPE OF
     FILM-SPEED, AND  CONDITION OF LIGHT ARE REQUIRED.

WHAT IS THE FILM SPEED (IN ASA)?

     >>
```

รูปที่ 2.4 แสดงการอธิบายคำถามของระบบผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญดังกล่าว เมื่อพิจารณาถึงลักษณะภายในของระบบแล้วระบบจะประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

-ความรู้เฉพาะที่มีโดเมนเท่าที่เราสนใจ

-การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาข้อมูล

-การวิเคราะห์ทางฮิวริสติกมาช่วยสนับสนุน

-ความสามารถในการประมวลผลเพื่อหาความรู้ใหม่จากความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

-การประมวลผลสัญลักษณ์

-ความสามารถในการอธิบายวิธีการหาเหตุผล

❖ **ประวัติในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ**

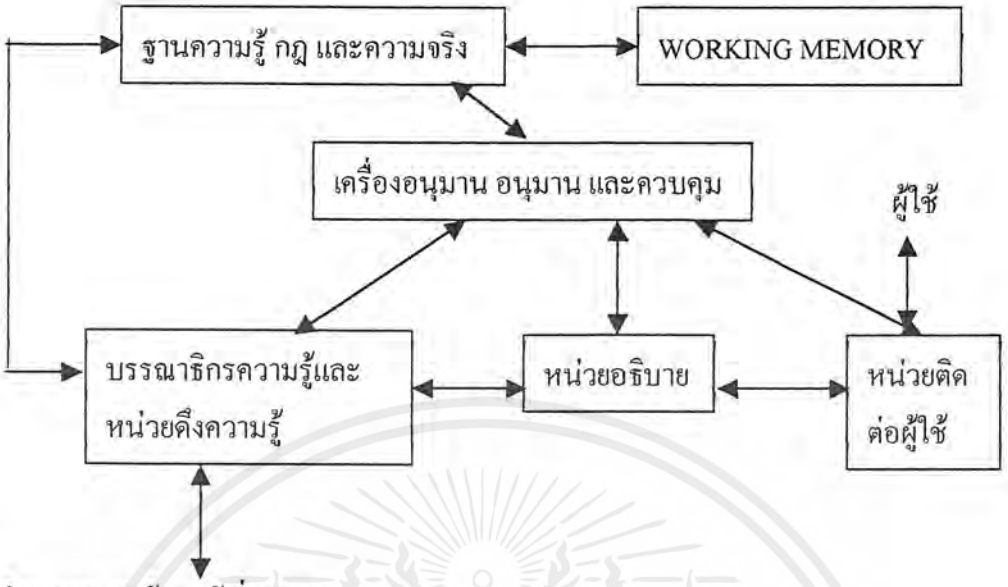
เทคโนโลยีของระบบผู้เชี่ยวชาญที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันได้ถูกพัฒนามาจากเทคนิคของปัญญาประดิษฐ์ซึ่งได้มีการวิจัยมาตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1950 งานวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องนี้ ขึ้นอยู่กับภาษาที่จะนำมาใช้ในการหาเหตุผลจากการประมวลผลสัญลักษณ์ ภาษา IPL เป็นภาษาแรกที่สามารถทำการประมวลผลสัญลักษณ์ได้ และ LISP (LIST PROCESSING LANGUAGE) ซึ่งได้รับความนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันนี้ถูกพัฒนาโดย จอห์น แมคคาที ในปี 2504

งานวิจัยที่มุ่งเน้นมาทางระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นเริ่มต้นเมื่อกลางทศวรรษที่ 1960 มีระบบหลายระบบได้ถูกพัฒนาในช่วงปี 2508 ถึง 2513 โดยส่วนใหญ่แล้วระบบจะมีขอบเขตที่ค่อนข้างจำกัด และถูกพัฒนาเพื่อใช้กับเกมส์หรือวิชาการที่ค่อนข้างสูง วิชาที่เป็นนิยาม ถึงแม้ว่าการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่ แต่ในปัจจุบันระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลายส่วนขององค์การต่าง ๆ

❖ **องค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ**

จากแนวคิดที่กล่าวข้างต้น และการพยายามที่จะออกแบบการคิด การจำ การประมวลผลของมันสมองของมนุษย์ จึงมีการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญที่แบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นการแสดงองค์ประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ และเส้นที่โยงถึงกันด้วยลูกศรจะแสดงถึงหน่วยที่ติดต่อกันจากส่วนต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ

1. ฐานความรู้ (KNOWLEDGE BASE) คือส่วนความรู้ ของความรู้ที่จะประกอบไปด้วยความจริงและกฎต่าง ๆ ซึ่งความจริงและกฎต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกจัดไว้ให้มีลักษณะที่เป็นฮิวริสติก และมีลักษณะในการแก้ปัญหาเฉพาะปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวกับการรักษาโรคหัวใจ ในฐานความรู้ก็จะประกอบด้วยกฎและความจริงที่เกี่ยวกับเรื่องของการรักษาโรคหัวใจ ซึ่งกฎและความจริงเหล่านี้จะถูกจัดวางไว้ในลักษณะอิวริสติก โดยปกติแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญที่ดีมักจะสร้างให้ฐานความรู้นี้เป็นส่วนที่ว่างเปล่าที่ผู้สร้างระบบผู้เชี่ยวชาญจะใส่ความรู้อะไรก็ได้ หรือเปลี่ยนเป็นความรู้อะไรก็ได้

การให้ความรู้กับระบบผู้เชี่ยวชาญเรียกว่า การแสดงความรู้ (KNOW-LEDGE REPRESENTATION) เนื่องจากว่าการแสดงความรู้จะต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถในการนำความรู้ในด้านนั้น ๆ มาจัดให้อยู่ในรูปของความจริงและกฎตามลักษณะการอนุมานของระบบผู้เชี่ยวชาญ ในการแสดงความรู้นี้ไม่ใช่เรื่องง่ายที่ใคร ๆ ก็สามารถทำได้ การแสดงความรู้เป็นศาสตร์ที่วิศวกรความรู้จะต้องศึกษาถึงวิธีการทางฮิวริสติกต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งต่างจากการเขียนโปรแกรมธรรมดา บุคคลที่ทำหน้าที่ในการใส่ความรู้เรียกว่า วิศวกร

2. เครื่องอนุมาน (INFERENCE ENGINE) คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการอนุมานความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในฐานความรู้ เพื่อที่จะทำหน้าที่ในการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จากการที่ระบบได้รับข้อมูลจากผู้ใช้ ในระบบผู้เชี่ยวชาญ เครื่องอนุมานจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ อย่างแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจะทำหน้าที่ในการตรวจสอบความจริงและกฎที่มีอยู่แล้ว และเพิ่มความจริงอันใหม่เข้าไปเมื่อจำเป็น และอย่างที่ สอง เครื่องจะทำการตัดสินใจเกี่ยวกับลำดับก่อนหลังของการอนุมาน ในการที่จะทำเช่นนี้ได้เครื่องจะต้องทำการติดต่อและขอคำปรึกษากับผู้ใช้ องค์ประกอบของเครื่องอนุมานนั้นจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกี่ยวกับการอนุมาน (INFERENCE) ในการหาความรู้ใหม่จากความจริงและกฎที่มีอยู่แล้ว และส่วนที่เกี่ยวกับการควบคุม (CONTROL) จะทำหน้าที่ในการควบคุมและจัดลำดับของการอนุมาน

การอนุมาน ในการอนุมานเครื่องอนุมานจะอาศัยหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

MODUS PONENS คือยุทธศาสตร์ในการอนุมาน หลักการของ MODUS PONENS มีวิธีการง่ายๆ คือ ถ้าหากรู้ว่า A ถูก และเมื่อมีกฎที่ว่า IF A THEN B เราจะสามารถสรุปได้ว่า B จะถูกด้วย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเมื่อพบว่า PERMISES (A) ของกฎถูกต้องก็สามารถเชื่อได้ว่า CONCLUSION (B) ของกฎข้อนั้นถูกต้องด้วย

จากตัวอย่างในเรื่องของ แดง ที่ว่า

FACT-1 : แดงใหญ่เป็นบิดาของแดง

FACT-2 : แดงเป็นบิดาของแดงเล็ก

RULE-1 : IF แดงใหญ่เป็นบิดาของแดง AND
แดงเป็นบิดาของแดงเล็ก
THEN แดงใหญ่เป็นปู่ของแดงเล็ก

RULE-2 : IF แดงใหญ่เป็นพี่ของแดง AND
แดงเป็นพี่ของแดงเล็ก
THEN แดงใหญ่เป็นพี่ของแดงเล็ก

เมื่อทราบว่า แดงใหญ่เป็นบิดาของแดง จาก FACT-1 และทราบว่า แดงเป็นบิดาของแดงเล็ก จาก FACT-2 เราก็สามารถเชื่อได้ว่าดแงใหญ่เป็นปู่ของแดงเล็กด้วย RULE-1

ในการใช้ MODUS PONENS กับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น จะสามารถพิจารณาในแง่ของประโยชน์ได้ 2 นัย กล่าวคือ

เนื่องจากว่ากฎที่จะนำมาใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย และในการหาเหตุผลก็เป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ง่ายด้วย

และเนื่องจากว่า MODUS PONENS นี้ไม่สามารถสรุปในเชิงย้อนกลับได้ เช่น ถ้าจะกล่าวว่า ถ้าหากรู้ว่า B ถูก และเมื่อมีกฎที่ว่า IF A THEN B เราจะสามารถสรุปได้ว่า A จะถูกด้วยเช่นนี้ไม่ได้มมและในระบบผู้เชี่ยวชาญโดยส่วนใหญ่จะทำเช่นนี้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาเหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอน ในกรณีที่ความรู้ใดที่ไม่ลามารถตัดสินใจว่าถูกต้องร้อยเปอร์เซนต์ เครื่องอนุมานจะทำการอนุมานความรู้นี้ภายใต้ความไม่แน่นอน ความรู้ที่ที่ไม่แน่นอนจะถูกกำหนดไว้ด้วยค่าความแน่นอน (CERTAINTY FACTOR) ที่เขียนแทนว่า CF เช่น สีของท้องฟ้า = สีฟ้า CF 95 หมายความว่าเรามั่นใจว่าสีของท้องฟ้าเท่ากับสีฟ้า 95 เปอร์เซ็นต์ (จาก 100)

ในการหาเหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอน เนื่องจากว่าในการอนุมานกฎข้อต่างๆ จะต้องมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน ดังนั้นเมื่อมีการกำหนดค่าความแน่นอนให้กับ ความจริง และ หรือ กฎ อันใดอันหนึ่ง ผลของมันจะไปเกี่ยวเนื่องกับ กฎ และ ความจริง อันอื่นๆ ด้วย เช่น

FACT : ท้องฟ้ามีสีฟ้า CF 80 (มั่นใจว่าท้องฟ้ามีสีฟ้า 80%)

RULE : IF ท้องฟ้ามีสีฟ้า THEN อากาศแจ่มใส

จาก กฎ และ ความจริง ดังกล่าวข้างต้น เราไม่สามารถมั่นใจได้ 100% ว่าวันนี้อากาศแจ่มใส เนื่องจากว่าเรามั่นใจว่า วันนี้ท้องฟ้ามีสีฟ้า ด้วยความมั่นใจแค่ 80% เท่านั้น (จาก FACT)

กระบวนการของการหาเหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอนนั้นมีอยู่หลายวิธีซึ่งจะได้มีการกล่าวกันในรายละเอียดต่อๆไป

อำนาจจำแนก เป็นการพิสูจน์ว่าความจริงที่เกิดขึ้นใหม่นั้น เป็นจริงจากเซตของตรรกศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว หลักการของอำนาจจำแนกอาศัยหลักการของตรรกะ คือ

1. ในกรณีที่มีกฎดังนี้ IF A THEN B จะสามารถเปลี่ยนเป็นตรรกะได้เท่ากับ NOT A OR B
2. ในกรณีที่ A และ B เป็นองค์ประกอบของตรรกะ จะสามารถสร้างตารางความจริง(TRUE TABLE) ออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าความจริง

A	B	NOT (A)	IF A THEN B	NOT (A) OR B
T	T	F	T	T
T	F	F	F	F
F	T	T	T	T
F	F	T	T	T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อทราบว่า NOT A OR B และทราบว่าA OR C

จะสามารถสรุปได้ว่า B OR C

การทำอำนาจจำแนก จะมีขั้นตอนตามตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้ามีความรู้ที่ต้องการพิสูจน์ คือ

1. IF DISTANCE > 5 MILES

   THEN MEAN = DRIVE.

2. IF MEAN = DRIVE

   THEN ADVICE = TAKE A CAB.

3. FACT: DISTANCE > 5 MILES.

การพิสูจน์

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยน IF ..... THEN..... ของความรู้ที่กำหนดให้เป็นตรรกะดังต่อไปนี้

1. NOT (DISTANCE >5 MILES) OR MEAN = ADVICE.
2. NOT (MEAN = DRIVE) OR ADVICE = TAKE A CAB.
3. DISTANCE > 5 MILES.

ขั้นตอนที่ 2 ใส่สมมติฐานที่เราต้องการจะทดสอบ สมมติว่าเรากำลังจะทดสอบว่าถ้าเราไม่แนะนำให้ TAKE A CAB ผลจะออกมาเป็นเช่นไร

4. NOT (ADVICE = TAKE A CAB)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการตรวจสอบดังนี้

NOT (DISTANCE > 5 MILES) OR MEAN = ADVICE . จากกฎข้อที่ 1

NOT (MEAN = DRIVE) OR ADVICE = TAKE A CAB. จากกฎข้อที่ 2

จะได้ NOT (DISTANCE > 5 MILES) OR ADVICE = TAKE A CAB.

DISTANCE > 5 จากกฎข้อที่ 3

จะได้ ADVICE = TAKE A CAB.

NOT (ADVICE = TAKE A CAB) จากกฎข้อที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 แสดงสำสมมติฐานนี้ใช้ได้ เนื่องจากว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นมาขัดแย้งกับความเป็นจริง ดังนั้นผลที่ได้ออกมาจะต้องขัดแย้ง ในกรณีที่สมมติฐานที่ตั้งมาถูกต้อง ผลที่ได้ออกมาจะต้องไม่ขัดแย้งกัน

จากตัวอย่างดังกล่าวจะหมายความว่า ข้อสรุป ADVICE = TAKE A CAB นั้นถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาเหตุผลของความรู้ที่เป็นแบบตรรกศาสตร์นี้จะใช้วิธีการของอำนาจจำแนกแทนวิธีการของ MODUS PONENS ซึ่งใช้สำหรับการแสดงความรู้แบบกฎ

การควบคุม หน่วยควบคุมในเครื่องอนุมานทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- ควบคุมการเริ่มต้นการอนุมานว่าจะเริ่มจากจุดใดในฐานความรู้
- ควบคุมการตัดสินใจว่าจะเลือกกฎข้อใดในการอนุมานต่อไปในการหาเหตุผลเพื่อหาคำตอบ หน่วยควบคุมจะกำหนดวิธีการเลือกกฎหรือความจริงเพื่อจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

จากหน้าที่ของหน่วยควบคุมดังกล่าว ระบบผู้เชี่ยวชาญจะอาศัยวิธีดังต่อไปนี้ในการควบคุม

- การอนุมานแบบเดินหน้าและย้อนหลัง (FORWARD AND BACKWARD CHAINING)

เป็นวิธีการที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของการอนุมานว่าจะเป็นแบบเดินหนาหรือแบบย้อนหลัง โดยปกติแล้ว ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ถูกสร้างขึ้นจะมีวิธีการแบบใดแบบหนึ่งหรือผสมกันในการกำหนดทิศทางสำหรับการอนุมาน

การอนุมานแบบเดินหน้าเป็นแบบกำหนดจุดเริ่มต้นของการอนุมานให้เป็นแบบจากเหตุไปสู่เป้าหมาย สำหรับการอนุมานแบบย้อนหลังเป็นการอนุมานจากเป้าหมายเพื่อไปหาเหตุ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดและวิธีการที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญในส่วนต่อไป

การค้นหาแบบ DEPTH-FIRST กับแบบ BREADTH-FIRST เป็นกระบวนการของการค้นหาข้อมูลบนฐานความรู้ ในระบบผู้เชี่ยวชาญว่าจะเป็นแบบเดินหน้าหรือแบบย้อนหลัง บางครั้งเราจะต้องดูกระบวนการของการค้นหาข้อมูลประกอบไปด้วย ในกรณีของ DEPTH – FIRST เครื่องอนุมานจะสร้างเป้าหมายย่อยให้แตกออกไปตามกิ่งแต่ละกิ่งเรื่อย ๆ ในระหว่างการสร้างเป้าหมายย่อยอยู่นี้ การอนุมานแบบย้อยหลังจะทำการค้นหารายละเอียด ในกรณีของ BREADTH-FIRST เครื่องจะทำการสร้างเป้าหมายย่อยออกมาทีละระดับ (LEVEL) ไปก่อนที่จะตกลงไปหารายละเอียด

ระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยส่วนมากจะให้วิธีการค้นหาข้อมูลแบบ DEPTH-FIRST และในระหว่างการค้นหาเพื่อลงไปสู่รายละเอียดเครื่องจะทำการตั้งคำถามเพื่อติดต่อผู้ใช้

- การหาเหตุผลแบบโมโนโทนิกกับแบบนอนโมโนโทนิก ลักษณะเฉพาะอีกแบบหนึ่งในเรื่องของเครื่องอนุมานที่จะต้องพิจารณา คือ เครื่องอนุมานนั้นเป็นแบบโมโนโทนิกหรือนอนโมโทนิก สำหรับการหาเหตุผลแบบโมโนโทนิกคือความจริงใดที่ตรวจสอบมาแล้วว่าเป็นจริง ความจริงนั้นจะดำรงอยู่ตลอดไปจนกว่าการให้คำปรึกษาของระบบจะสิ้นสุด ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างของความรู้ที่ต้องอาศัยการอนุมานแบบนี้ เช่น ถ้าหากการอนุมานออกมาแล้วได้ความจริงใหม่ที่ว่า ความไวแสงของฟิล์มเป็น 100% ค่าของความไวแสงที่เท่ากับ 100 นี้ จะเป็นความจริงตลอดการให้คำปรึกษา สำหรับการหาเหตุผลแบบนอนโมโทนิกก็คือความจริงใดที่ถูกตรวจสอบแล้วว่าาเป็นจริง ความจริงนั้นยังสามารถจะเปลี่ยนแปลงต่อไปในภายหลังได้ ตัวอย่างของความรู้ที่ต้องอาศัยการอนุมานแบบนี้ก็คือ การวางแผน ในการวางแผนช่วงแรก ๆ มีความเป็นไปได้ที่ว่าจะต้องเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งไปก่อน แต่หลังจากที่ได้รับข้อมูลใหม่ ๆ เข้ามาในภายหลังแล้วการตัดสินใจอาจจะเปลี่ยนแปลงไปก็ได้

3. หน่วยดึงความรู้ (KNOWLEDGE ACQUISITION UNIT) เป็นหน่วยที่รับความรู้จากผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรความรู้เมื่อวิศวกรแสดงความรู้ หน่วยดึงความรู้จะเป็นผู้ดึงความรู้นำเข้าสู่ฐานความรู้

4. หน่วยอธิบาย (EXPLANATION UNIT) คือหน่วยที่คอยอธิบายและให้เหตุผลในการอนุมาน ระหว่างที่ผู้ใช้เครื่องกำลังสนทนาอยู่กับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ผู้ใช้สามารถหาเหตุผลได้ว่าทำไมถึงตั้งคำถามแบบนั้น

5. ผู้ใช้ (USER) คือผู้ที่ต้องการขอคำปรึกษากับระบบผู้เชี่ยวชาญ

ภาษาและเครื่องมือ

ในระบบผู้เชี่ยวชาญมีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องภาษาและเครื่องมือที่แตกต่างจากแนวคิดเก่า ๆ หลายประการ ภาษา ในระบบผู้เชี่ยวชาญจะหมายถึงภาษาชั้นสูง (HIGH LEVEL LANGUAGE) ที่ใช้ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ เช่น ลิสป์และโปรล็อก และ TOOLS หมายถึงเครื่องมือที่ใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 ระดับต่าง ๆ ของซอฟแวร์ในระบบผู้เชี่ยวชาญ

แสดงความรู้ให้กับผู้เชี่ยวชาญ เช่น EMYCIN และ M.1 เป็นต้น นั้นก็คือภาษาเป็ฯส่วนที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ (TOOLS) ถ้าจะแสดงระดับของซอฟแวร์ออกมาเป็นขั้น ๆ จะได้ดังรูปที่ 6

รูปที่ 2.6 แสดงระบบซอฟแวร์ที่มีระดับต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ M.1 จะเห็นได้ว่าภาษาชั้นสูงที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือสำหรับเครื่องมือ M.1 ใช้ภาษา C ในการสร้างและความรู้ก็ใช้เครื่องมือ M.1 ในการแสดง ดังนั้นในระบบผู้เชี่ยวชาญหนึ่ง ๆ จะเห็นว่าภาษาชั้นสูง เช่น ลิสป์ หรือโปรล็อกเป็นตัวที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ เช่น EMYCIN และ M.1จากนั้นก็ใช้เครื่องมือในการแสดงความรู้ ผู้ที่ใช้ภาษาชั้นสูงในการสร้างเครื่องมือไม่มีชื่อเรียกพิเศษว่าอะไร แต่สำหรับผู้ที่ใช้เครื่องมือในการแสดงความรู้มีชื่อเรียกพิเศษว่า วิศวกรความรู้ (KNOWLEDGE ENGINEER)

การสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญในยุคแรกสุด มิได้มีการแยกเครื่องมือออกมาจากตัวระบบ MYCIN เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญระบบแรกที่ผู้สร้างขึ้นมาโดยคณะของนักวิชาการจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด เป็นโปรแกรมที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการรักษาโรคหัวใจกับแพทย์ ที่ถูกสร้างขึ้นมาภายใต้ภาษาลิสป์ เนื่องจาก MYCIT สามารถทำงานได้เฉพาะกับการรักษาโรคหัวใจเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดมาก MYCIT จึงถูกพัฒนาต่อมาอีกโดยการเอาความรู้เกี่ยวกับโรคหัวใจออกแล้วทำให้ผู้ใช้สามารถใส่ความรู้อะไรก็ได้ MYCIT จึงปลายเป็นซอฟแวร์ตัวใหม่ที่เรียกว่า EMYCIN ซึ่งย่อมาจาก EMPTY EMCIN หรือ MYCIN ที่ว่างเปล่า EMCYIN จึงกลายเป็นเครื่องมือของระบบผู้เชี่ยวชาญตัวแรก หลังจากการพัฒนาของ EMYCIN แล้ว เครื่องมือที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ EMYCIN จึงได้เกิดขึ้นอย่างมากมายตัวอย่างของเครื่องมือในปัจจุบันได้แก่

EMYCIN

M.1

PERSONAL CONSULTANT

OPS5

S1

ART

KEE และ

LOOPS EXPERT เป็นต้น

เมื่อกล่าวถึงภาษาและเครื่องมือกับระดับต่าง ๆ ของซอผแวร์เหล่านั้นแล้ว บางครั้งการจำแนกระดับของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีการสับสนพอสมควร มีซอฟแวร์บางชนิดที่ไม่ได้เป็นภาษาชั้นสูงเช่นเดียวกับลิสป์ ซึ่งใช้งานเพียงด้านโปรแกรมมิ่งเท่านั้น แต่ก็ไม่ใช่เครื่องมือที่จะสามารถแสดงความรู้ได้อย่างดีเช่นเดียวกับ M.1 หรือ EMYCIN เพื่อความสะดวกซอฟแวร์เหล่านี้จึงถูกจัดเป็นสิ่งที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อม ซอฟแวร์ที่มีลักษณะเป็นสิ่งแวดล้อมได้แก่ OPS5

ถ้าจะพิจารณากันให้ละเอียดกันขึ้นไปอีกเมื่อเปรียบเทียบลิสป์กับโปรล็อกแล้ว โปรล็อกเป็นภาษาชั้นสูง ที่สามารถนำมาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญได้ง่ายกว่าลิสป์ กล่าวคือ โปรล็อกจะสามารถแสดงความรู้อย่างง่าย ๆ ได้ ในขณะที่ลิสป์ เป็นเพียงภาษาโปรแกรมมิ่งธรรมดาดังนั้นโปรล็อกจะมีลักษณะใกล้เคียงสิ่งแวดล้อมากกว่าลิสป์

ในการเลือกซอผแวร์นี้เพื่อสร้างเครื่องมือให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นยังมีการถกเถียงกันอย่างมากว่าจะเลือกซอฟแวร์ที่เป็นสิ่งแวดล้อมหรือใกล้สิ่งแวดล้อม เช่น โปรล็อก OPS5 หรือจะเลือกภาษาชั้นสูงอย่างเช่นลิสป์ หรือจะเลือกซอฟแวร์ที่ใกล้เครื่องมือ เช่น KEE LOOPS แต่มีสิ่งที่น่าสังเกตในการพิจารณาอย่างหนึ่งคือ ซอฟแวร์ที่ใกล้ภาษาชั้นสูงจะทำให้สามารถสร้างเครื่องมือที่มีความคล่องตัวสูงกว่าซอฟแวร์ที่เข้าใกล้เครื่องมือ แต่ซอฟแวร์ที่เข้าใกล้เครื่องมือจะสร้างได้ง่ายกว่าซอฟแวร์ที่เข้าใกล้ภาษาชั้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงความรู้และการอนุมานในระบบผู้เชี่ยวชาญ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในเรื่องความรู้พื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญมีองค์ประกอบที่สำคัญคือเครื่องอนุมานและฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญโดยทั่วไปจะถูกออกแบบมาให้เป็นระบบที่มีเฉพาะส่วนที่เป็นเครื่องอนุมาน โดยที่เว้นฐานความรู้เอาไว้ให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาต่อเอง ระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีลักษณะแบบนี้จะเรียกว่า เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (EXPERT SYSTEM SHELL) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น สามารถใช้กับงานได้หลายอย่าง ตามแต่วิศวกรความรู้จะใส่ความรู้อะไรเข้าไป ถ้าสมมติว่าต้องการให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ เป็นระบบที่มีความสามารถในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการถ่ายรูป วิศวกรความรู้จะต้องใส่ความรู้ที่เกี่ยวกับการถ่ายรูปเข้าไป ระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นจึงจะมีความสามารถในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการถ่ายรูปได้

ในการใส่ความรู้ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น วิศวกรความรู้จะเป็นผู้ที่นำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาแสดงลงในฐานความรู้ ซึ่งเราเรียกว่าการแสดงความรู้ (KNOWLEDGE REPRESENTATION) การแสดงความรู้เป็นศาสตร์อย่างหนึ่งที่นักวิชาการทางด้านคอมพิวเตอร์พยายามคิดค้น เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์นี้มีความรู้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการแสดงความรู้เป็นศาสตร์อย่างหนึ่ง นั่นก็คือ การแสดงความรู้และการอนุมานเป็นสิ่งที่เกี่ยวพันกัน การอนุมานจะต้องสอดคล้องกับการแสดงความรู้ เช่น การแสดงความรู้ด้วยกฎก็ต้องอาศัยเครื่องอนุมานที่ใช้กับกฎ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการแสดงความรู้มีด้วยกันหลายวิธี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วสำหรับในส่วนนี้จะหล่าวเฉพาะส่วนที่สำคัญที่ใช้กันอยู่ในระบบผู้เชี่ยวชาญโดยส่วนใหญ่

การแสดงความรู้ด้วยกฎ

การแสดงความรู้ด้วยกฎ (RULE-BASE REPRENTATION) ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยนีเวล และไซมอน เมื่อปี 2510 และมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบการผลิต (PRODUCTION SYSTEM) ซึ่งมีหลักเกณฑ์พื้นฐานง่าย ๆ คืออาศัยรูปประโยคของ IF.....THEN..... ประโยคที่ตามหลัง IF คือการแสดงเงื่อนไข ประโยคที่ตามหลัง THEN คือการแสดงผลสรุป เช่น ในการถ่ายรูปถ้าหากว่าเงื่อนไขของแสงแดดมีดเราต้องใช้แฟลช การแสดงความรู้ด้วยกฎนั้นจะสามารถแสดงได้ดังนี้

IF	แสงแดดมือ
THEN	ใช้แฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแสงแดดมืดเป็นเงื่อนไข และการใช้แฟลชเป็นข้อสรุป วิธีที่แสดงอาจจะเขียนได้อีกแบบหนึ่งเป็น

IF เงื่อนไขของแสง = มืด

THEN ใช้แฟลช

การใช้ประโยชน์หลัง IF ในที่นี้เงื่อนไขของแสง = มืด เป็นการแสดงเงื่อนไขและใช้แฟลชเป็นการสรุป ถ้าพิจารณาแล้วจะเห็นว่าตัวอย่างแรกและตัวอย่างที่ 2 นั้นมีส่วนเหมือนกันโดยตัวอย่างแรกจะมีความหมายเช่นเดียวกับ

IF แสงแดดมืด = ใช่

THEN ใช้แฟลช

ในการทำงานที่เป็นรูปธรรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ การแสดงเงื่อนไขจะต้องมี = หรือ IS เป็นตัวกำหนดเสมอ แต่ในบางกรณีจะละเครื่องหมาย = ไว้ เพื่อให้สะดวกต่อการแสดงความรู้ สำหรับกรณีที่จะละเครื่องหมาย = ได้นั้น ประโยคเงื่อนไขจะต้องมีความหมาย = YES เท่านั้น เช่น

IF สัตว์ จะหมายความว่า IF สัตว์ = ใช่ (YES)

IF นก จะหมายความว่า IF นก = ใช่ (YES)

IF ถ่ายรูป จะหมายความว่า IF ถ่ายรูป = ใช่ (YES)

สำหรับในกรณีที่ใช้ IS นั้น จะใช้ในกรณีของ IS KNOWN หรือ IS UNKNOWN ในกรณีของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ดีนั้น ระบบนี้จะต้องสามารถใส่ความรู้ในกรณีที่ IS KNOWN และ IS UNKNOWN ได้ด้วย การใช้ IS KNOWN และ IS UNKOWN เช่น

IF เงื่อนไขของแสง IS KNOWN

THEN รู้ความเร็วหน้ากล้อง

IF เงื่อนไขของแสง IS UNKNOWN

THEN ไม่รู้ความเร็วหน้ากล้อง

การใช้ประโยคหลัง THEN ในส่วนของประโยคที่อยู่ตามหลัง THEN ก็มีความหมายเช่นเดียวกับประโยคตามหลัง IF คือ

THEN ใช้แฟลช จะมีความหมายว่า THEN ใช้แฟลช = ใช่ (YES) การใช้ IS KNOWN และ IS UNKNOWN ก็เช่นเดียวกับประโยค IF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรวบรวมกฎหลายข้อเข้าด้วยกัน สำหรับกรณีที่มีกฎมากกว่าหนึ่งกฎ และสามารถรวมกันได้ จะนำมารวมกันโดยใช้ AND หรือ OR มาช่วยได้ ดังนี้

IF เงื่อนไขของแสง = จ้า
THEN รู้ความเร็วหน้ากล้อง (อาจจะไม่จริงในแง่ความเป็นจริง)

และ IF ASA IS KNOWN
THEN ความเร็วหน้ากล้อง

เราจะสามารถรวมกันได้เป็น

IF เงื่อนไขของแสง = จ้า OR
ASA IS KNOWN
THEN รู้ความเร็วหน้ากล้อง

แต่ถ้าในกรณีของ AND เช่น

IF เงื่อนไขของแสง = จ้า AND
ASA IS KNOWN
THEN ความเร็วหน้ากล้อง

จะมีความหมายว่าเงื่อนไขของแสงต้องจ้าและต้องรู้ค่าของ ASA จึงจะรู้ความเร็วหน้ากล้อง การแสดงความรู้ด้วยกฎ นอกจากหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว ในส่วนที่อยู่หลัง IF และ THEN หรือส่วนที่เป็นคอนดิชันและแอคชันสามารถแสดงด้วยรูปแบบอื่นก็ได้ เช่น

```
1: IF IS-A (ASA, 100) AND
     IS-A (LIGHT-CONDITION, BRIGHT)
   THEN IS-A (ADVICE, 'F16 & SPEED 125')
2: IF IS –A (ASA, 100) AND
     IS-A (LIGHT-CONDITION, SHADOW)
   THEN IS-A (ADVICE, 'F8 & SPEED 125')
```

โครงสร้างของระบบการผลิต

ระบบการผลิต (PRODUCTION SYSTEM) จะประกอบด้วยระบบใหญ่ 3 ส่วนคือ

- PRODUCTION MEMORY เป็นส่วนที่เก็บฐานความรู้
- INTERPERTER เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมแอคชันของกฎ
- WORKING MEMORY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บความจริงที่ได้มีการอนุมานก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36792

ซึ่งทั้งสามส่วนนี้มีหน้าที่คือ หน่วย PRODUCTION MEMORY จะทำหน้าที่เก็บฐานความรู้ และมีหน่วยอินเตอร์เป็นส่วนที่นำเอากฎจากการ PRODUCTION MEMORY มาเปรียบเทียบกับความรู้ที่อยู่ในส่วนของ WORKING MEMORY ซึ่ง WORKING MEMOEY นี้จะเป็นส่วนที่เก็บความจริงที่ได้จากการสรุปมาก่อนหน้านี้

ในการเปรียบเทียบของอินเตอร์พรีเตอร์นี้จะทำตามลำดับขั้นดังนี้

- PATTERN MACHING เป็นการเปรียบเทียบ
- CONFLICT RESOLUTION เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเลือกกฎ
- EXECUTION เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตามการสั่งการของกฎข้อที่ได้เลือกมาแล้ว

ลักษณะของการอินเตอร์พรีเตอร์นี้จะเริ่มด้วยการเปรียบเทียบในส่วนที่เป็นดาต้าเซตใน WORKING MEMORY กับฐานความรู้ที่อยู่ใน PRODUCTION MEMORY ในกรณีนี้จะเป็นไปได้ที่มีกฎหลายข้อที่เมื่อเปรียบเทียบเล้วตรงกัน ในกรณีเช่นนี้ส่วนของ CONFLICT RESOLUTION จะทำหน้าที่ในการเลือกกฎข้อที่ถูกต้อง ซึ่งในการเลือกฎนี้จะมีกระบวนการของการอนุมานแบบเดินหน้า หรือเป็นการหาเหตุผลจากความจริง (FACT) ไปหาเป้าหมาย (GOAL) และการอนุมานแบบย้อนกลับ ซึ่งเป็นการหาเหตุผลจากเป้าหมายไปสู่ความจริง เมื่อได้กฎข้อที่ต้องการแล้วก็เอ็กคิวต์ (EXECUTE)

เมื่อเอ็กซ์คิวต์เสร็จแล้วก็จะวกกลับไปทำ PETTERN MATCHING ใหม่และจะวนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่แท้จริง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมาทั้งหมดนี้เรียกว่า การอนุมาน (INFERENCE)

การอนุมาน

การอนุมานคือกระบวนการในการค้นหาความจริงจากความจริงที่มีอยู่แล้ว (KNOW FACT)ในคลังความรู้หรือความจริงที่สามารถหาได้จากผู้ใช้ ในการอนุมานของระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นต้องอาศัยเครื่องอนุมาน(INFERENCE ENGINE) ซึ่งเป็นส่วนของโปรแกรมในระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ดังกล่าว นอกจากนั้นเครื่องอนุมานยังทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญด้วย โดยปกติเครื่องอนุมานจะมีหนาที่หลักคือ การกำหนดทิศทางในการหาเหตุผลและการหาเหตุผลโดยมีหน่วยควบคุมเป็นผู้ทำหน้าที่โดยตรง

การหาเหตุผลของเครื่องอนุมานสามารถแบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 แบบคือ

-การอนุมานแบบย้อนหลัง (BACKWARD CHAINING)

-การอนุมานแบบเดินหน้า (FORWARD CHAINING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นการทำความเข้าใจในเรื่องของการแสดงความรู้และการอนุมาน ในตอนนี้จะขอแนะนำศัพท์บางคำให้รู้จักดังต่อไปนี้

คลังความรู้ (CACHE) เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องอนุมานที่ทำหน้าที่ในการเก็บความจริงทั้งที่ได้จากการอนุมานและจากฐานความรู้ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญแล้วคลังความรู้จะเป็นหน่วยความจำชั่วคราวที่เก็บความจริงเพื่อใช้ในการหาความจริงตัวอื่น ๆ ที่ต้องการทราบ ในส่วนของคลังความรู้นี้บางครั้งอาจจะเรียกว่า WORKING MEMORY ก็ได้เช่นกัน

ความจริงคือค่าของนิพจน์ที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ หรือค่าของนิพจน์ที่ได้จากการอนุมาน เช่น

1: ASA = 100

ในที่นี้ ASA = 100 เป็นความจริง เพราะฐานความรู้นี้กำหนดว่า

ค่า ASA = 100

META-FACT คือ นิพจน์ที่ใช้หาความจริง เช่น

QUESTION (ASA) = WHAT IS THE VALUE OF FILM SPEED ?

นิพจน์นี้ใช้ในการหาความจริงของค่า ASA จากผู้ใช้ว่า ASA คือค่าอะไร ซึ่งความจริงนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะตอบว่า ASA มีค่าเท่ากับเท่าไร

การอนุมานแบบย้อนหลัง ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วว่าการอนุมานแบบย้อนหลังคือการอนุมานที่เริ่มจากเป้าหมาย (GOAL) แล้วหาผลของเป้าหมายนั้น ในบางครั้งเรียกการอนุมานชนิดนี้ว่า GOAL-DIRECTED ขอให้พิจารณาการทำงานแบบย้อนหลังของฐานความรู้เกี่ยวกับการถ่ายรูปดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1

GOAL = ADVICE.

1: ASA = 200.

2: LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN.

3: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND
ASA = 100
THEN ADVICE = APERTURE
= F11 SPEED
= 125

4: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND
ASA = 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEN ADVICE = APERTURE
= F8 SPEED
= 125

5: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND
ASA = 200
THEN ADVICE = APERTURE
= F11 SPEED
= 250

6: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND
ASA = 200
THEN ADVICE = APERTURE
= F8 SPEED
= 250

ลักษณะของความรู้ดังที่ได้แสดงไว้แล้วนั้นเป็นฐานความรู้ที่แสดงในรูปของกฎ สิ่งที่แสดงไว้ในบรรทัดแรกเป็น GOAL = ADVICE เป็นสิ่งที่กำหนดว่าเป้าหมายของการค้นหาครั้งนี้คือ ค่าของ ADVICE สำหรับบรรทัดที่มี LABEL 1: และ 2: กำกับอยู่เป็นการกล่าวถึงความจริงของฐานความรู้นี้โดยระบุว่า สำหรับฐานความรู้นี้แล้ว ค่าของ ASA จะเป็น 200 และ LIGHT-CONDITION จะเท่ากับ BRIGHT-SUN เสมอ

สำหรับในหัวข้อที่ 3: และ 6: เป็นกฎต่าง ๆ ในฐานความรู้ที่กำหนดข้อสรุปของค่า ADVICE ภายใต้เงื่อนไขของ LIGHT-CONDITION และ ASA ที่เป็นค่าต่าง ๆ

จะกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับฐานความรู้นี้ได้ว่า เป็นฐานความรู้ที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องการถ่ายรูป ที่มีเป้าหมายของการให้คำตอบเป็นค่าของ ADVICE ซึ่งค่าของ ADVICE จะเป็นอะไรขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของ LIGHT-CONDITION และ ASA สำหรับฐานความรู้นี้แล้ว ค่าของ LIGHT-CONDITION และ ASA มีค่าเท่ากับ BRIGHT-SUN และ 200 ตามลำดับ โดยที่มีความจริงข้อที่ 1: และ 2: ระบุไว้

สำหรับการอนุมาน เครื่องอนุมานจะมองดูที่เป้าหมาย เมื่อพบ GOAL = ADVICE เครื่องอนุมานจะพยายามหาค่าของ ADVICE ว่าคืออะไร จากนั้นก็จะมองดูว่าค่าความจริงมีอะไรบ้าง จากฐานความรู้ดังกล่าว 1: และ 2: คือความจริงในฐานความรู้ ดังนั้นค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASA = 200 และ LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN จะถูกนำไปเก็บไว้ในคลังความรู้ (CACHE)

คลังความรู้
ASA = 200
LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN

เมื่อเครื่องอนุมานมาดูที่เป้าหมายแล้วหาค่าของ ADVICE นั้น ในระหว่างการหาค่าของ ADVICE เครื่องอนุมานจะสำรวจกฎจากข้อแรกไปสู่ข้อสุดท้ายเพื่อดูว่าหลัง THEN ของกฎข้อใดที่มีการบอกค่าของ ADVICE อยู่บ้าง ในที่นี้กฎข้อแรกที่จะพบคือ 3: และจากกฎข้อนี้ ในส่วนของหลัง IF ได้สร้างเงื่อนไขไว้สำหรับ ADVICE คือ เครื่องอนุมานจะต้องรู้ค่าของ LIGHT-CONDITION และ ASA ก่อน

เมื่อถามหาค่าของ ASA เครื่องอนุมานจะดูที่คลังความรู้ ซึ่งจะได้ค่า ASA = 200 และค่าของ LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN เมื่อพบค่า ASA และ LIGHT-CONDITION แล้ว เครื่องอนุมานจะกลับไปสำรวจที่กฎข้อต่าง ๆ (3: 4: 5: 6:) ว่ากฎข้อไหนเหมาะสม ในกฎข้อที่ 5: จะเป็นกฎที่สอด คล้องกับความจริงที่มีอยู่ในคลังความรู้และเครื่องจะได้ค่าของ

ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 250

ค่านี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในคลังความรู้และแสดงออกมาเป็นคำตอบที่หน้าจอ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนที่ 2

คลังความรู้	ความจริง
ASA = 200 LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN	ASA = 200 LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 หา ADVICE โดยดูจากเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 4 ดูหลัง THEN ของกฎข้อ 3: มีค่าของ ADVICE อยู่

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าของ ASA และ LIGHT-CONDITION

ขั้นตอนที่ 6 ค่า ASA และ LIGHT-CONDITION นี้มีอยู่ในคลังความรู้แล้วตามขั้นตอนที่ 2

ASA=200

LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN

ขั้นตอนที่ 7 กฎข้อที่ 3 ผิด ข้อ 4 ผิด ข้อ 5 ถูก

ขั้นตอนที่ 8 เพิ่มความรู้ในคลังความรู้ และแสดงผล

คลังความรู้
ASA = 200
LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN
ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 250

คำตอบคือ APERTURE = F11 SPEED = 250

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอนุมานแบบอนุมานย้อนหลัง

SEEKING ADVICE.

INVOKING 3:

IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUM AND ASA = 100

THEN ADVICE = 'APERTURE = F11 SPEED = 125'

SPEEKINF LIGHT-CONDITION.

USING 2:

LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUM.

NOTHING LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUM CF 100 BECAUSE 2.

FOUND LIGHT-CONDITION.

SPEEKING ASA.

USING 1:

ASA = 200.

NOTHING ASA = 200 CF 100 BECAUSE 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOUND ASA.

3 FAILED.

INVOKING 4:

IF LIGHT-CONDITION = SOFT SHADOW AND

ASA = 100

THEN ADVICE = APERTURE = F8 SPEED = 125.

ALREADY SOUGHT LIGHT-CONDITION.

4 FAILED.

INVOKING 5:

IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND

ASA = 200

THEN ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 250.

ALREADY SOUGHT LIGHT-CONDITION.

ALREADY SOUGHT ASA.

NOTHING ADVICE = APERTURE

= F11 SPEED

= 250 CF 100 BECAUSE 5.

5 SUCCEEDED.

FOUND ADVICE.

ADVICE = APERTURE

= F11 SPEED

= 250 (100%) BECAUSE 5.

การอนุมานแบบเดินหน้า เป็นการอนุมานจากความจริงที่มีอยู่เพื่อที่จะหาค่าของสิ่งที่ต้องการ ถ้าพิจารณาจากฐานความรู้ดังต่อไปนี้

1: LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW.

2: ASA = 200

3: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND

ASA = 100

THEN ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 125.

4: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASA = 100

THEN ADVICE = APERTURE = F8 SPEED = 125.

5: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND

ASA = 200

THEN ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 250.

6: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND

ASA = 200

THEN ADVICE = APERTURE = F8 SPEED = 250.

เมื่อเครื่องอนุมานพบความจริงในข้อ 1 และ 2 ความจริงนี้จะถูกนำเข้าไปเก็บไว้ในคลังความรู้และเครื่องอนุมานจะทำการเปรียบเทียบค่าของนิพจน์ต่าง ๆ ตามลำดับที่เรียงไว้ในฐานความรู้ ในที่นี้จะเริ่มด้วยการเปรียบเทียบนิพจน์ LIGHT-CONDITION แล้วเครื่องจะเปรียบเทียบค่าของ ASA จากความจริง (2: ASA = 200) กับข้อ 4 และ 6 ตอนนี้ปรากฏว่ากฎที่ใช้ได้คือข้อ 6 ดังนั้นจะได้ค่าของ ADVICE = APERTURE = F8 SPEED = 250 ค่านี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในคลังความรู้และแสดงผลออกทางหน้าจอ

มีข้อที่น่าสังเกตุถึงความแตกต่างระหว่างการอนุมานแบบเดินหน้าและแบบย้อนหลังคือ การอนุมานแบบย้อนหลังเริ่มต้นที่เป้าหมาย สำหรับการอนุมานแบบเดินหน้าเริ่มต้นจากความจริงที่มีอยู่

เงื่อนไขของความไม่แน่นอน

ในชีวิตประจำวันของการถามตอบปัญหาของมนุษย์ ในบางคำถามผู้ตอบไม่สามารถจะให้คำตอบที่แน่นอนลงไปได้ เช่น ถ้ามีคนถามว่าประชากรไทยมีเท่าไร คุณอาจจะตอบว่ามีประมาณ 60 ล้านคน การใช้คำว่าประมาณก็แสดงว่าผู้ตอบไม่มั่นใจว่าคำตอบนั้นถูกต้องร้อยเปอร์เซนต์ ในการใส่ความรู้ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญก็เช่นกัน บางครั้งการใส่ความรู้ก็ไม่อาจมั่นใจได้ว่าคำตอบนั้นถูกต้องร้อยเปร์เซนต์ ดังนั้นในความจริงหรือในกฎต่าง ๆ ก็ต้องใส่ค่าของความแน่นอน(CERTAINTY FACTOR) ลงไปด้วย ถ้าหากว่าไม่ได้ระบุคำถามแน่นอนก็หมายความว่าคำตอบนั้นมีความแน่นอนร้อยเปอร์เซนต์

เช่น ASA = 100 หมายความว่า ASA = 100 มีความแน่นอน 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในที่นี้จะขอเขียนย่อ ๆ ว่า ASA = 100 CF 100 หรือ

1. IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN

ASA = 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEN ADVICE = APERTURE

= F11 SPEED

= 125 CF 80

แสดงว่าในคำตอบนี้ถ้า LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN และ ASA = 100 แล้วมั่นใจได้ว่า

ADVICE = APERTURE = F11 SPEED = 125 80%

การใส่ค่าของความแน่นอน ในระยะนี้ยังมีการวิจัยกันว่าควรจะมีการพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมอย่างไร เพราะว่าค่าความแน่นอนนี้เป็นเพียงความรู้สึกที่เกิดขึ้นต่อการตอบปัญหาหนึ่ง ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการกำหนดค่านี้มีการวางหลักเกณฑ์ไว้คร่าว ๆ ดังนี้

แน่นอน	100
เป็นไปได้มาก	80
เป็นไปได้	50
เป็นไปได้น้อย	20
ไม่มีความเห็น	0
เป็นไปไม่ได้เลย	- 100

ระบบผู้เชี่ยวชาญบางระบบกำหนดค่าความแน่นอนที่อยู่ในช่วง 1 ถึง -1 แต่ที่แสดงให้เห็นแล้วมีช่วงระหว่าง 100 ถึง -100 เรื่องของค่าความแน่นอนที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับเครื่องอนุมานก็เพราะว่า

1. 1. ในการตอบคำถามบางครั้งคำตอบไม่จำเป็นจะต้องมีคำตอบเดียว เช่น ถ้าหากมีคนถามว่าท้องฟ้ามีสีอะไร บางคนอาจจะตอบว่าสีฟ้า บางคนอาจจะตอบว่าสีคราม ในกรณีนี้จำเป็นต้องกำหนดว่าคนตอบมั่นใจกี่เปอร์เซ็นต์ที่ว่าเป็นสีฟ้าหรือสีคราม

2. ในการหาเหตุผล คำตอบอาจจะมีหลายคำตอบก็ได้ เช่น คำถามที่ว่าเป็ดทำอะไรได้บ้าง คำตอบอาจจะเป็นว่ายน้ำ บิน และเดิน ซึ่งในเงื่อนไขเช่นนี้เกิดจากเงื่อนไขร่วม (COMPOUND PREMISES) ของกฎที่รวมกันโดย AND หรือ OR ที่ทำให้เกิดผลอย่างเดียวกัน (ดูเรื่องการแสดงความรู้ด้วยกฎ)

ในช่วงของการอนุมาน ค่าความแน่นอนนี้จะถูกนำมาพิจารณาในการหาความจริงอันใหม่ว่าควรจะมีค่าความแน่นอนเท่าไร สำหรับวิธีการนั้นระบบผู้เชี่ยวชาญแต่ละระบบจะมีค่าความแน่นอนแตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละวิธีจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการคำนวณค่าความแน่นอนยังอยู่ในขั้นเริ่มต้น การคำนวณยังใช้วิธีการที่ง่าย ๆ สำหรับรายละเอียดของการคำนวณให้ดูในเรื่องของการอนุมานภายใต้ความไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1

ในส่วนนี้จะแนะนำระบบผู้เชี่ยวชาญและการสร้างระบบเบื้องต้น เมื่อจบแล้วจะสามารถพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดทดลองได้

M.1 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญที่สมบูรณ์ที่ทำในระบบบำมโครคอมพิวเตอร์ มีวิธีการแสดงความรู้แบบกฎ M.1 มีความสามารถในการจุความรู้ได้ถึง 100 กฎ มีความสามารถในการคำนวณหาค่าแฟกเตอร์ความแน่นอน ในความจริงและกฎต่าง ๆ ค่าแฟกเตอร์ความแน่นอนหรือตัววัดค่าของความแน่นอนจ่าจะเป็นนี้ จะทำงานอย่างอัตโนมัติ โดยการควบคุมของกระบวนการอนุมาน

เครื่องอนุมาน M.1 จะเป็นการอนุมานแบบย้อนหลัง แต่ขณะเดียวกันก็สามารถทำงานในลักษณะของการอนุมานแบบเดินหน้าได้ด้วยนอกจากนั้นใน M.1 ยังสามารถแสดงเมนูได้เองแบบอัตโนมัติในกรณีที่ต้องการ ดังรายละเอียดต่าง ๆ ที่จะได้กล่าวกันต่อไป

❖ **แนะนำการสร้างฐานความรู้เบื้องต้น**

ในการแนะนำการใช้ M.1 นี้จะแสดงตัวอย่างการสร้างระบบความรู้ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกียการถ่ายรูป การสร้างความรู้เกี่ยวกัยการถ่ายรูปนี้ทำได้โดยใช้โปรแกรมประเภทเวิร์ดโปรเซสซิ่ง (WORD PROCESSING) เช่น WORD หรือ EDLIN ซึ่งจะเป็นโปรแกรมใดก็ได้ โดยพิมพ์ข้อความดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1

```
GOAL   = ADVICE.
RULE 1: IF ASA = 100 AND
LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN
THEN ADVICE = 'T 11 AND SPEED 125'.
RULE 2: IF ASA = 200 AND
  LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW
THEN ADVICE = 'F8 AND SPEED 125'.
```

หมายเหตุ: ในการสร้างฐานความรู้โดยใช้ M.1 ในฐานความรู้อย่างน้อยจะต้องประกอบด้วย

- เป้าหมายคือส่วนที่จะบอกว่าฐานความรู้นี้มีเป้าหมายอะไร จากตัวอย่างที่ 1 เป้าหมายของเราคือ ADVICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กฎคือส่วนที่แสดงเงื่อนไขของถ้อยแถลง 2ส่วนคือ IF STATEMENT 1 THEN STATEMENT 2 โดยที่ STATEMENT 1 แสดงเงื่อนไขและ STATEMENT 2 แสดงถึงบทสรุป

- คำถาม เป็นส่วนแสดงคำถามที่ M.1 ใช้ถามหาค่าของแอตทริบิวต์จากผู้ใช้ระบบ สำหรับ M.1 คำถามบางคำถามที่วิศวกรความรู้ไม่ได้สร้างไว้ในฐานความรู้ แต่ถ้า M.1 ต้องการทราบค่าของแอตทริบิวต์นั้น M.1 จะสร้างคำถามขึ้นมาโดยอันโนมัติ เกี่ยวกับการตั้งคำถามจะได้มีการอธิบายต่อไป

เมื่อสร้างฐานความรู้แล้ว ให้เซฟ (SAVE) ภายใต้ไฟล์ชื่อ CAMERA จากนั้นนำ M.1ใส่ในไดรฟ์ A.นำดิสก์ที่มีไฟล์ CAMERA ใส่ในไดรฟ์ B แล้วดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

A > M1

M1 > LOAD A : CANERA

M1 > GO

จากนั้น M.1 จะแสดงว่า

WHAT IS THE VALUE OF: 'ASA' ปรากฏบนจอ

ให้ตอบ 100 RETURN แล้ว

WHAT IS THE VALUE OF: 'LIGHT CONDITION ' ปรากฏขึ้นอีก

ให้ตอบ BRIGHT-SUN จากนั้นคำตอบจะออกมาเป็น

F11 AND SPEED 125

M1>

ให้พิมพ์คำว่า GO หลัง PROMPT M1 อีก คราวนี้ตอบค่าของ ASA = 200 และค่าของ LIGHT-CONDITION คือ SOFT-SHADOW ดู จะได้คำตอบ

F8 AND SPEED 125 BECAUSE RULE 2:

M1>

ขอให้สังเกตุดูว่าคำตอบชุดแรกตรงกับกฎข้อ 1 (RULE 1)และคำตอบชุดหลังตรงกับข้อ 2

ตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างที่ง่ายที่สุดของระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีโครงสร้างคือ GOAL และ RILE

คำว่า GOAL นี้เป็นได้ทั้งนิพจน์และลิสต์

ในกรณีที่เป็นนิพจน์ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GOAL = ADVICE.

ในกรณีที่เป็นลิสต์ เช่น

GOAL = [ADVICE, SPEED]. ดูจากตัวอย่างที่ 2

หมายเหตุ: RULE 1: อาจจะเขียนแทนได้เป็น 1: และ GO คือคำสั่งที่สั่งให้ระบบผู้เชี่ยวชาญทำงาน

ตัวอย่างที่ 2 การใช้ GOAL = LIST ในตัวอย่างที่ 1

```
GOAL = [FOCUS, SPEED].
1: IF ASA = 100 AND
     LIGHT –CONDITION = BRIGHT-SUN
   THEN FOCUS = 'F 11' AND
        SPEED = 'SHUTTER-SPEED = 125'
2: IF ASA = 200 AND
     LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW
   THEN FOCUS = 'F8' AND SPEED = 'SHUTTER-SPEED = 125'
```

เมื่อพิมพ์ GO แล้ว ระบบผู้เชี่ยวชาญชุดนี้จะทำงานเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1

การเรียกดูฐานความรู้และการเขียนฐานความรู้ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญบน M.1

จากตัวอย่างที่ 1 และ 2 เราเขียนฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญบนโปรแกรม TEXT EDITORที่เป็น WORD STAR หรือ EDLIN ซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างจะซับซ้อน แต่ก็เป็นวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับ M.1 ในบางครั้ง ถ้าหากว่าเราต้องการความเร็วเราอาจจะเรียกดูฐานความรู้และเขียนฐานความรู้บน โดยตรงเลยก็ได้ ในกรณีเช่นนี้หมายถึงหลังจากที่โหลด M.1 คำสั่งพื้นฐานในการเรียกดูฐานความรู้คือ LIST และ คำสั่งใช้ในการเพิ่มความรู้คือ ADD. ซึ่งมีการใช้ดังนี้

LIST เรียกฐานความรู้ทั้งหมดมาแสดงหน้าจอ

LIST-LABEL เรียกฐานความรู้เฉพาะส่วนที่ระบุ เช่น LIST RULE 1

LIST EXPRESSION เรียกฐานความรู้ในส่วนเฉพาะที่เกี่ยวกับนิพจน์ เช่น

LIST ADVICE จะมาแสดงกฎและฐานความรู้ทุกข้อที่เกี่ยวข้องกับ ADVICE

LIST EXPRESSION-VALUE เรียกฐานความรู้ในส่วนเฉพาะที่เกี่ยวกับ EXPRESSION-VALUE

เช่น LISTADVICE- 'F11 AND SPEED 125'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USES EXPRESSION เรียกกฎทุกข้อซึ่งค่าของ EXPRESSION ถูกใช้ในประโยคหลัง IF (PREMISE) เพื่อที่จะหาค่าของ EXPRESSION ตัวอื่นการใช้ ADD

ADDA LABEL : KBENTRY

ADDA KBENTRY

ADDZ KBENTRY

ADD LABEL : KBENTRY

อนึ่ง ในการเพิ่มความรู้ให้กับ M.1 โดยใช้คำสั่ง ADD ADDA ADDZ นั้น ความรู้ที่เพิ่มเข้าไปจะไม่ถูกนำไปเพิ่มเข้าในแผ่นดิสก์ เมื่อออกจาก M.1 แล้วความรู้ต่าง ๆ ที่ถูกเพิ่มโดยคำสั่งดังกล่าวจะหายไป

❖ **การออกจาก M.1 เข้าสู่โปรแกรมระบบจัดการ**

เราสามารถออกจาก M.1 เข้าสู่ระบบจัดการ (DOS) โดยการใช้คำสั่ง EXIT หรือ QUIT หือกด CTRL BREAK

การทำงานของเครื่องอนุมาน

- M.1 มีการอนุมานแบบย้อนหลัง
- สามารถกำหนดค่าแฟกเตอร์ความแน่นอนได้
- สามารถใช้ตัวแปรและ PATTERN MATCHING ได้
- ทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้
- สร้างคำถามอัตโนมัติได้
- อื่น ๆ

การตั้งคำถาม

- SYNTEX ของการตั้งคำถามจะเป็น QUESTION (EXPRESSION) = 'TEXT'.
- SYNTAX ของการกำหนด LEGAL VALUE

LEGALVALS (EXPRESSION) = LIST.

LEGALVALS (EXPRESSION) = INTEGER.

LEGALVALS (EXPRESSION) = INTEGER (LAW, HIGH).

LEGALVALS (EXPRESSION) = REAL.

ECT.

ตัวอย่างที่ 3 จากตัวอย่างที่ 1 เมื่อเพิ่มคำสั่งคำถาม LEGAL VALUE และ ความรู้

GOAL = ADVICE.

1: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-DUN AND ASA = 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEN ADVICE = 'APERTURE = F11 SPEED = 125'.

2: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 100

THEN ADVICE = 'APERTURE = F8 SPEED = 125'.

3: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 200

THEN ADVICE = 'APERTURE = F11 SPEED = 250'.

4: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 200

THEN ADVICE = 'APERTURE = F8 SPEED = 250'.

QUESTION (ASA) = 'WHAT IS THE VALUE OF FILM SPEED (100,200) ?'.

QUESTION (LIGHT-CONDITION) = 'WAAT IS THE CONDITION OD LIGHT (BRIGHT-SUN,SOFT-SHADOW) ?'.

LEGALVALS (ASA) = [100,200].

LEGALVALS (LIGHT-CONDITION) = [BRIGHT-SUN,SOFT-SHADOW].

รูปลักษณ์

M.1 สามารถทำให้ผู้ใช้สร้างรูปลักษณ์ (CONFIGURATION) ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญได้ดังนี้

CONFIGURATION (DEFUALTDRIVE) = DRIVESPEL

CONFIGURATION (DEFUALTDRIVE) =ASCIILIST

CONFIGURATION (EXTERNAL CODE FILE) = FILESPEC

CONFIGURATION (BANNER) = TEXT

ใน M.1 มีวิธีการให้ผู้พัฒนาระบบควบคุมการอนุมานของเครื่องอนุมานได้ ในกรณีที่ความรู้มีลักษณะเดียวกันจำนวนมากคำสั่งนั้นคือ PRESUPPOSITION ซึ่งมีโครงสร้างในการแสดงความรู้ดังนี้

PRESUPPOSITION (แอตตริบิวต์) = คู่แอตตริบิวแวลู

การทำงานของคำสั่งนี้จะเป็นการบอกเครื่องอนุมานว่า เมื่อความจริงที่ได้รับการอนุมานมาแล้วนั้นตรงตามเงื่อนไขของคู่แอตตริบิวต์แวลู ให้เครื่องอนุมานทำการค้นหาแอตตริบิวตามที่ระบุไว้ใน PRESUPPOSITION ในการกำหนดชื่อของแอตตริบิวต์และแวลูนั้น โดยปรกติ M.1 จะให้กำหนดให้เป็นตัวอักขระที่ไม่มีเว้นวรรค เช่น SPECIFIC-PROBLEM แต่ในกรณีที่ผู้พัฒนาระบบต้องการให้ค่าเหล่านี้มีการเว้นวรรคก็สามารถทำได้ด้วยการใช้คำสั่ง PREFIX INFIX และ POSTIFIX มาช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการกำหนด PREFIX INFIX และ POSTIFIX เป็นเพียงเพื่อให้ฐานความรู้ดูเป็นภาษาธรรมชาติเท่านั้น ไม่ได้มีผลอะไรที่มากไปกว่านั้น แม้ว่าในการเขียนนี้จะทำให้ฐานความรู้แลดูสวยงามแต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดความยุ่งยากในการเขียนเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การประยุกต์ใช้งานเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชนิด M1

การแสดงความรู้ใน M.1 เป็นการแสดงความรู้โดยอาศัยกฎ ซึ่งได้มีการกล่าวไว้บ้างแล้วในเรื่องของการแนะนำโปรแกรม M.1 ในส่วนนี้จะกล่าวถึงวิธีการแสดงความรู้ด้วยกฎที่ค่อนข้างละเอียดโดยอาศัย ตัวอย่างของ "ตากล้องมือใหม่" และ MODAPTS

แนะนำความรู้เรื่องตากล้องมือใหม่

จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องการถ่ายภาพ เราสามารถนำมาเขียนเป็นตารางได้ดังนี้

ASA	LIGHT-CONDITION	DISTANCE	APERTURE	
100	BRIGHT-SUN	-	F11	125
	SOFT-SHADOW	-	F8	125
	CLOUDY-BRIGHT	-	F5.6	125
	OVER-CASE	-	F4	125
	FLASH	< 12	F8	60
		> 12	F5.6	60
200	BRIGHT-SUN	-	F16	250
	SOFT-SHADDOW	-	F8	250
	CLOUDY-BRIGHT	-	F5.6	250
	OVER-CASE	-	F4	250
	FLASH	< 12	F11	60
		> 12	F8	60
400	BRIGHT-SUN	-	F16	500
	SOFT-SHADOW	-	F11	500
	CLOUDY-BRIGHT	-	F5.6	500
	OVER-CASE	-	F5.6	250
	FLASH	< 12	F16	60
		> 12	F11	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราต้องการจะสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีฐานความรู้ตามระบบที่แสดงไว้ ในที่นี้จะต้องใช้รูปแบบแสดงกฎมาแสดง เพราะ M.1 อาศัยวิธีการความรู้ด้วยกฎ

การสร้างความรู้ที่มากขึ้น เพื่อที่จะให้เป็นแบบความรู้ดังกล่าวข้างต้นอาจจะทำได้โดยการเพิ่มความรู้ต่าง ๆ เข้าไปจนครบตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วในตารางเรื่องตากล้องมือใหม่ดังนี้

วิธีการที่ 1 ฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญใน M.1 ที่ขยายความรู้จนเกือบครบตามตาราง ยกเว้นค่าของ FLASH เท่านั้น

GOAL = ADVICE

1: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 100
THEN ADVCIE = 'APERTURE - F11 SPEED – 125'.

2: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE –F8 SPEED – 125'.

3: IF LIGHT-CONDITION = CLOUDY-BRIGHT AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE - F5.6 SPEED 125'.

4: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE - F4 SPEED 125'.

5: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE - F11 SPEED 250'.

6: IF LIGHT-CONDITION = 'SOFT-SHADOW AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F8 SPEED 250'.

7: IF LIGHT-CONDITION = CLOUDY-BRIGHT AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F5.6 SPEED – 250'

8: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F4 SPEED - 250'

9: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 400
THEN ADVICE = 'APERTURE - F16 SPEED – 500'

10: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 400
THEN ADVICE = 'APERTURE – F11 SPEED – 500'

11: IF LIGHT-CONDITION = CLOUDY-BRIGHT AND ASA = 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEN ADVICE = 'APERTURE -5.6 SPEED -500'

12: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 400

THEN ADVICE = 'APERTURE – F5.6 SPEED – 250'

QUESTION (ASA) = 'WHAT IS THE VALUE OF FILM SPEED (100, 200, 400)?

QUESTION (LIGHT-CONDITION) = 'WHAT IS THE CONDITION OF LIGHT (BRIGHT-SUN, SOFT-SHADOW, CLOUDY-BRIGHT, OVER-CASE, FLASH)?

LEGALVALS (ASA) = [100, 200, 400] .

LEGALVALS (LIGHT-CONDITION) = [BRICHT-SUN, SOFT-SHADOW,CLOUDY-BRIGHT, OVER-CASE, FLASH] .

ในช่วงที่สร้างความรู้มีสิ่งที่ควรสนใจคือ

1. ค่าของ ต้องใส่ให้ครบตามความรู้ที่ได้กำหนดไว้ในฐานความรู้ มิฉะนั้นแล้วคำตอบที่มีอยู่ในฐานความรู้นั้นจะใช้ไม่ได้ เช่น ถ้า LEGALVALS (ASA) = [100,200] ค่า 400 ที่มีอยู่ในความรู้ข้อ 9 ถึง 12 จะใช้ไม่ได้ คือ ถ้าหากว่าใส่คำตอบ 400 เครื่องจะไม่รับรู้ว่า 400 นี้มีอยู่ในฐานความรู้และจะว่า 400 เป็นคำตอบที่ผิด

2. เพื่อความสะดวกภายในตัวคำถามควรมีวงเล็บสำหรับใส่คำตอบที่ควรจะเป็นให้กับผู้ใช้ได้เห็น เช่น

QUESTION (ASA) = 'WHAT IS THE VALUE OF FILM SPEED (100, 200, 400)?'

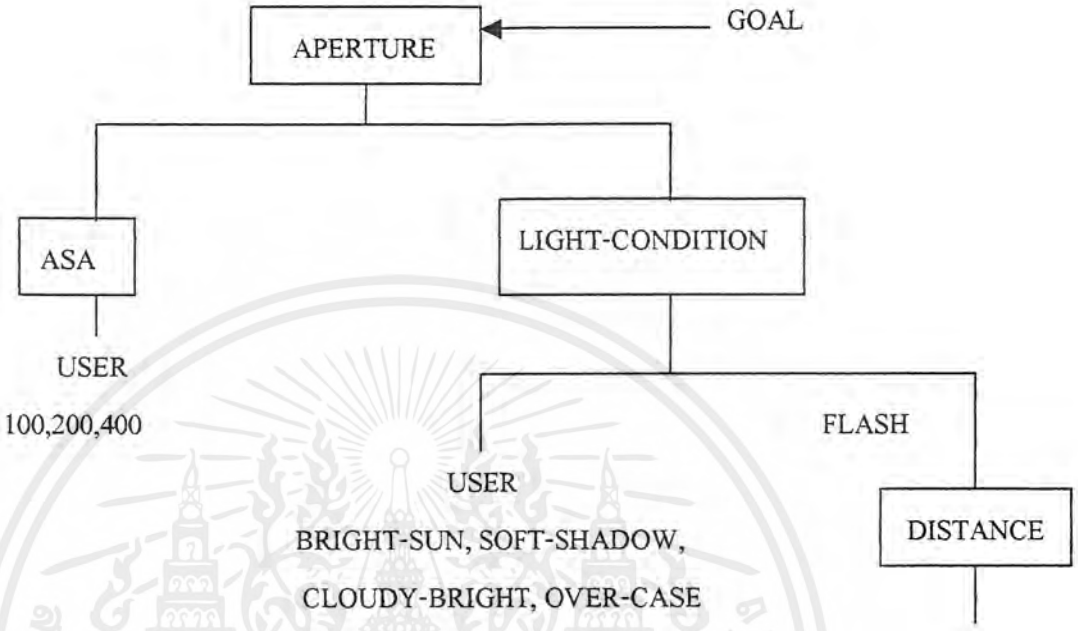
เมื่อเติมความรู้นี้ให้ฐานความรู้แล้ว ให้ระบบผู้เชี่ยวชาญทดลองอนุมานความรู้นี้ ผลของการอนุมานจะได้ตามรูปต่อไปนี้

ข้อให้สังเกตการทำงานของ M.1 ในครั้งสุดท้าย เราให้คำตอบว่า F (FLASH) เครื่องจะตอบว่า "THE VALUE OF ADVICE WAS SOUGHT, BUT NO VALUE WAS CONCLUDED." เนื่องจากในฐานความรู้นี้ยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับแฟลช ดังรูปที่ 4.1

โครงสร้างต้นไม้

คราวนี้ก็มาถึงตอนที่สำคัญที่ว่า เราจะมีวิธีการสร้างความรู้เกี่ยวกับแฟลชอย่างไร ในที่นี้ความรู้เกี่ยวกับแฟลชมิได้เป็นประเภทเดียวกับความรู้อื่น กล่าวคือถ้าเราตอบคำถามของ LIGHT-CONDITION เท่ากับแฟลชแล้ว เครื่องต้องรู้ถึงระยะทางก่อนจึงจะให้คำตอบของแอดไวซ์ได้ ลองพิจารณาดูตารางต่อไปนี้อย่างคร่าว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



USER

MORE THEN 12 FT., LESS THEN 12 FT.

คำตอบ

จากความรู้ดังกล่าวที่จะแสดงไว้ตามโครงสร้างต้นไม้ ในส่วนของแฟลชเมื่อพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่าเมื่อ LIGHT-CONDITION = FLASH ระบบจะต้องหาค่าเกี่ยวกับ DISTANCE ก่อนจึงจะหาคำตอบที่ต้องการได้ ดังนั้นเมื่อ LIGHT-CONDITION = FLASH จะต้องเพิ่มคำถามและสร้างกฎเกี่ยวกับ DISTANCE โดยจะเขียนเป็นความรู้ดังนี้

14: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 200 AND DISTANCE = YES

THEN ADVICE = 'APERTURE – F11 SPEED – 60'.

QUESTION (DISTANCE) = 'IS THE DISTANCE MORE THEN 12 FT.(YES, NO)?.

จากกฎจะเห็นว่า เมื่อ LIGHT-CONDITION = FLASH เครื่องจะถามค่า ASA และ DISTANCEก่อนที่จะให้ค่าของ ADVICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปนี้จะเป็นความรู้ทั้งหมดของเรื่องตากล้องใหม่

วิธีการที่ 2 ฐานความรู้จากวิธีการที่ 1 เมื่อเพิ่มค่าที่เกี่ยวกับแฟลชแล้ว

GOAL = ADVICE

1: IF LIGTH-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE – F11 SPEED – 125'.

2: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE – F8 SPEED – 125'.

3: IF LIGHT-CONDITION = CLOUDY-BRIGHT AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE – F5.6 SPEED – 125'.

4: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 100
THEN ADVICE = 'APERTURE –F4 SPEED – 125'

5: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F11 SPEED – 250'.

6: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F8 SPEED – 250'.

7: IF LIGHT-CONDITION = CLOUDY-BRIGHT AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE –5.6 SPEED – 250'.

8: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 200
THEN ADVICE = 'APERTURE – F4 SPEED – 250'.

9: IF LIGHT-CONDITION = BRIGHT-SUN AND ASA = 400
THEN ADVICE = 'APERTURE – F16 SPEED – 500'.

10: IF LIGHT-CONDITION = SOFT-SHADOW AND ASA = 400
THEN ADVICE = 'APERTURE - F11 SPEED – 500'.

12: IF LIGHT-CONDITION = OVER-CASE AND ASA = 400
THEN ADVICE = 'APERTURE – F5.6 SPEED – 250'.

13: IF LIGHT–CONDITION = FALASH AND ASA = 100 AND DISTANCE = YES
THEN ADVICE = 'APERTURE –F8 SPEED – 250'.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 200 AND DISTANCE = YES

THEN ADVICE ='APERTURE – F11 SPEED – 60'.

15: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 400 AND DISTANCE = YES

THEN ADVICE ='APERTURE - F 16 SPEED – 60'.

16: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 100 AND DISTANCE = NO

THEN ADVICE = 'APERTURE – F 5.6 SPEED – 60'.

17: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 200 AND DISTANCE = NO

THEN ADVICE = 'APERTURE - F 8 SPEED – 60'.

18: IF LIGHT-CONDITION = FLASH AND ASA = 400 AND DISTANCE = NO

THEN ADVICE = 'APERTURE – F11 SPEED - 60'.

QUESTION (ASA) = 'WHAT IS THE VALUE OF FILM SPEED (100, 200, 400)?.

QUESTION (LIGHT-CONDITION) = 'WHAT IS THE CONDITION OF LIGHT (BRIGHT- SUN, SOFT-SHADOW, CLOUDY-BRIGHT, OVER-CASE, FLASH)?

QUESTION (DISTANCE) = 'IS THE DISTANCE MORE THAN 12 FT. (YES, NO)?'

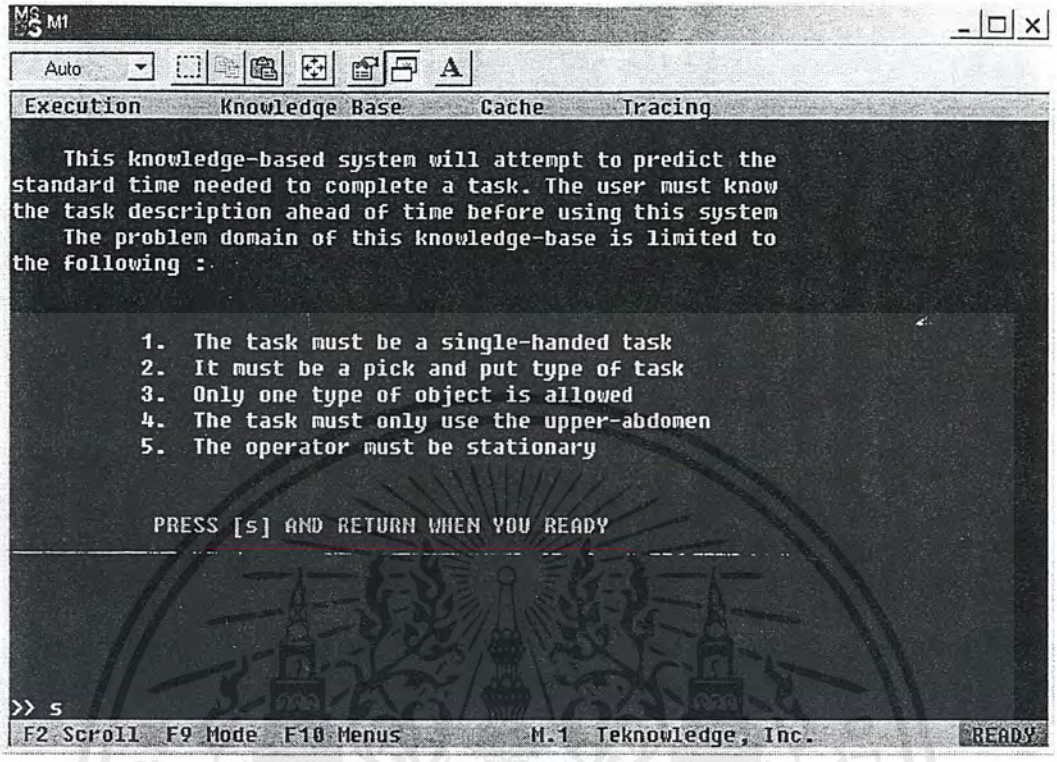
LEGALVALS(ASA) = [100, 200, 400].

LEGALVALS(LIGHT-CONDITION) = [BRIGHT-SUN, SOFT-SHADOW,CLOUDY-BRIGHT, OVER-CASE, FLASH].

LEGALVALS(DISTANCE) = [YES, NO].

เมื่อให้เครื่องทำงานออกมาดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนะนำความรู้เรื่อง MODAPTS

MODAPTS เป็นการหาเวลามาตรฐานของคนที่ใช้ทำงานบนสายพาน โดยมีเงื่อนไขขอบเขตของงานคือ

1. ทำงานเพียงมือเดียว
2. งานจะต้องเป็นประเภทหยิบและวาง และสิ่งของที่หยิบและวางจะต้องเป็นชนิดเดียว
3. ส่วนของร่างกายที่ใช้งานจะต้องอยู่เหนือท้อง
4. ผู้ทำงานต้องอยู่กับที่

โดยเวลามาตรฐาน (STANDARD TIME) ที่ได้จะมีค่าดังนี้

$$T = ((2*(FL+G)+N*(M+P)+(N-1)*(M+G)+N*(M+G)+N*(MJ+J+D+E) \times 0.129$$

เมื่อ

FL	=	FIST LAST MOVE	J	=	JUGGLE
G	=	GET	D	=	DECIDE
N	=	จำนวนของวัตถุที่ใช้หยิบต่อครั้ง	E	=	EXTRA TIME
M	=	MOVE	MJ	=	MOVE-JUGGLE
T	=	STANDARD TIME	P	=	PUT

โดยค่าตัวแปรต่าง ๆ จะอยู่ในรูปคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดขึ้นจากองค์ประกอบของงานที่ทำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

FL (FIST LAST MOVE) คือ ระยะจากจุดเริ่มต้นไปยัง SOURCE BIN ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้น 2 ครั้งใน 1 งาน คือ ก่อนเริ่มงาน และก่อนเลิกงาน โดยคะแนนของ FL จะเป็นดังนี้

ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	0-2 นิ้ว	FL = 1
ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	2.1-4 นิ้ว	FL = 2
ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	4.1-5 นิ้ว	FL = 3
ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	5.1-6 นิ้ว	FL = 4
ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	6.1-12 นิ้ว	FL = 5
ระยะจากจุดเริ่มต้น ถึง SOURCE BIN	12.1-12 นิ้ว	FL = 6

G (GET) ลักษณะการหยิบชิ้นงาน โดยค่าของ G จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการหยิบชิ้นงาน (POSSIBLE GET CONSEQUENCES) คะแนนของ G จะเป็นดังนี้

งานที่ไม่มีการจิกและไม่มีผลของ FEEDBACK (NO-SNATCH-NO-FEEDBACK) G = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่มีการจิกชิ้นงาน (CAN-BE-SNATCHED) G = 1

งานที่มีผลของ FEEDBACK (FEEDBACK NEEDED) G = 3

ในส่วนของ POSSIBLE GET CONQUENCES เราจะทราบได้จากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. OBJECT SIZE = ขนาดของชิ้นงาน (TINY,SMALL,MEDIAM OR LARGER)
2. OBJECT TETURE = ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของชิ้นงาน (SLIPPERY,CLINGING,NORMAL)
3. OBJECT FLAT SURFACE = ความลื่นของผิวชิ้นงาน (YES,NO)
4. SPECIFIC PROBLEM = ปัญหาเฉพาะทางของงาน (SIMPLE-GRASP)

โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. SPECIFIC PROBLEM = SIMPLE-GRASP จะเป็น CAN-BE-SNATCHED
2. OBJECT-SIZE = TINY จะเป็น FEEDBACK NEEDED
3. OBJECT-SIZE = MEDIUM จะเป็น CAN-BE-SNATCHED
4. OBJECT FLAT SURFACE = YES จะเป็น FEEDBACK NEEDED
5. OBJECT FLAT SURFACE = NO จะเป็น NO-SNATCH-NO-FEEDBACK

N (NUMBER OF OBJECT) คือ จำนวนวัตถุที่ใช้หยิบต่อชิ้น จะกำหนดตั้งแต่ 0-30 ชิ้นต่อ 1 ครั้ง

M (MOVE) คือ การเคลื่อนที่ของมือไปยังวัตถุ โดยค่าของ M จะขึ้นอยู่กับส่วนใดของร่างกายที่เคลื่อนไหวในงานนั้น ๆ โดยคะแนนของ M จะเป็นดังนี้

FINGER (นิ้วมือ)	M	=	1
PALM (ฝ่ามือ)	M	=	2
WRIST (ข้อมือ)	M	=	3
ELBOE (ข้อศอก)	M	=	4
SHOULDER (ไหล่)	M	=	5
BODY (ร่างกาย)	M	=	7

และเราจะรู้ว่าส่วนใดของร่างกายเคลื่อนไหวนั้นจะรู้ได้จาก ลักษณะการเคลื่อนที่ (POSSIBLE MOVE CONQUENCES) ซึ่งจะมีเงื่อนไขตามนี้

การเคลื่อนที่เล็กน้อย (SMALL MOVEMENT) จะใช้นิ้วมือที่ความไม่แน่นอน = 60 และฝ่ามือที่ความไม่แน่นอน = 80

การเคลื่อนที่ลักษณะทั่วไป (MOST-COMMONLY-USED) จะใช้ข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดวาง (REARRANGE-LAYOUT) จะใช้ข้อศอกที่ความไม่แน่นอน = 70และไหล่ที่ความไม่แน่นอน = 90

การเคลื่อนที่ยากลำบาก (AWKWARD-BODY-MOTION) จะใช้ร่างกาย และเราจัดระดับลักษณะการเคลื่อนที่ (POSSIBLE MOVE CONSEQUENCES) จากระยะทางระหว่าง SOURCE BIN กับ จุดวาง (DESTINATION) ตามเงื่อนไขดังนี้

SEPARATION DISTANCE 0-2 นิ้ว เป็น SMALL MOVEMENT

SEPARATION DISTANCE 6 นิ้ว เป็น MOST-COMMONLY-USED

SEPARATION DISTANCE 12-18 นิ้ว เป็น REARRANGE-LAYOUT

SEPARATION DISTANCE 30 นิ้ว เป็น AWKWARD-BODY-MOTION

J (JUGGLE) คือ การพิจารณาลักษณะของวัตถุที่เมื่อหยิบแล้วมีโอกาสหลุดมือได้ง่ายโดยค่าของ J ขึ้นอยู่กับว่าชิ้นงานนั้นต้องมีการคว้า (REGRASPING) หรือไม่ดังนี้

REGRASP NEEDED = YES แล้ว J = 2

REGRASP NEEDED = NO แล้ว J = 0

D (DECIDE) คือ การวางจะต้องใช้การตัดสินใจหรือไม่ เราสามารถให้คะแนนได้ดังนี้

DECIDE NEEDED = YES แล้ว D = 3

DECIDE NEEDED = NO หรือ UNKNOW แล้ว D = 0

E (EXTRA TIME) คือ เวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการวางธรรมดา ซึ่งพิจารณาจากการวางที่จะต้องมีการสอดใส่หรือไม่

INSERTION MORE THAN ONE และ E = 2

INSERTION LESS THAN ON หรือ ALLIGNMENT E = 0

MJ (MOVE-JUGGLE) คือ ลักษณะการหยิบมีโอกาสหลุดมือได้ง่ายหรือไม่ โดยคะแนนเป็นดังนี้

MOVE-REGRASP = SOUGHT,UNKNOW,NO แล้ว MJ = 0

MOVE-REGRASP แล้ว MJ = 2

P (PUT) คือ การวางวัตถุที่จุดหมาย โดยค่า P จะมีองค์ประกอบในการให้คะแนน 3 ตัวคือ ความเป็นไปได้ของปัญหา (PROBABLE PROBLEM), ลักษณะของการวาง (POSSIBLE PUT CONSEQUENCES) และ จำนวน FEEDBACK ในการวาง (NUMBER OF FEEDBACK)

โดยการให้คะแนนจะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROBABLE PROBLEM = NO POSITION-REQUIRED แล้ว P = 0 ที่ความไม่แน่นอน = 0

POSSIBLE PUT CONSEQUENCES = NO-DEFINED-DESTINATION แล้ว P = 0

NUMBER OF FEEDBACK = 1 แล้ว P = 2

NUMBER OF FEEDBACK มากกว่า 1 แล้ว P = 5

โดยลักษณะของการวาง (POSSIBLE PUT CONSEQUENCES) เราจะทราบจากพื้นผิวที่จะวางวัตถุ (SURFACE OPENING SIZE) ว่ากว้างพอหรือไม่ ตามเงื่อนไขดังนี้

SURFACT OPENING SIZE = SMALL แล้ว POSSIBLE PUT CONSEQUENCES จะเป็น YES-DEFIND-DESTINATION

SURFACT OPENING SIZE = LARGE แล้ว POSSIBLE PUT CONSEQUENCES จะเป็น NO- DEFIND-DESTINATION

PRIBABLE PROBLEM คือ ลักษณะของความเป็นไปได้ของปัญหา ซึ่งเราจะแบ่งปัญหาต่าง ๆ ได้ดังนี้

NO MOVE PROBLEM	คือ	ไม่มีปัญหา
PROBABLE DISTANCE	คือ	ปัญหาของระยะทาง
PROBABLE SIZE	คือ	ปัญหาของขนาดวัตถุ
PROBABLE SURFACT	คือ	ปัญหาของพื้นผิว
NO POSITION REQUIRED	คือ	ปัญหาเกี่ยวกับการหาตำแหน่ง
FINGER NOT CLOSE OBJECT	คือ	ปัญหาเกี่ยวกับนิ้วมือ

โดย PROBABLE PROBLEM จะพิจารณามาจากปัญหาเฉพาะ (SPECIFIC PROBLEM) และ SPECIFIC PROBLEM ก็จะพิจารณามาจากความยากของงาน (SUSPECTED DIFFICULTY) และ SUSPECTED DIFFICULTY ก็จะพิจารณามาจาก ลักษณะของงาน (TASK) โดยข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมถึงกันดังลักษณะต่อไปนี้

TASK มี 5 แบบ

1. SIMPLE-PICK-SIMPLE PUT
2. PUSHING OBJECT
3. PICH-DIFFICULT-PUT-EASY
4. PICK-DIFFICULT-PUT DIFFICULT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเรารู้ลักษณะของงานจะสามารถคะเนความยากของงานได้ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ทำการแบ่งไว้ดังนี้

ถ้าเป็น SIMPLE-PICK-SIMPLE-PUT หรือ PUSHING OBJECT ถือว่า COMMON

ถ้าเป็น PICK-DIFFICULT-PUT EASY ถือว่า GRASP-OBJECT FROM SOURCE

ถ้าเป็น PICK-EASY-PUT 3 DIFFICULT ถือว่า PUT-OBJECT AT DESTINATION

ถ้าเป็น PICK-DIFFICULT-PUT-DIFFICULT ถือว่า PUT-OBJECT AT DESTINATION และ GRASP-OBJECT FROM SOURCE

นอกจากนี้ยังรับค่า SUSPECTED DIFFICULTY ได้อีกว่าเป็นแบบ MOVE HAND TO SOURCE,MOVE-OBJECT TO DESTINATION,หรือ NO-MOVE DIFFICULTY เพื่อนำค่าไปคาดคะเนหา SPECIFIC PROBLEM ดังนี้

MOVE HAND TO SOURCE จะได้ LAYOUT OF TABLE

GRASP-OBJECT FROM SOURCE จะได้ PROBLEM WITH BIN DESTINATION ที่ CF 90

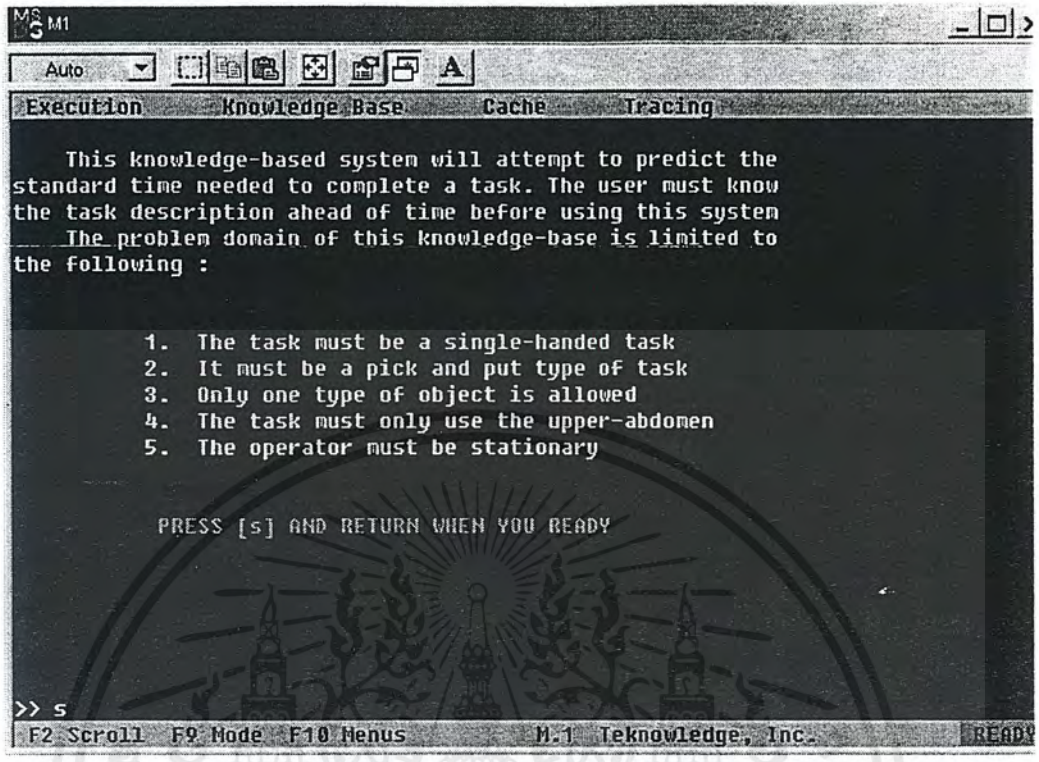
SIZE TEXTURE OF OBJECT ที่ CF 90

COMMON จะได้ GENERAL-DESTINATION CF 90

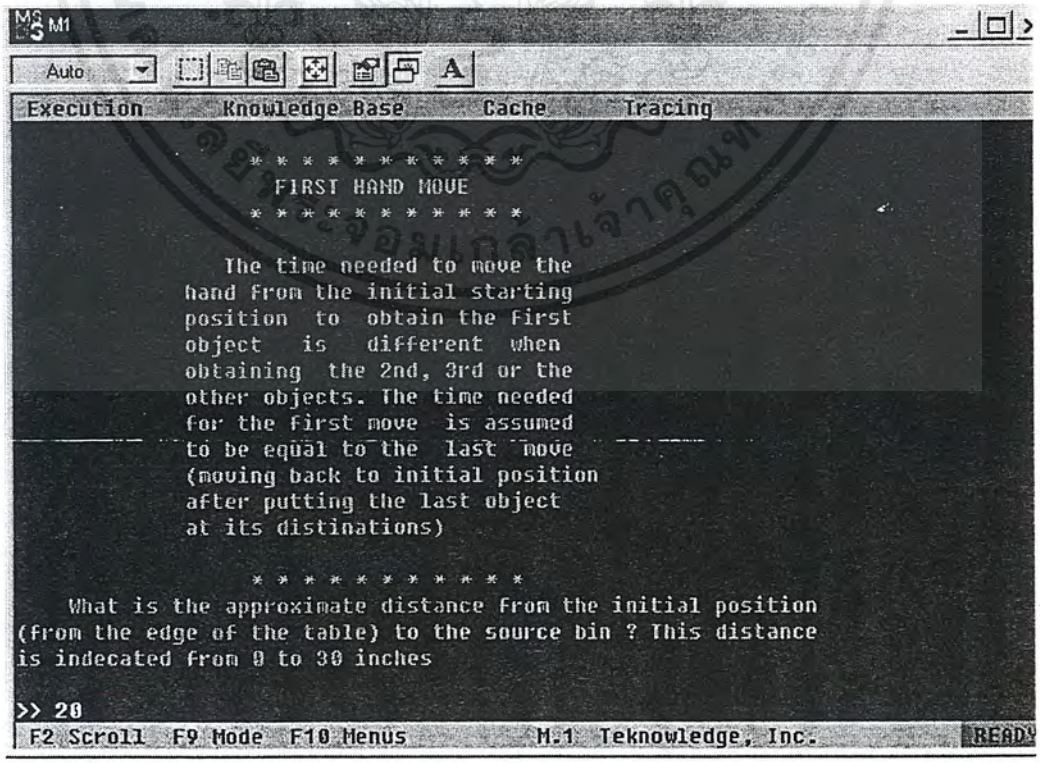
SIMPLE-GRASP CF 90

LAYOUT OF TABLE CF 90

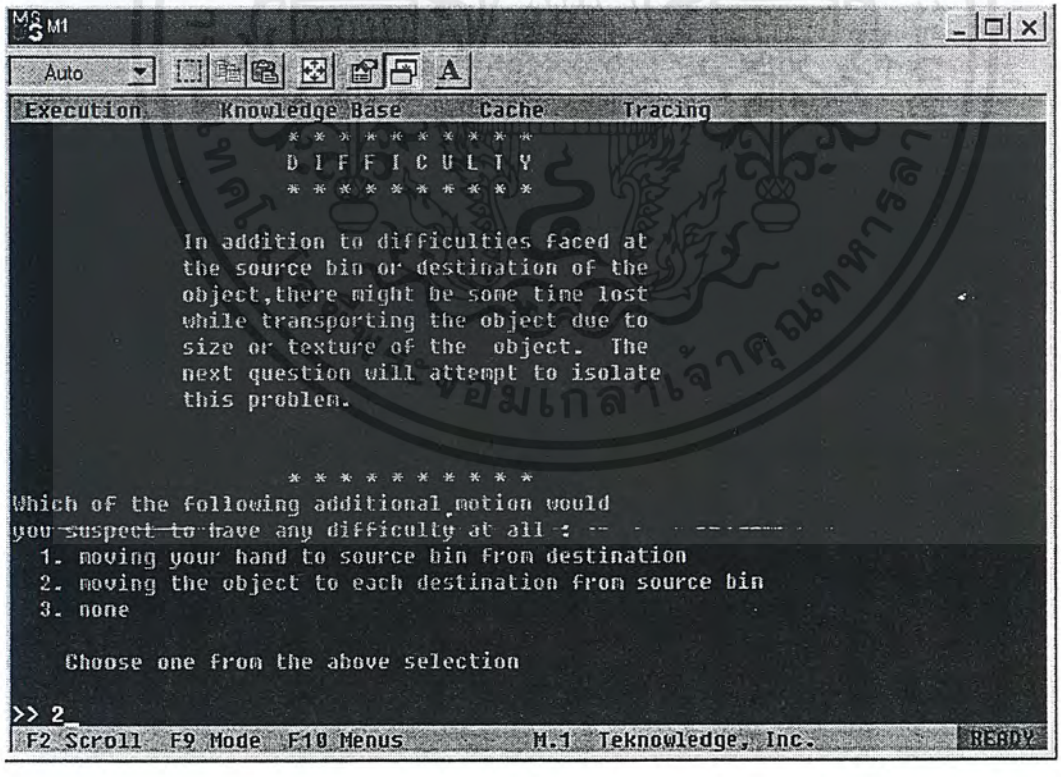
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



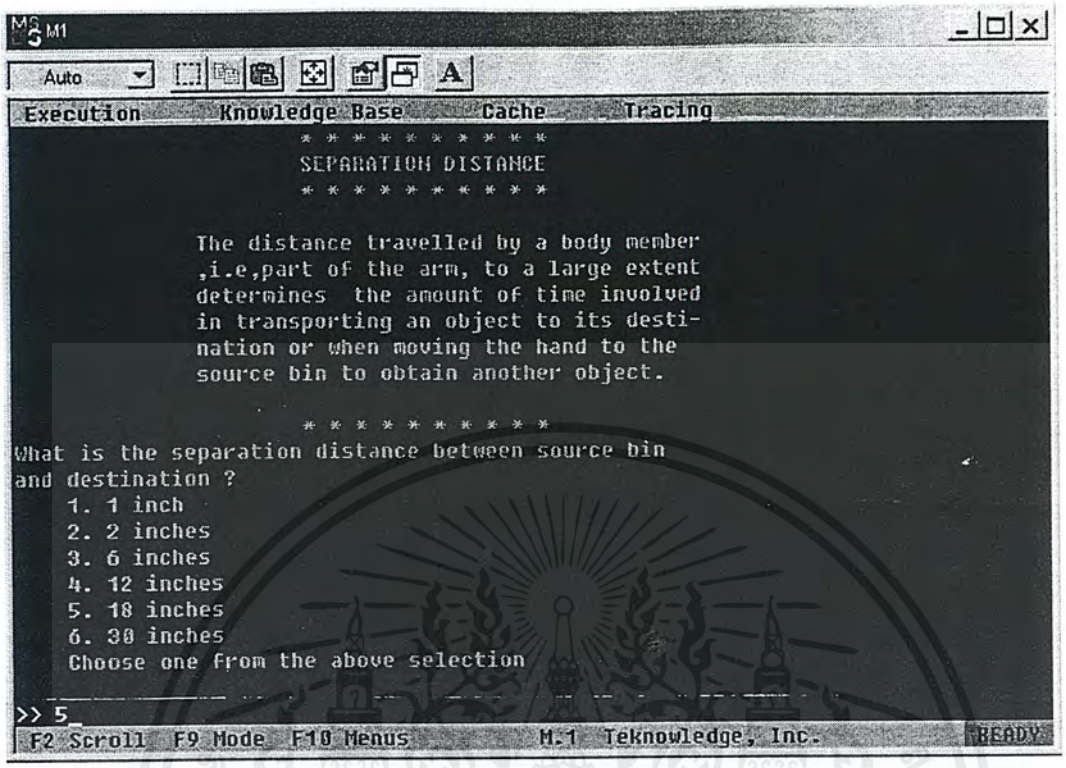
รูปที่ 4.2 การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญเรื่อง modapts

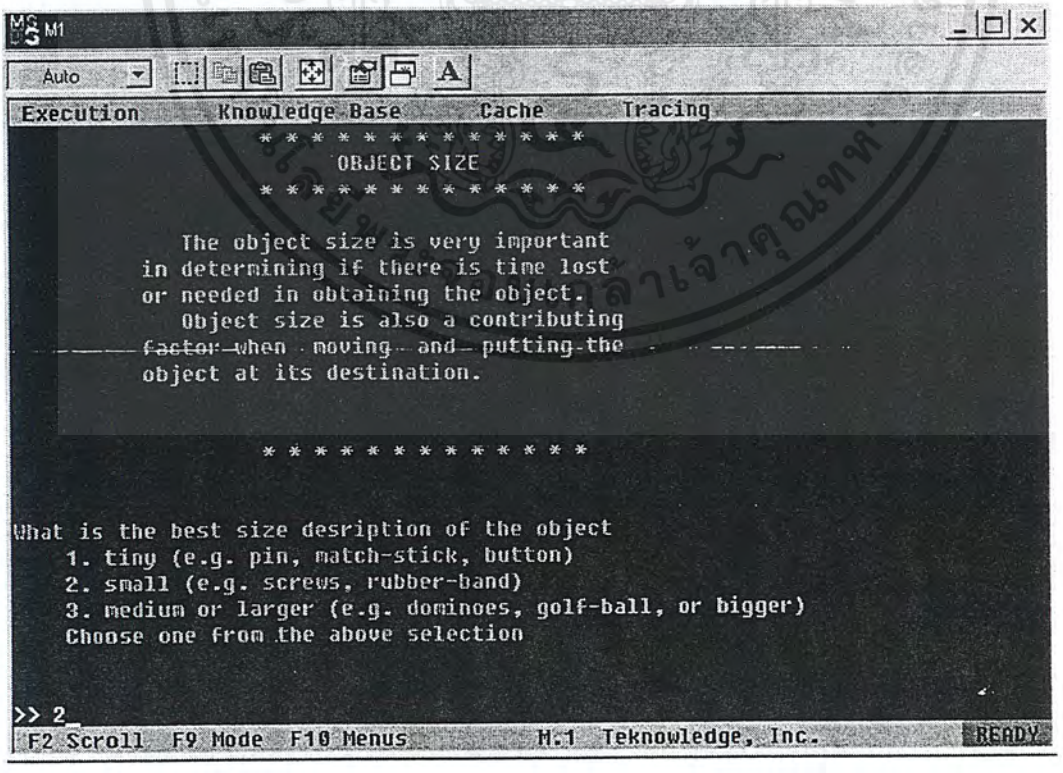


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

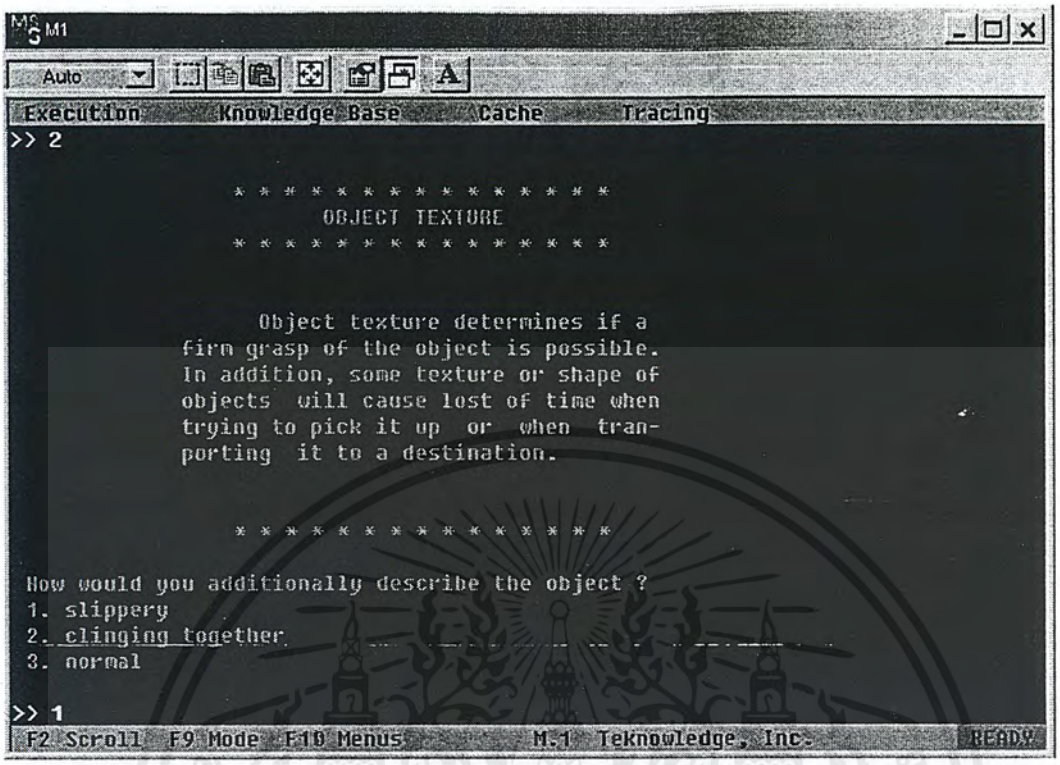


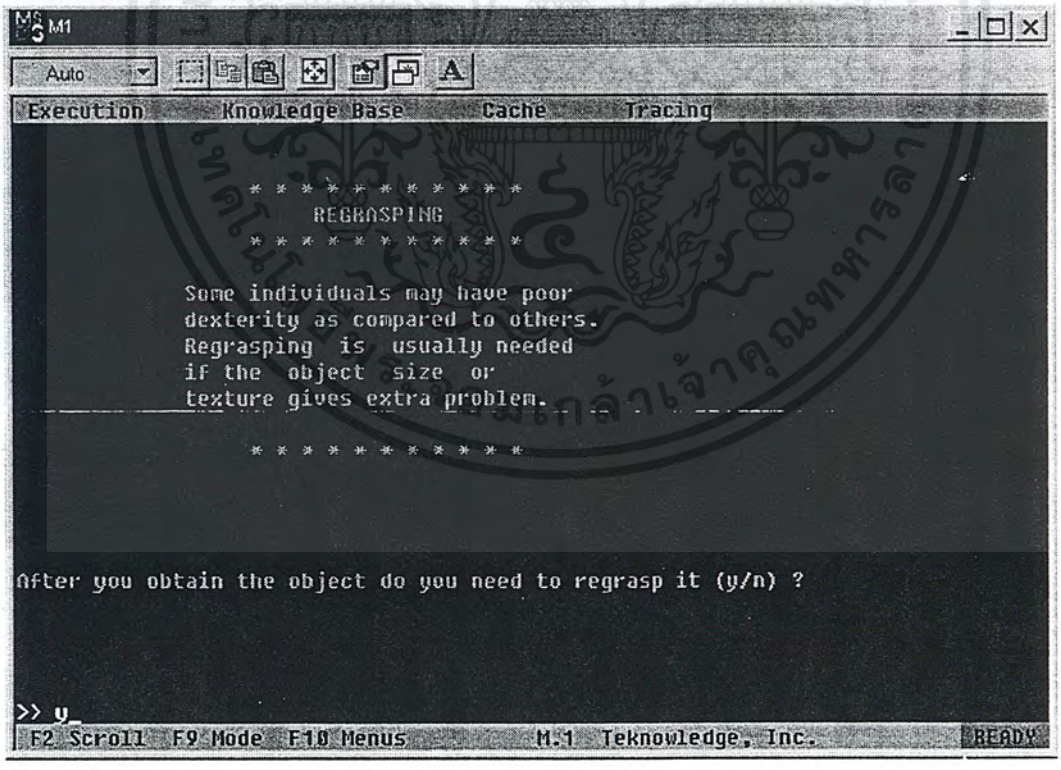
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



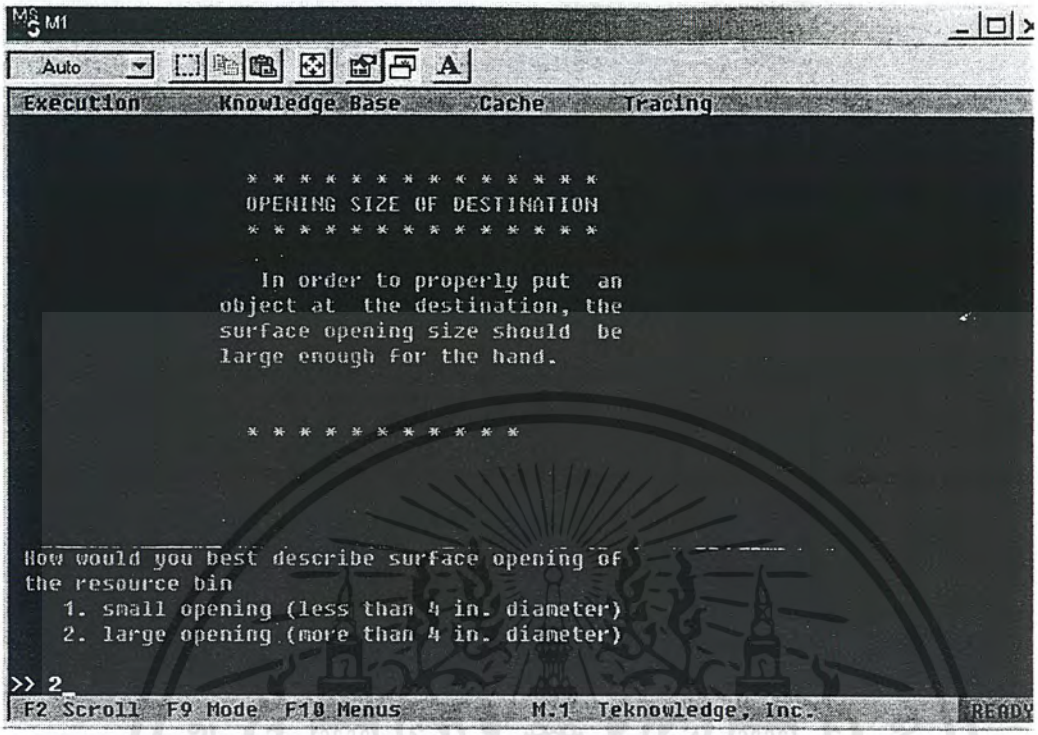


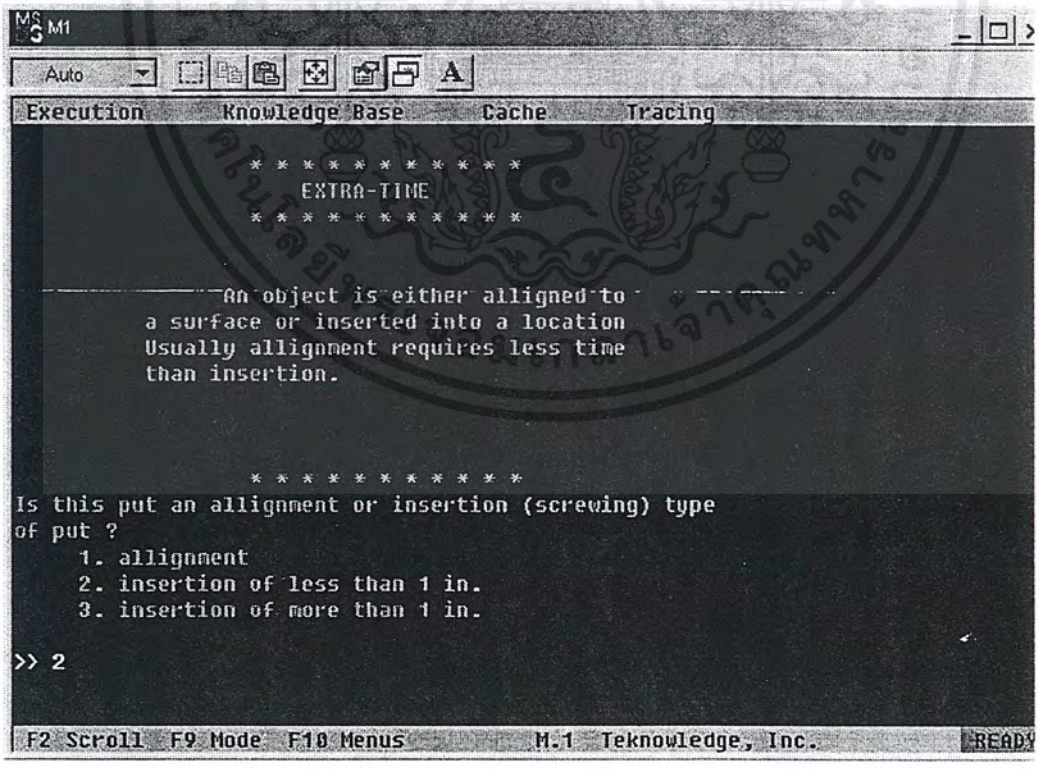
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



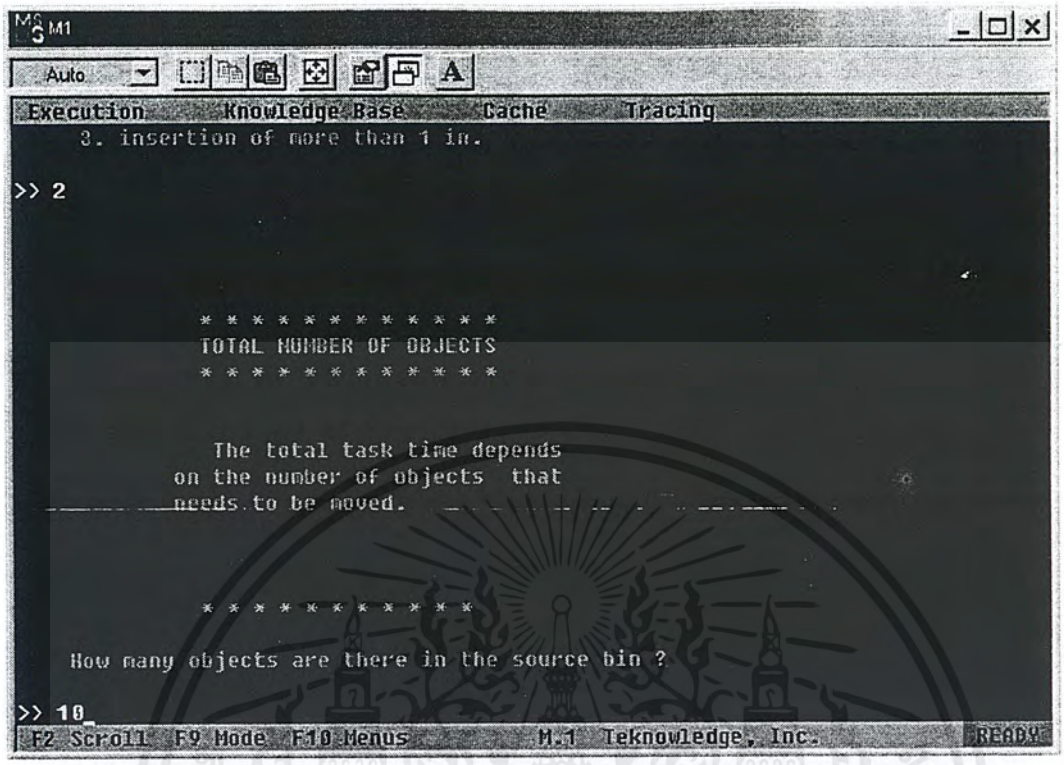


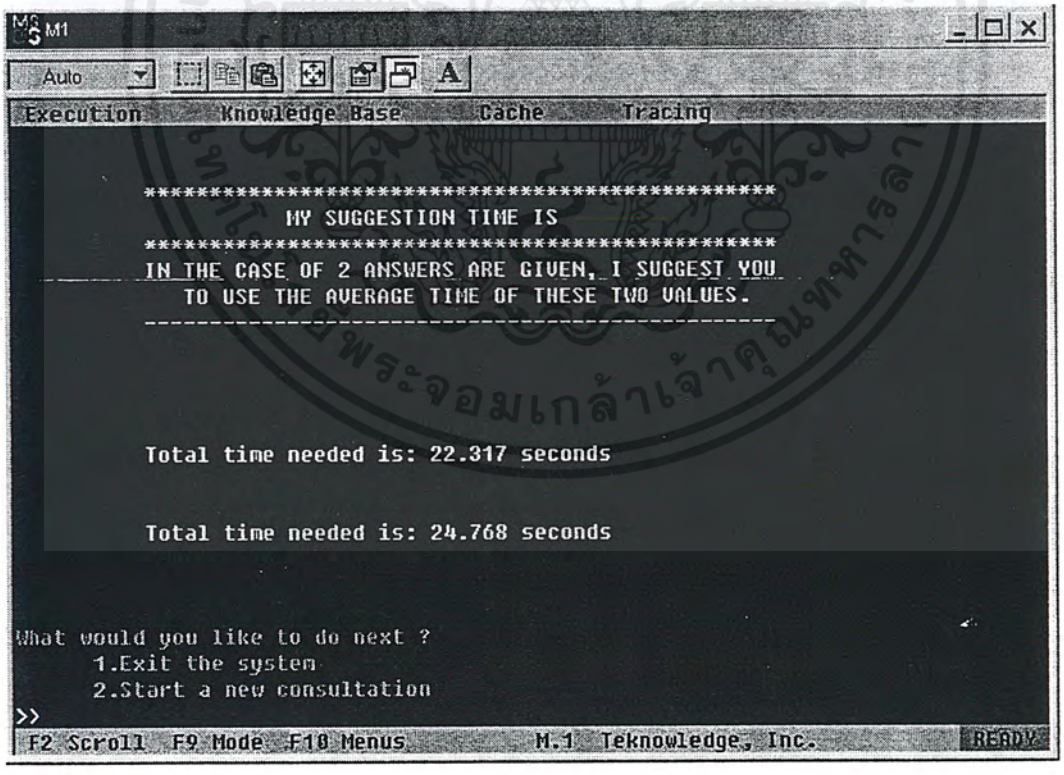
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
แนวทางในการพัฒนา

ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ สิ่งหนึ่งที่พึงเข้าใจได้ตลอดเวลาคือเรากำลังพยายามพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่สามารถให้คำปรึกษาได้เช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญ ระบบซอฟแวร์นี้จะต้องมีความรู้ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรความรู้จะต้องเก็บความรู้เข้าไปให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ วิธีการที่วิศวกรความรู้เก็บความรู้ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ เราเรียกว่า การแสดงความรู้ (KNOWLEDGE REPRESENTATION) ดังที่ได้มีการกล่าวมาแล้ว ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่กำลังกล่าวถึงอยู่ในขณะนี้ จะหมายถึงวิธีการเก็บความรู้ให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ไม่ได้หมายถึงการสร้างซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเก็บความรู้ ซึ่งเป็นหน้าที่ของนักเขียนโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นมา

อีกเรื่องหนึ่งที่จะต้องเข้าใจคือ ระบบผู้เชี่ยวชาญที่เรากล่าวถึงคือระบบผู้เชี่ยวชาญที่สามารถให้คำปรึกษาได้เฉพาะเรื่อง มันเป็นการยากมากที่จะพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษาในหลาย ๆ เรื่องภายในฐานความรู้อันเดียวกัน

ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะกล่าวถึงลักษณะการพัฒนาใน 2 ลักษณะ คือ การพัฒนาระบบที่มีขนาดเล็ก และการพัฒนาระบบที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีลักษณะของปัญหาเป็นการวินิจฉัยมากกว่าการสังเคราะห์

ระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็กหมายถึงระบบที่มีกฎ (กรณีที่เป็น RULE BASE) ไม่ควรเกิน 350 ข้อ ถ้าจะแสดงความรู้ในรูปของกฎหรือขนาดความรู้ที่ประมาณกันเมื่อแสดงความรู้โดยวิธีการอื่น การตั้งกฎเกณฑ์ว่าระบบขนาดเล็กควรมีกฎกี่ข้อนี้ยังไม่ใช่กฎตายตัว แต่โดยหลักใหญ่แล้วควรคำนึงถึงขนาดของความรู้และความซับซ้อนของความรู้ด้วย อย่างไรก็ตามกฎ 350 ข้อที่กล่าวมาก็เพื่อที่จะเป็นตัวเลขประมาณในการอ้างอิงเบื้องต้นสำหรับผู้ที่เริ่มสนใจทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งไม่ค่อยมีความสำคัญนัก และสำหรับผู้ที่จะพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยตัวเอง กฎเกณฑ์ง่าย ๆ ที่พอจะทำความเข้าใจได้ในตอนนี้คือ ระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดก็คือในแง่ของการลงทุนสร้าง

โดยหลักการแล้ว การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญทุกขนาดจะมีหลักการเดียวกัน จะมีความแตกต่างกันบ้างก็ในแง่ของวงจรพัฒนาและรายละเอียดบางอย่างเท่านั้น เนื่องจากว่าการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็ก ระดับความซับซ้อนจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับขนาดใหญ่ ดังนั้นขั้นตอนบางอย่างที่จะใช้ในการพัฒนาระบบจึงไม่มีความจำเป็นเพราะจะเป็นการสิ้นเปลือง

สำหรับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ วงจรของการพัฒนาจะต่างกับระบบที่มีขนาดเล็กมาก ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดของระบบที่ใหญ่ขึ้น ความซับซ้อนของระบบก็จะต้องมีมากขึ้นด้วยเช่นกัน และความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจะหมายถึง

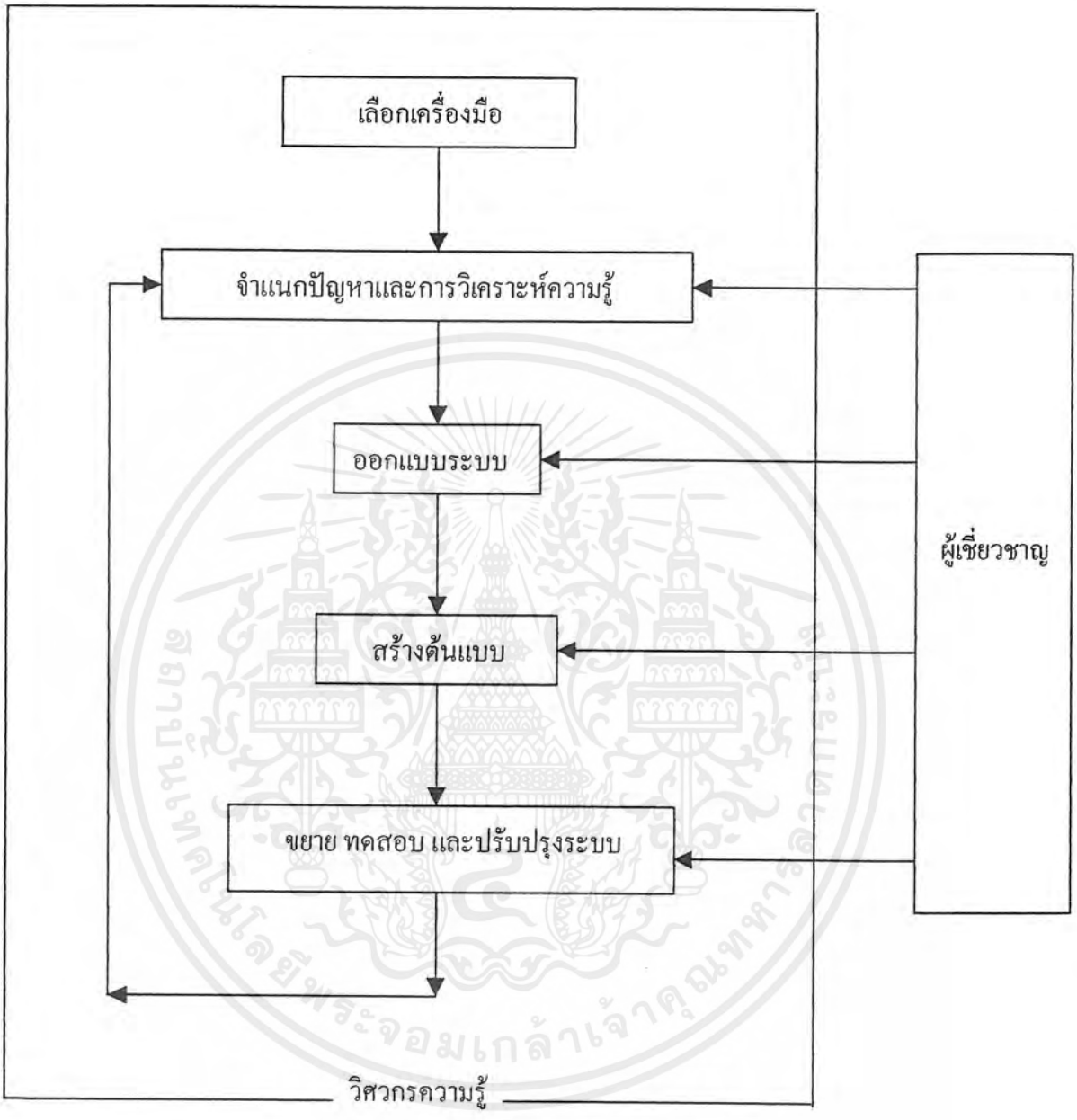
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาและเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นจำนวนมหาศาล ดังนั้นการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่จึงต้องมีการวางแผนงานที่ระมัดระวังเพื่อที่จะลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด

จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 เป็นการแสดงวงจรของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการพัฒนาระบบทั้งสอง การเข้าร่วมของผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาระบบจะแตกต่างกัน สำหรับระบบขนาดเล็กการเข้าร่วมพัฒนาระบบของผู้เชี่ยวชาญจะน้อยกว่าในระบบใหญ่ ผู้ที่ทำงานอยู่อย่างเป็นหลักก็คือ วิศวกรความรู้ สำหรับการพัฒนาระบบใหญ่ผู้เชี่ยวชาญจะมีส่วนเข้าร่วมในการพัฒนาอย่างมาก ผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีเวลาอย่างมากเพื่ออุทิศให้กับการพัฒนาระบบ และจะต้องเข้าร่วมในการพัฒนาอย่างใกล้ชิด

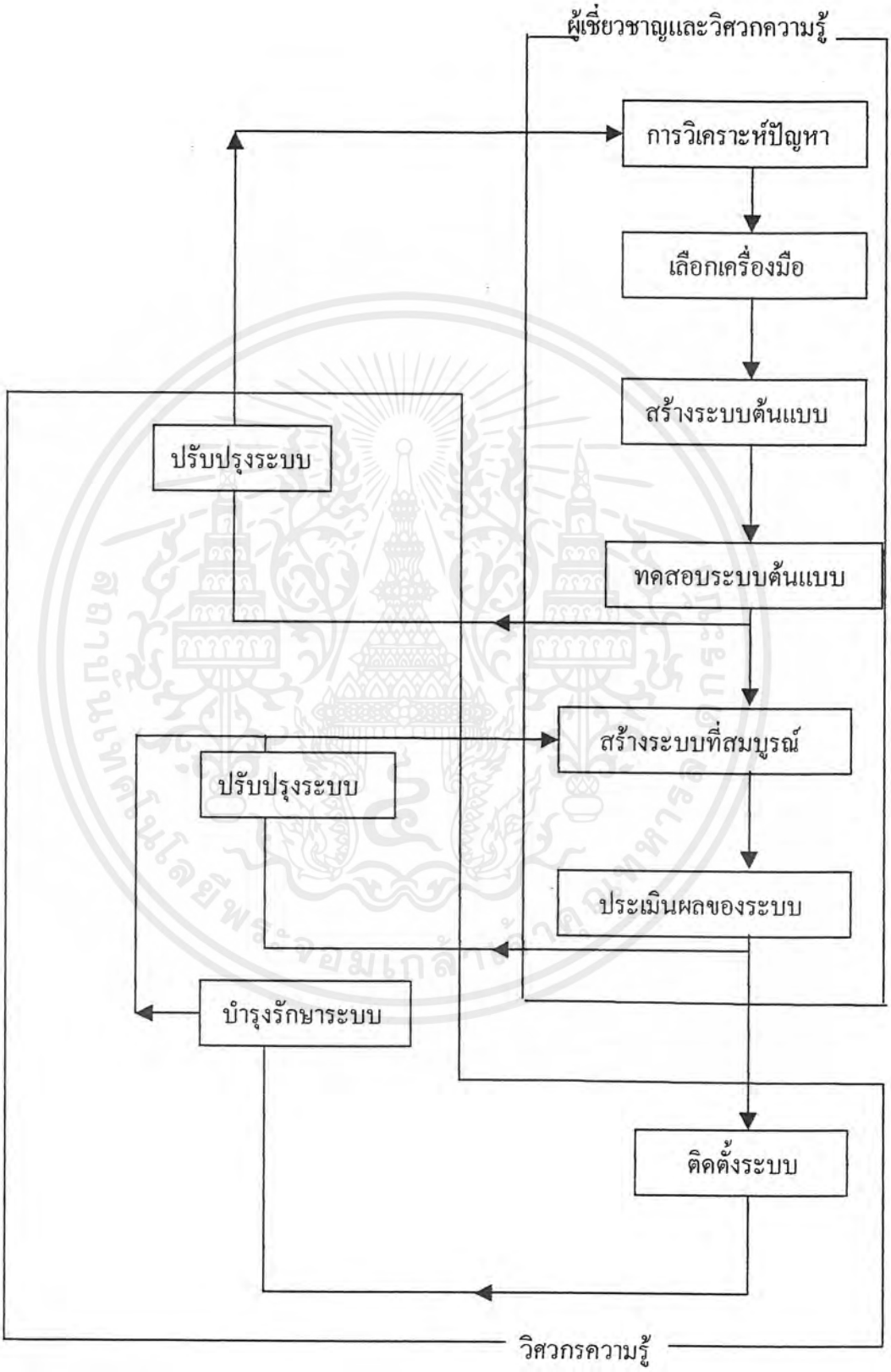
การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็ก จะเริ่มต้นด้วยการเลือกเครื่องมือและทำความเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับลักษณะการให้คำปรึกษา จากนั้นก็ทำการจำแนกปัญหาและวิเคราะห์ความรู้ที่จะใส่ในฐานความรู้ แล้วออกแบบและสร้างต้นแบบโดยการจำกัดโดเมนของความรู้ให้เล็กลงแล้วขยาย ทดสอบและปรับปรุงระบบจนกว่าจะใช้งานได้ ถ้าหากว่ามีปัญหาเกิดขึ้นเราก็จะย้อนกลับไปที่การจำแนกปัญหาและการวิเคราะห์ความรู้ใหม่ จนกว่าระบบจะเป็นไปตามที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 วงจรการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 วงจรการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังของวงจรการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ จะเห็นว่าผู้ที่จะมีบทบาทในการพัฒนาระบบก็คือ วิศวกรความรู้และผู้เชี่ยวชาญ และการพัฒนาระบบโดยส่วนใหญ่จะต้องอาศัยการประสานงานของทั้งวิศวกรความรู้และ
ผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับวงจรการพัฒนาจะเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ปัญหาเลือกเครื่องมือ จากนั้นก็จะเป็นการสร้างระบบต้นแบบ แล้วก็จะทำการทดสอบ ถ้าหากว่าระบบต้นแบบที่ได้ยังไม่ถูกต้องก็จะต้องวนกลับไปปรับปรุงระบบต้นแบบ และทดสอบใหม่จนกระทั่งได้ต้นแบบที่ถูกต้อง

เมื่อได้ต้นแบบที่ถูกต้องแล้ว จึงจะทำการขยายระบบให้เป็นระบบที่สมบูรณ์ แล้วก็ประเมินผล ถ้าระบบที่ขยายขึ้นมามีอะไรต้องแก้ไข ก็จะต้องกลับไปสร้างระบบที่สมบูรณ์ใหม่ แล้วทำการประเมินผลใหม่ จนกระทั่งเป็นที่พอใจ เมื่อได้ระบบที่พอใจแล้ว ก็ติดตั้งระบบวางแผนการบำรุงรักษาเพื่อทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้มีความรู้ที่ทันสมัยเสมอ

สำหรับขั้นตอนต่าง ๆ ของการพัฒนาระบบดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 และ 5.2 จะขออธิบายในรายละเอียดเป็นประเด็น ดังต่อไปนี้

การจำแนกปัญหาและวิเคราะห์ความรู้ที่จะสรุปใส่ฐานความรู้

ความแตกต่างของการพัฒนาระบบที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่อีกอย่างหนึ่งก็คือ ในระบบขนาดเล็ก วงจรการพัฒนาจะเริ่มต้นด้วยการเลือกเครื่องมือแต่สำหรับการพัฒนาระบบใหญ่ วงจรการพัฒนาจะเริ่มด้วยการวิเคราะห์ปัญหาทั้งนี้เพราะในการพัฒนาระบบที่มีขยาดเล็ก จะสามารถทำได้โดยการนำเครื่องมือที่มีอยู่มาใช้ และนำความรู้ที่พัฒนามาวิเคราะห์เพื่อใช้กับเครื่องมือที่มีอยู่แล้วนั้น ทั้งนี้เพราะความรู้ขนาดเล็กยังไม่มีความซับซ้อนมากนัก สำหรับระบบที่มีขนาดใหญ่ การพัฒนาความรู้จะต้องลงทุนสูงผู้พัฒนาจะต้องพร้อมที่จะลงทุนซื้อเครื่องมือใหม่ เพราะความซับซ้อนของระบบ ดังนั้นวงจรการพัฒนาจะต้องเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ปัญหา แล้วจึงเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะปัญหาที่ต่างกันจะเหมาะกับเครื่องมือที่ต่างกัน

อนึ่ง ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ยังมีเรื่องที่เป็นข้อควรระวังอีกหลายเรื่อง ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปอย่างละเอียดในหัวข้อเรื่องการเลือกปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่

ในการพัฒนาระบบที่มีขนาดเล็ก เมื่อได้เครื่องมือแล้ว จะรู้ว่าเครื่องมือที่เลือกใช้นั้นมีลักษณะการให้คำปรึกษา การแสดงความรู้ และโดเมนของปัญหาเป็นอย่างไร ดังนั้นสิ่งที่ต้องทำต่อไปก็คือ การจำแนกปัญหา และวิเคราะห์ความรู้ ลักษณะการทำงานและการวิเคราะห์ปัญหาของระบบผู้เชี่ยวชาญมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีที่จะกล่าวต่อ ๆ ไป

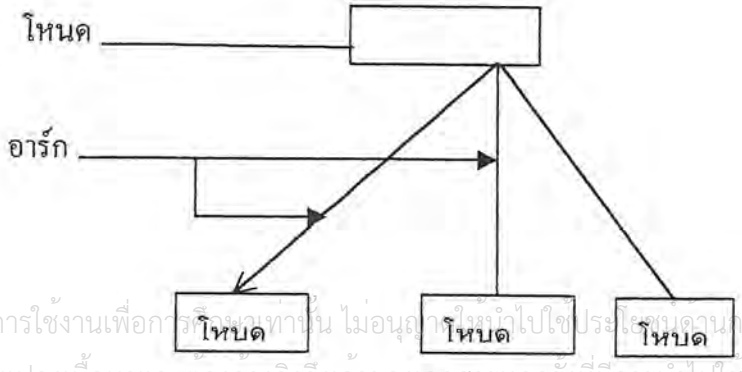
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาในระบบผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะคล้ายกับการให้คำปรึกษาทางโทรศัพท์ ถ้าสมมติว่านาย ก กำลังเป็นไส้ติ่งอักเสบอย่างร้ายแรงต้องทำการผ่าตัดรีบด่วน ที่บ้านนาย ก มีนาย ข อยู่เพียงคนเดียวซึ่งไม่มีความรู้ทางด้านผ่าตัดเลย นาย ข โทรศัพท์มาหานาย ค ซึ่งเป็นหมดผ่าตัดไส้ติ่งที่เชี่ยวชาญมากวาจะทำอย่างไร ถึงตอนนี้นาย ค คือผู้เชี่ยวชาญที่จะต้องตั้งคำถามถามนาย ข เกี่ยวกับอาการของนาย ก เมื่อได้ข้อมูลบางอย่างก็สามารถแนะนำนาย ข ให้ทำอย่างไรตามขั้นตอนการผ่าตัดไส้ติ่ง การจำแนกปัญหาของนาย ค ก็เช่นเดียวกันกับการจำแนกปัญหา เพื่อนำมาใส่ในฐานความรู้ ถ่าหากว่าท่านจะจำแนกปัญหา ท่านต้องมีความรู้ทางด้านนั้นเป็นอย่างดีและสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ เช่นเดียวกับนาย ค ที่รู้การผ่าตัดไส้ติ่ง ซึ่งพอที่จะสรุปได้ดังนี้คือ

- มีความรู้และความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง
- จัดขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา
- ถามคำถามเพื่อเป็นข้อมูลว่าควรจะให้คำปรึกษาเช่นไร
- ให้คำปรึกษา

1. การมีความรู้และความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องเป็นปัญหาพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบความรู้ เช่น ถ้าจะสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการถ่ายรูป และจะต้องเข้าใจว่าในกระบวนการถ่ายรูปนั้นมีปัญหาอะไรบ้าง ในเงื่อนไขต่าง ๆ ในความรู้เรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรที่มีบทบาทสำคัญ เช่น แสงที่ต่างกัน การตั้งความเร็วก็ต่างกัน ในเงื่อนไขของความเร็วของฟิล์ม (ASA) ต่างกัน การตั้งหน้ากล้องก็ต่างกันด้วย เป็นต้น
2. การจัดขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา ผู้เชี่ยวชาญต้องมีความเข้าใจว่ากระบวนการของการแก้ปัญหาทั้งหมดเป็นอย่างไร มีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา ขั้นตอนทุกขั้นตอนจะต้องมีการจัดลำดับและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาดังตัวอย่างที่ 1 ที่ได้แสดงวิธีการจัดขั้นตอนในการแก้ปัญหาแบบหนึ่งโดยอาศัยตาราง

อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยในการจัดขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ดี คือการจัดความรู้ในรูปแบบของต้นไม้(TREE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ในกรณีที่ความรู้มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากการใช้วิธีการจำแนกปัญหาอาจจะยุ่งยาก การใช้โครงสร้างต้นไม้จะเป็นวิธีที่สะดวกกว่า องค์ประกอบของโครงสร้างแบบต้นไม้จะประกอบด้วยโหนดและอาร์ก สำหรับโหนดจะแทนความหมายที่จะแสดงในฐานความรู้ และอาร์กจะเป็นส่วนที่เชื่อมความสัมพันธ์ของโหนดต่าง ๆที่เกี่ยวพันกันเข้าด้วยกัน

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างโหนด จะกำหนดให้โหนดตัวที่อยู่ในระดับที่สูงกว่าเป็นแอตทริบิวต์ของโหนดล่าง และโหนดล่างจะเป็นค่าของโหนดบน โดยมีอาร์กเชื่อมความสัมพันธ์ของโหนดที่เป็นแอตทริบิวต์และค่าเข้าด้วยกันซึ่งจะกำหนดค่าความสัมพันธ์ขอให้กับอาร์กหรือไม่ก็ได้

3. การถามคำถามเพื่อเป็นข้อมูลว่าคำตอบจะเป็นเช่นไรต่อปัญหาเฉพาะหนึ่ง ๆ จะมีวิธีการแก้ปัญหาเฉพาะอย่าง ถ้าปัญหาเป็นอย่างหนึ่งการแก้ปัญหาจะเป็นแบบหนึ่ง ในปัญหาเดียวกันจะมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายอย่าง และวิธีการเฉพาะนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของปัญหา ในการที่จะได้มาซึ่งลักษณะเฉพาะของปัญหา ระบบความรู้จะต้องมีคำถามเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ในการที่จะจำแนกลักษณะเฉพาะของปัญหา เมื่อได้ลักษณะเฉพาะของปัญหาก็สามารถให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหานั้นได้อย่างถูกต้อง การตั้งคำถามนั้นต้องง่ายต่อความเข้าใจคำถามของผู้ใช้ และทำให้ผู้ใช้สามารถตอบคำถามได้อย่างตรงประเด็น

4. การให้คำปรึกษา จะต้องเป็นลักษณะที่เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ง่าย การตั้งคำถามจะต้องชัดเจนให้ผู้ใช้สามารถตอบคำถามได้อย่างตรงประเด็น

การเลือกเครื่องมือและทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของการให้คำปรึกษา

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบความรู้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดและแต่ละชนิดก็มีวิธีการแสดงความรู้ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการเลือกเครื่องมือแต่ละชนิดจำเป็นจะต้องเลือกให้เหมาะกับงานที่จะทำด้วย นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีลักษณะพิเศษของเครื่องมือแต่ละชนิดด้วย เช่น ความสามารถในการบรรจุความรู้ ความสามารถในการแสดงภาพ เสียง และการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เป็นต้น

นอกจากตัวอย่างของเครื่องมือที่เราจะต้องพิจารณาแล้ว ในส่วนของปัญหาจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงโดเมนด้วย ซึ่งโดเมนในที่นี้จะหมายถึงขอบเขตของการให้คำปรึกษาสำหรับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีขนาดเล็กพอมีวิธีการคร่าว ๆ ที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าระบบนี้เป็นระบบที่มีโดเมนขนาดเล็กได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เวลาที่ใช้ในการให้คำปรึกษาทั้งหมดไม่ควรเกิน 30 นาที นับตั้งแต่เริ่มการถามตอบคำถามจนถึงคำแนะนำขั้นสุดท้าย
- ความเป็นไปได้ของคำตอบที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องเลือกไม่ควรเกิน 50 ชุด หมายความว่า คำตอบที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะสามารถเลือกมาตอบจากฐานความรู้ซึ่งคำตอบนี้จะเป็นความรู้ที่ระบบผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ใช้

การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบควรเริ่มจากกระดาษเขียนแนวความคิดของความรู้ทั้งหมดที่เราจะสร้างโดยเริ่มจาก

- เป้าหมาย เราจะต้องมีเป้าหมายที่เด่นชัด เป้าหมายในที่นี้คือ จุดหมายปลายทางของระบบการให้คำปรึกษานี้จะเป็นเช่นไร หรือพูดง่าย ๆ คือ คำตอบของการให้คำปรึกษานั่นเอง และคำตอบนี้จะมีอยู่หลายคำตอบซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้เลือกให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของปัญหา
- กำหนด FLOW DIAGRAM ของปัญหาทั้งหมด ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการแสดงความรู้ ในการแสดงความรู้ต้องจัดลำดับของขั้นตอนที่จำเป็นออกมา

การสร้างต้นแบบ

ในการสร้างต้นแบบนั้นจะมีการแสดงความรู้เฉพาะตอนขึ้นมา โดยการจำกัดความรู้ของโดเมนให้แคบลง ในการสร้างระบบต้นแบบนั้นมีจุดประสงค์เพื่อหาความเป็นไปได้ของการสร้างระบบและหาหนทางในการแก้ปัญหาก่อนที่จะสร้างระบบจริง

ระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้ จะต้องมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกับระบบจริงที่จะพัฒนาต่อ แต่กำหนดให้ขอบเขตของการแก้ปัญหาทำได้น้อยกว่า ระบบต้นแบบนี้จะเป็นต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบว่าการแก้ปัญหาที่ได้ทำการออกแบบนั้นถูกต้องหรือไม่ และเพื่อเป็นแนวทางในการขยายระบบต่อไป

การขยาย ทดสอบ และปรับปรุงระบบ

การขยายระบบโดยการนำต้นแบบที่แน่ใจว่าถูกต้องแล้วมาทำการเพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆ จนกระทั่งเป็นระบบที่สมบูรณ์ตามที่ได้มีการวางแผนไว้ โดยการเติมความรู้ในส่วนที่ยังขาดอยู่ต้องตกแต่งดูให้ประณีตและเพิ่มส่วนที่ใช้ในการอธิบายส่วนต่าง ๆ

ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ ก่อนที่จะมีการขยายระบบต้นแบบนี้จะต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและวิศวกรความรู้อย่างละเอียดโดยการนำเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้วางไว้ในการสร้างระบบต้นแบบมาทำการทดสอบและตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อดูว่าเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ทดสอบนั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าหากว่าระบบต้นแบบนั้นมีความคลาดเคลื่อนจากที่วางระบบไว้ก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องวกกลับไปทำการออกแบบระบบต้นแบบใหม่ สำหรับการทดสอบระบบต้นแบบมีสิ่งที่พึงระลึกเสมอว่า ระบบนี้ได้มีการจำลองระบบให้มีขอบเขตของการแก้ปัญหาที่เล็กลงกว่าระบบจริง ดังนั้นเงื่อนไขในการทดสอบบางอย่างที่ไม่ได้กำหนดไว้ในการสร้างระบบต้นแบบก็จะนำมาตรวจสอบไม่ได้

การประเมินผลระบบ เมื่อระบบสร้างเสร็จแล้วยังจะต้องมีการประเมินผลด้วยว่าระบบที่ได้ออกแบบมานี้เป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบหรือไม่ ในการตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบจะต้องมีผู้เชี่ยวชาญที่มาช่วยในการพัฒนามาให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด วิศวกรความรู้จะต้องตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ของการอนุมานให้ครบถ้วย และผู้เชี่ยวชาญจะต้องตรวจสอบความรู้ทุกอย่างที่มีอยู่ในระบบว่า ตรงกับความเป็นจริงหรือไม่ ถ้าหากว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น วิศวกรความรู้จะต้องเป็นผู้แก้ไขกฎหรือข้อมูลต่าง ๆ ในฐานความรู้

การบำรุงรักษาในส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ ผู้สร้างจะต้องเข้าใจว่าความรู้ที่ใส่เข้าไปให้กับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นมีวันล้าสมัย มีการเปลี่ยนแปลงได้หรือจำเป็นจะต้องเพิ่มเติมในอนาคต ดังนั้นระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นในระบบใหม่จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิ่มเติมความรู้ หรือจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขอย่างสม่ำเสมอ เพื่อทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้มีความทันสมัยอยู่เสมอ

การเลือกปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่

- จำแนกโดเมนของปัญหาและปัญหาเฉพาะของงาน ในการเลือกปัญหาที่ถูกต้องบางทีอาจจะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการพัฒนาระบบ ในขั้นตอนนี้เราจะต้องเข้าใจว่าเทคโนโลยีทางด้านนี้ ยังมีข้อจำกัดอยู่มากในเวลานี้ ถ้าหากว่าการเลือกปัญหาที่ไม่ถูกต้อง บางครั้งการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญจะเกิดปัญหาขึ้นโดยที่ใครก็ไม่สามารถช่วยแก้ไขได้

ดังนั้นในการเลือกปัญหาจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญ เพราะในระบบใหญ่ ถ้าหากว่าการเลือกปัญหาผิด อาจจะทำให้ระบบทั้งระบบต้องล้มเหลวได้

- ต้องมีผู้เชี่ยวชาญที่พร้อมจะให้การช่วยเหลือ ดังที่กล่าวมาแล้วว่าระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบที่สร้างขึ้นพยายามเลียนแบบการมำงานของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้ความช่วยเหลือในการพัฒนา ระบบใหญ่นี้จะแตกต่างจากระบบเล็กซึ่งวิศวกรความรู้สามารถประมวลความรู้ได้ด้วยตนเอง และหาความรู้เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในความรู้นั้น ๆ อย่างดี สามารถเข้าใจและรู้วิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

- วิเคราะห์การแก้ปัญหาโดยย่อ การวิเคราะห์เป็นส่วนที่จะช่วยให้วิศวกรความรู้ได้เข้าใจและหาเครื่องมือที่ต้องมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การแก้ปัญหากับระบบที่เกิดขึ้นนั้นจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องอาศัยระบบผู้เชี่ยวชาญมาช่วยในการแก้ ปัญหาทุกปัญหาอาจไม่จำเป็นที่จะต้องแก้ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญเสมอไป เครื่องมือที่เป็น โปรแกรมบางอย่าง อาจจะแก้ปัญหาได้ดีกว่าระบบผู้เชี่ยวชาญก็ได้ ดังนั้นก่อนที่จะเลือกระบบผู้เชี่ยวชาญมาเป็นตัวที่ช่วยในการแก้ปัญหา ควรจะตรวจสอบดูโปรแกรมระบบเก่าก่อนว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้หรือไม่ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ปัญหาที่เหมาะสมจะต้องเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับทักษะและความชำนาญการ

ทุกวันนี้เทคโนโลยีในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญขนาดใหญ่มาก ๆ ยังมีข้อจำกัด หรือแม้แต่ในระบบเล็ก ๆ เองก็

ตาม วิศวกรความรู้จำเป็นที่จะต้องเลือกเคาองมือให้เหมาะกับความรู้ที่จะใส่เข้าไป

การจำแนกชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในแง่ของความง่ายและความเร็วที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเครื่องมือที่ใช้สำหรับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ นั่นเอง เครื่องมือเหล่านี้โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการค้า และมีลักษณะพิเศษในการใช้งานที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือเหล่านี้ ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยที่จะให้ราบยละเอียดในเรื่องโครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ การแสดงความรู้ เครื่องอนุมาน การติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ การติดต่อกับ END-USER และภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ

โครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วในส่วนที่ผ่าน ๆ มาว่าโครงสร้างหลักจะประกอบด้วยฐานความรู้ เครื่องอนุมาน ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการอนุมานความรู้ที่มีอยู่ในฐานความรู้ และส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ ซึ่งทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกต่อผู้ที่จะพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อมองเฉพาะส่วนของการติดต่อระหว่างเครื่องมือ กับผู้พัฒนาระบบแล้ว จะเห็นความจำเป็นของการมีระบบนี้ขึ้นมาคือ

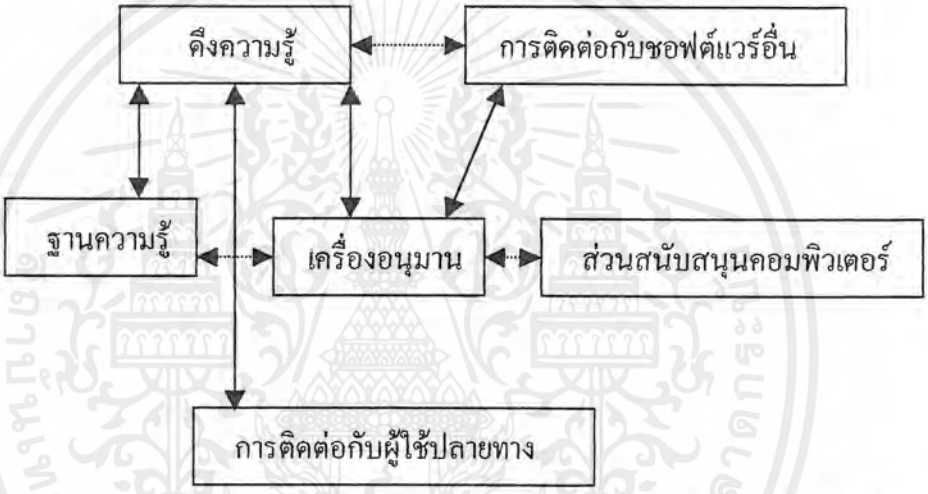
- เพื่อให้การพัฒนาฐานความรู้ที่ต้องมีความสอดคล้องกับระบบ
- เพื่อให้สามารถสร้างส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับ END-USER เป็นไปตามที่ผู้พัฒนาระบบต้องการ
- เพื่อให้สามารถเพิ่มส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการอนุมานเข้าไป ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของสิ่งที่กล่าวมาจะเป็นสิ่งหนึ่งที่จะบอกระดับของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้เป็นอย่างดีว่ามีความสามารถสูงหรือไม่ส่วนนี้นอกจากหน้าที่ที่ใช้ติดต่อกับระบบผู้พัฒนาระบบแล้วในส่วนของการติดต่อกับเรื่องอื่นยังเป็นสิ่งที่จำเป็นอีกเช่นกันคือ

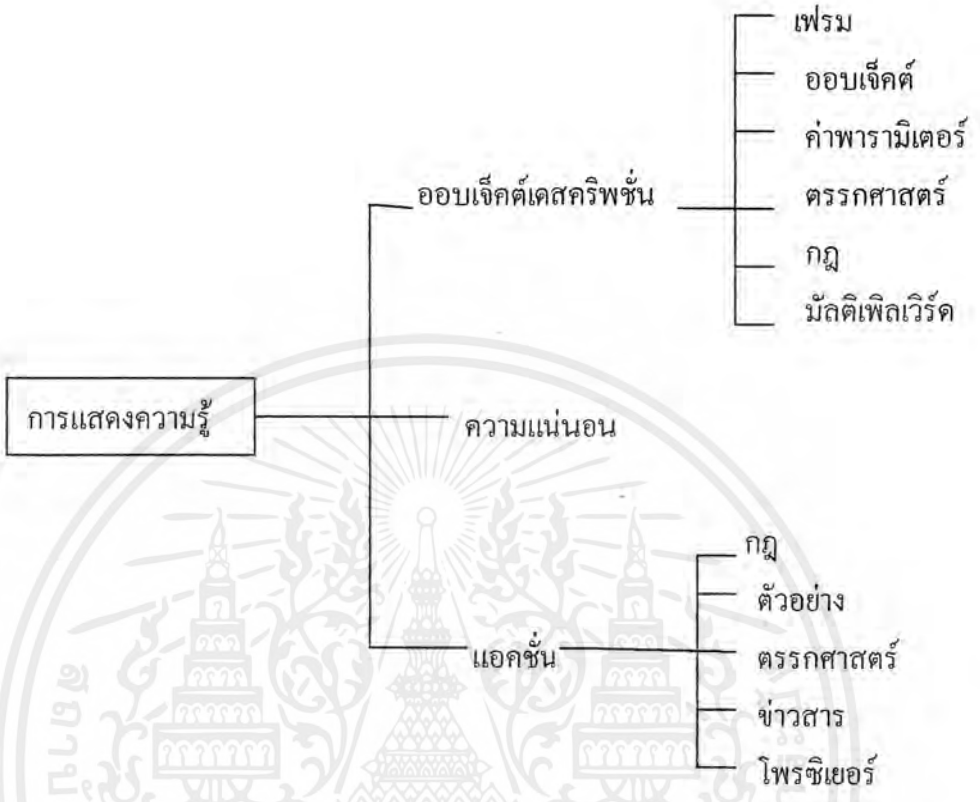
- ความสามารถในการติดต่อกับซอฟต์แวร์และฐานข้อมูลชนิดอื่น
- ความสามารถในการใช้ประโยชน์จากระบบคอมพิวเตอร์ เช่น ความสามารถติดต่อกับเครือข่ายของระบบสื่อสาร เป็นต้น

ตามรูปที่ 5.3 จะเป็นการสรุปโครงสร้างใหญ่ของ ESBT



รูปที่ 5.3 โครงสร้างของ ESBT (เส้นทึบแสดงสิ่งที่สัมพันธ์กันโดยพื้นฐานและเส้นประแสดงส่วนที่เกี่ยวข้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 วิธีการต่าง ๆ ของการแสดงความรู้

การแสดงความรู้ เงื่อนไขประการแรกที่ใช้สำหรับการพิจารณาในการเลือก ESBT ก็คือ วิธีการในการแสดงความรู้จะต้องง่าย ตามรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่า การแสดงความรู้ประกอบด้วย 3 เรื่องคือ OBJECT DESCRIPTIONS,CERTAINTIES และ ACTIONS เรื่องทั้งสามนี้เป็นหัวข้อพื้นฐานของการแสดงความรู้ที่จะต้องมีเพื่อประกอบกันเป็นฐานความรู้ ในฐานความรู้ที่เป็นแบบกฎนั้นออบเจ็คต์จะถูกแสดงไว้ในส่วนของหลัง IF และ ACTION จะถูกแสดงไว้ในส่วนของหลัง THEN สำหรับ CERTAINTIES คือส่วนที่เป็น CF นั่นเอง

ในส่วนของออบเจ็คต์เดสคริพชั่นนั้น เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการอธิบาย ออบเจ็คต์ที่ใช้ในฐานความรู้ วิธีการแสดงความรู้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปก็คือเฟรมซึ่งโดยปกติแล้วการแสดงความรู้แบบนี้จะสามารถครอบคลุมถึงเรื่องการกำหนดออบเจ็คต์ คู่พารามิเตอร์ ลอจิก และกฎได้ ในกรณีของ ESBT ที่มีวิธีการแสดงความรู้ที่ดีแล้ว ในฐานความรู้หนึ่งจะสามารถมี MULTIPLE WORLD ได้โดยการสร้างฐานความรู้ที่แบ่งออกเป็นเฟรมหลายอัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACTION เป็นส่วนที่เปลี่ยนสถานการณ์และ/หรือฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องในส่วนของแอคชั่นในฐานความรู้นั้น สามารถแสดงได้หลายวิธีตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 แต่โดยส่วนใหญ่แล้วแอคชั่นจะแสดงอยู่ในรูปของกฎ ซึ่งกฎเหล่านี้อาจจะถูกนำมาจัดเป็นกลุ่ม เพื่อความสะดวกในการแก้ไข ปรับปรุง อีกรูปแบบหนึ่งที่ใช้กันมากคือการใช้ตัวอย่าง ซึ่งวิธีการแสดงความรู้เช่นนี้จะง่ายกว่าแบบกฎมาก

ในการแสดงความรู้ผู้ที่พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องแทนค่าของออบเจ็คต์และแอคชั่นประกอบกันเป็นฐานความรู้ และการแทนค่าออบเจ็คต์นั้นบางครั้งผู้พัฒนาระบบมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงความมั่นใจที่มีต่อระดับความรู้นั้นด้วย ถ้าหากมั่นใจในความรู้นั้นไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะของการแสดงความรู้ดังกล่าวจะเรียกค่าของความแน่นอน (CERTAINTIES)

เครื่องอนุมาน รูปที่ 5.5 แสดงวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการอนุมานของ ESBT ในเครื่องมือหลาย ๆ แบบจะมีวิธีการที่ใช้ในการอนุมานความรู้ที่ต่างกันขึ้นอยู่กับว่าเครื่องมือนั้นจะเลือกวิธีการเช่นไรในการอนุมาน การจำแนกดังรูปที่ 5.5 นี้ ไม่จำเป็นว่า ESBT จะเลือกเฉพาะแบบใดแบบหนึ่งเท่านั้น สำหรับการอนุมาน ESBT ที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังที่ได้แสดงไว้เกือบครบหรือครบทุกอย่าง เพื่อที่จะให้ผู้พัฒนาระบบสามารถเลือกวิธีการอนุมานได้ด้วนตัวเอง แต่การที่ ESBT มีวิธีการที่ใช้ในการอนุมานมากเกินไปก็จะสร้างความสับสนให้กับผู้พัฒนาระบบได้เช่นกัน ถ้าหากว่าผู้ที่พัฒนาระบบนั้นมีความรู้ความชำนาญในเรื่องของเครื่องอนุมานไม่พอ

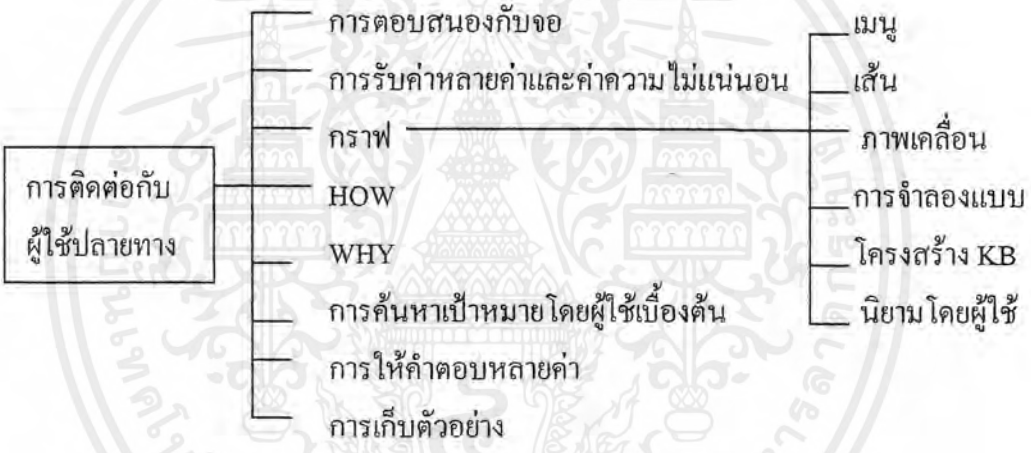
รูปที่ 5.5 ชนิดต่าง ๆ ของการอนุมาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อกับผู้ใช้ ในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้นั้น มีเรื่องที่จะต้องพิจารณาคือ

- วิธีการของการตอบคำถามที่ผู้ใช้ให้คำตอบหลายอย่าง
- การถามคำถามย้อนกลับเมื่อผู้ใช้ไม่เข้าใจคำถาม เช่น WHY,HOW เป็นต้น
- การแสดงผลที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ชัดเจนที่สุด เช่น การแสดงภาพ ตาราง เป็นต้น
- ความสามารถในการเก็บความรู้จากผู้ใช้

เรื่องดังที่กล่าวมานี้เป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับผู้ใช้ระบบเพื่อทำให้ผู้ใช้คุ้นเคยกับระบบได้ง่ายและเร็ว รูปที่ 5.6 เป็นตารางแสดงถึงรายละเอียดต่าง ๆ ในเรื่องของการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 5.6 หน่วยต่าง ๆ ของการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ

ลักษณะทางซอฟต์แวร์ของระบบ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ของระบบมีเรื่องที่จะต้องพิจารณาคือ

ภาษาคอมพิวเตอร์ ในที่นี้หมายถึงภาษาที่ใช้ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ ในการพิจารณาเรื่องเกี่ยวกับภาษาที่ใช้นี้เพื่อทำให้รู้ว่าจะสามารถใช้ระบบในการติดต่อกับระบบอื่นอย่างไร

- ความสามารถในการคอมไพล์ เพื่อให้เข้าใจว่าผู้พัฒนาระบบสามารถสร้างเอ็กซ์คิวต์ไฟล์ของตัวเองได้หรือไม่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้งานและการรักษาความลับของฐานความรู้
- ความสมารถในการขยายระบบ คือความยากง่ายในการเพิ่มฐานความรู้
- การใช้ร่วมกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบการจัดการ (OPERATING SYSTEM) เพื่อรู้ว่าระบบใช้กับ OS อะไร

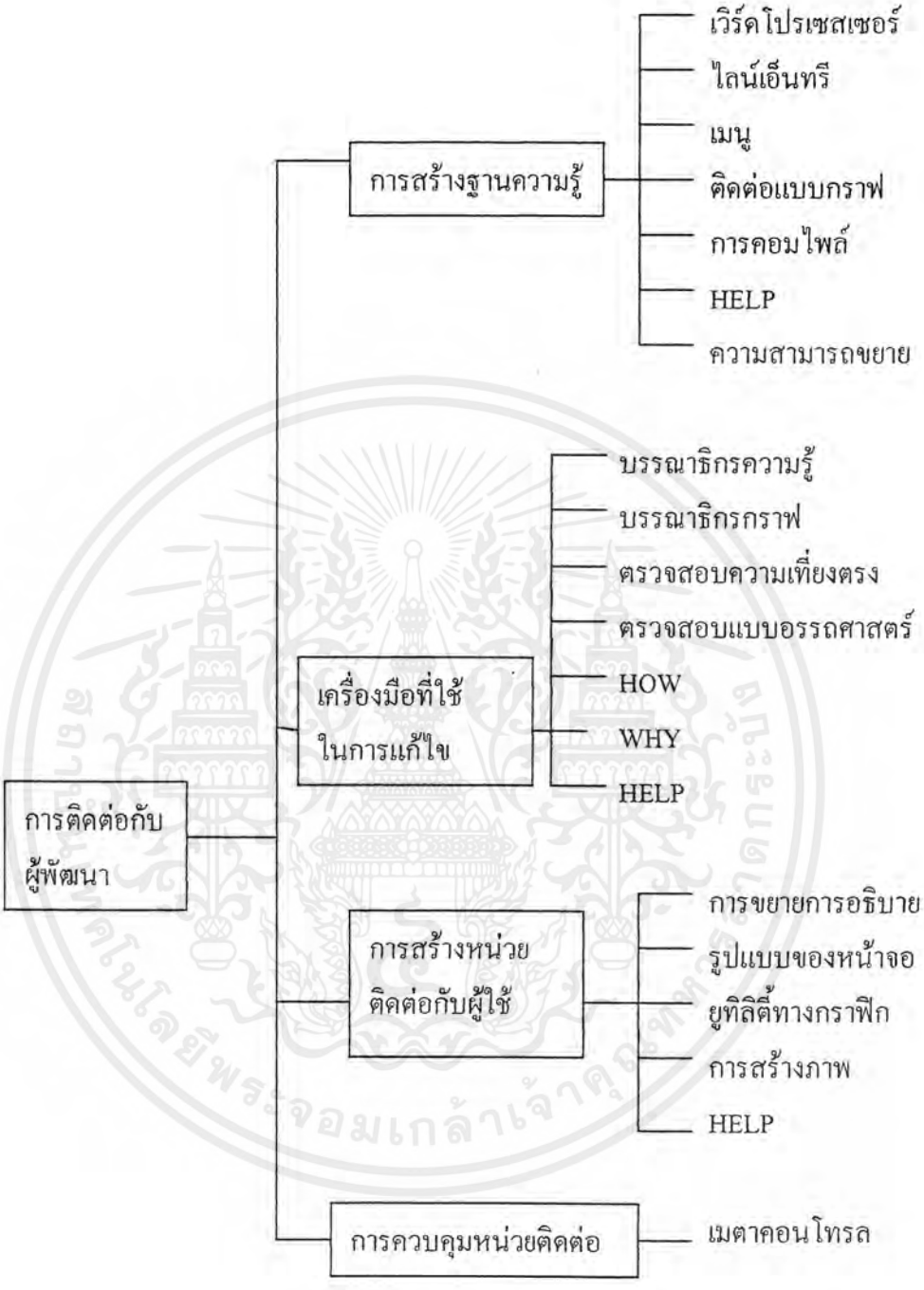
รูปที่ 5.7 การแบ่งชนิดความสามารถของซอฟต์แวร์

ความสามารถในการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ ในส่วนของการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบนี้ มีเรื่องที่จะต้องพิจารณาใหญ่ ๆ อยู่ 4 เรื่องคือ

- การสร้างฐานความรู้ว่ามีวิธีการเช่นไร
- เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ไขฐานความรู้มีลักษณะอย่างไร
- ความสามารถในการสร้างส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้
- ความสามารถในการควบคุมการอนุมาน

ซึ่งในแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการพิจารณาดังรูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



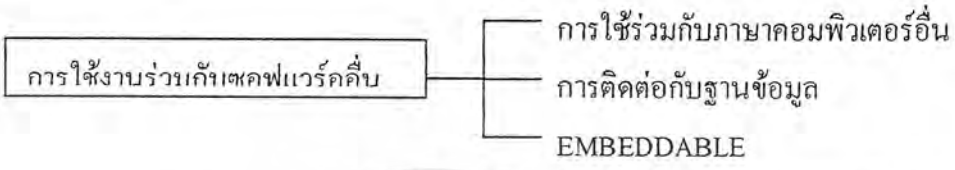
รูปที่ 5.8 ชนิดของการติดต่อกับผู้พัฒนาระบบ

รายละเอียดเพิ่มเติม

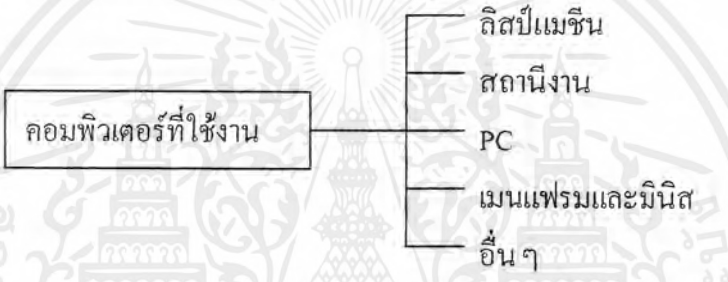
ตามรูปที่ 5.9 และ 5.10 เป็นการแสดงการแบ่งชนิดของความสามารถทางซอฟแวร์และชนิดของฮาร์ดแวร์แบบต่าง ๆ ที่ใช้งานกับระบบผู้เชี่ยวชาญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเรื่องของการติดต่อกับซอฟแวร์อื่น ๆ ก็เพื่อการนำประโยชน์ของซอฟแวร์อื่นมาใช้ส่วนในเรื่องของการพิจารณาเครื่องคอมพิวเตอร์ก็เพื่อเป็นการมองให้เห็นถึงความสามารถและค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้



รูปที่ 5.9 ชนิดของการใช้งานร่วมกับซอฟแวร์อื่น



รูปที่ 5.10 คอมพิวเตอร์ที่ใช้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานความรู้เรื่อง Modapts

```
/*-----------------------CONFIGULATION---------------------*/


configuration(startup) = go.

configuration(prompt) = 'MODAPTS >>'.



prefix show.
prefix consultation.
prefix next.
prefix possible.
prefix suspected.
prefix pushing.
prefix first.
prefix last.
prefix extra.
prefix start.
prefix exit.
prefix insertion.
infix from.
infix at.
infix to.
infix of.
infix flat.
infix than.
postfix opening.
postfix texture.
postfix needed.
postfix consequences.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
initialdata = [consultation over, next step].

/*----------Task discription----------*/

rule-1: if display([nl,nl,nl,nl,nl,nl,
'   This knowledge-base is system will attempt to predict the',nl,
'standard time needed to complete a task. The user must know',nl,
'the task description ahead of time before using this system',nl,
'   The problem domain of this knowledge-base is limited to',nl,
'the following :',nl,nl,nl,
tab(10),'1.  The task must be a single-handed task ',nl,
tab(10),'2.  It must be a pick and put type of task',nl,
tab(10),'3.  Only one type of object is allowed    ',nl,
tab(10),'4.  The task must only use the upper-abdomen',nl,
tab(10),'5.  The operator must be stationary',nl,nl])
        then show text.

/* ----------banner controller----------*/

question(starts) = [nl,
'          PRESS [s] AND RETURN WHEN YOU READY          ',nl,nl,nl,nl,nl,nl].

legalvals(starts) = [s].

rule-2: if show text and
          starts = s
        then show screen.

/*----------consultation over----------*/

rule-3:  if show screen and
          ready
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        then consultation over.

rule-4: if first last move is known and
        move is known and
        move-juggle is known and
        get is known and
        juggle is known and
        put is known and
        decide is known and
        extra time is known and
        number-object is known and
        display([nl,nl,nl,nl,tab(10),
'***********************************************',nl,tab(10),
'       MY SUGGESTION TIME IS       ',nl,tab(10),
'***********************************************',nl,tab(10),
'IN THE CASE OF 2 ANSWERS ARE GIVEN, I SUGGEST YOU',nl,tab(10),
'  TO USE THE AVERAGE TIME OF THESE TWO VALUES.',nl,tab(10),
'-----------------------------------------------',nl,nl,nl,nl])
        then results.

rule-5: if results and
        calculate = ANS and
        display([nl,tab(10),
'Total time needed is: ',ANS,' seconds',nl,nl])
        then ready.

rule-6: if first last move = FL and
        move = M and
        move-juggle = MJ and
        get = G and
        juggle = J and
        put = P and
        decide = D and
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    extra time = E and
    number-object = N and
    ((2*(FL+G))+N*(M+P)+(N-1)*(M+G)+N*(MJ+J+D+E))*0.129 = ANS
  then calculate = ANS.


question(task) = [nl,nl,
'              ********** ',nl,
'                 TASK ',nl,
'              ********** ',nl,
'                 ',nl,
'   Tasks that can be handled by this program ',nl,
'  are limited to pick and put types or pushing ',nl,
'  an object on a table surface. The various ',nl,
'  types of task are given below. Note that any ',nl,
'  difficulty in performing a subtask is usually ',nl,
'  evidenced by hesitation. ',nl,
'                 ',nl,
'              ********** ',nl,
'Which of the following best describes your task ? ',nl,
'  1. Simple pick and simple put ',nl,
'  2. Pushing an object on the table surface ',nl,
'  3. Pick with ease but put with difficulty ',nl,
'  4. Pick with difficulty but put with ease ',nl,
'  5. Pick with difficulty and put with difficulty ',nl,
'  Choose only one of the above description ',nl].

legalvals(task) = [simple-pick-simple-put, pushing object,
pick-ease-put-difficult, pick-difficult-put-ease,
pick-difficult-put-difficult].
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
enumeratedanswers(task).
$
/*---------- Suspected-difficulty----------*/

rule-7: if (task = simple-pick-simple-put or
          task = pushing object)
       then suspected difficulty = common.
$
rule-8: if task = pick-difficult-put-ease
      then suspected difficulty = grasp-object from source cf 90.

rule-9: if task = pick-ease-put-difficult
      then suspected difficulty = put-object at destination cf 90.

rule-10: if task = pick-difficult-put-difficult
      then suspected difficulty = grasp-object from source cf 90 and
          suspected difficulty = put-object at destination cf 90.

multivalued(suspected difficulty).

presupposition(suspected difficulty) = not(task = simple-pick-simple-put
or task = pushing object).

question(suspected difficulty) = [nl,
'              **********              ',nl,
'              DIFFICULTY              ',nl,
'              **********              ',nl,
'                                      ',nl,
'        In addition to difficulties faced at      ',nl,
'        the source bin or destination of the      ',nl,
'        object,there might be some time lost      ',nl,
'        while transporting the object due to      ',nl,
'        size or texture of the  object.  The      ',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'          next question will attempt to isolate      ',nl,
'          this problem.                              ',nl,
'                                                     ',nl,
'                                                     ',nl,
'               **********                            ',nl,
'Which of the following additional motion would ',nl,
'you suspect to have any difficulty at all : ',nl,
' 1. moving your hand to source bin from destination ',nl,
' 2. moving the object to each destination from source bin ',nl,
' 3. none ',nl,nl,
'   Choose one from the above selection ',nl].

legalvals(suspected difficulty) = [move-hand to source,
move-object to destination, no-move-difficulty].

enumeratedanswers(suspected difficulty).

/*-------------------Specific-problem-----------------*/


rule-11:  if task is known and
          suspected difficulty = move-hand to source
        then specific-problem = layout of table.

rule-12:  if task is known and
          suspected difficulty = grasp-object from source
        then specific-problem = problem-with-bin-destination cf 90 and
          specific-problem = size texture of object cf 90.


rule-13:  if task = simple-pick-simple-put and
          suspected difficulty = common
        then specific-problem = general-destination cf 90 and
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        specific-problem = simple-grasp cf 90 and
        specific-problem = layout of table cf 90.

rule-14: if task = pushing object and
        suspected difficulty = common
      then specific-problem = general-destination cf 90 and
        specific-problem = simple-touch cf 90 and
        specific-problem = layout of table cf 90.


rule-15: if task is known and
        suspected difficulty = no-move-difficulty
     then specific-problem = no-move-difficulty cf 90.

rule-16: if task is known and
        suspected difficulty = move-object to destination
      then specific-problem = layout of table cf 90 and
        specific-problem = size texture of object cf 90.

rule-17: if task is known and
        suspected difficulty = put-object at destination
      then specific-problem = size texture of object cf 90 and
        specific-problem = problem-with-bin-destination cf 90.


/*-------------------------probable problem----------------------*/

rule-18: if specific-problem = no-move-difficulty
      then probable-problem = no-move-problem.


rule-19: if specific-problem = layout of table
     then probable-problem = probable-distance
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rule-20:  if specific-problem = size texture of object
        then probable-problem = probable-size cf 90 and
             probable-problem = probable-surface cf 80.

rule-21:  if specific-problem = problem-with-bin-destination
        then probable-problem = probable-size cf 80 and
             probable-problem = probable-surface cf 90.

rule-22:  if specific-problem = general-destination
        then probable-problem = no-position-required.

rule-23:  if specific-problem = simple-touch
        then probable-problem = finger-not-close-object.

rule-24: if probable-problem = finger-not-close-object
        then possible get consequences = no-snatch-no-feedback.



/*-----------------distance-separation-------------*/

presupposition(distance-separation) = probable-problem is known.

question(distance-separation) = [nl,
'              **********              ',nl,
'              SEPARATION DISTANCE             ',nl,
'              **********              ',nl,
'                                      ',nl,
'         The distance travelled by a body member      ',nl,
'         .i.e,part of the arm, to a large extent      ',nl,
'         determines  the amount of time involved      ',nl,
'         in transporting an object to its desti-      ',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'          nation or when moving the hand to the          ',nl,
'          source bin to obtain another object.          ',nl,
'                                                        ',nl,
'                  **********                            ',nl,
'What is the separation distance between source bin',nl,
'and destination ?',nl,
'   1. 1 inch',nl,
'   2. 2 inches ',nl,
'   3. 6 inches ',nl,
'   4. 12 inches ',nl,
'   5. 18 inches ',nl,
'   6. 30 inches ',nl,
'   Choose one from the above selection ',nl].

legalvals(distance-separation) = [1, 2, 6, 12, 18, 30].
enumeratedanswers(distance-separation).



/*----------------------possible-move-consequences----------*/


rule-25: if (distance-separation = 1 or
             distance-separation = 2)
         then possible move consequences = small-movement.

rule-26: if distance-separation = 6
         then possible move consequences = most-commonly-used.

rule-27: if (distance-separation = 12 or
             distance-separation = 18)
         then possible move consequences = rearrange-layout.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rule-28: if distance-separation = 30
        then possible move consequences = awkward-body-motion.

/*----------------------body-part-moved----------------*/

rule-29: if possible move consequences = small-movement
        then body-part-moved = finger cf 60 and
            body-part-moved = palm cf 80.

rule-30: if possible move consequences = most-commonly-used
        then body-part-moved = wrist.

rule-31: if possible move consequences = rearrange-layout
        then body-part-moved = elbow cf 70 and
            body-part-moved = shoulder cf 90.

rule-32: if possible move consequences = awkward-body-motion
        then body-part-moved = body.

/*----------------------move-------------------*/

rule-33: if body-part-moved = finger
        then move = 1.

rule-34: if body-part-moved = palm
        then move = 2.

rule-35: if body-part-moved = wrist
        then move = 3.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rule-36: if body-part-moved = elbow
        then move = 4.

rule-37: if body-part-moved = shoulder
        then move = 5.

rule-38: if body-part-moved = body
        then move = 7.


/*----------------------Object-size-----------------*/

presupposition(object-size) = probable-problem is known.
presupposition(object-size) = not(task = simple-pick-simple-put).
presupposition(object-size) = not(task = pushing object).


question(object-size) = [nl,nl,nl,
'              ************              ',nl,
'                  OBJECT SIZE                ',nl,
'              ************              ',nl,
'                                        ',nl,
'        The object size is very important        ',nl,
'      in determining if there is time lost       ',nl,
'      or needed in obtaining the object.         ',nl,
'        Object size is also a contributing       ',nl,
'      factor when  moving  and  putting the      ',nl,
'      object at its destination.                 ',nl,
'                                        ',nl,
'                                        ',nl,
'              ************              ',nl,nl,nl,
'What is the best size desription of the object',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'   1. tiny (e.g. pin, match-stick, button)',nl,
'   2. small (e.g. screws, rubber-band)',nl,
'   3. medium or larger (e.g. dominoes, golf-ball, or bigger)',nl,
'   Choose one from the above selection',nl,nl].

legalvals(object-size) = [tiny, small, medium].

enumeratedanswers(object-size).



/*----------object texture----------*/

presupposition(object texture) = (object-size = small or
suspected difficulty = move-object to destination).

question(object texture) = [nl,
'          **************          ',nl,
'              OBJECT TEXTURE          ',nl,
'          **************          ',nl,
'                                  ',nl,
'                                  ',nl,
'            Object texture determines if a        ',nl,
'       firm grasp of the object is possible.      ',nl,
'       In addition, some texture or shape of      ',nl,
'       objects  will cause lost of time when      ',nl,
'       trying to pick it up  or  when  tran-      ',nl,
'       porting  it to a destination.              ',nl,
'                                  ',nl,
'                                  ',nl,
'          **************          ',nl,nl,
' How would you additionally describe the object ?',nl,
' 1. slippery',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
' 2. clinging together',nl,
' 3. normal',nl].

legalvals(object texture) = [slippery, clinging, normal].
enumeratedanswers(object texture).


/*----------------------object flat surface----------------*/

presupposition(object flat surface) = object texture = normal.

question(object flat surface) = [nl,nl,nl,nl,nl,
'              ************              ',nl,
'              F L A T   S U R F A C E              ',nl,
'              ************              ',nl,
'                                        ',nl,nl,
'           Sometimes a tiny or small object on       ',nl,
'        a flat surface will cause difficulty in      ',nl,
'        picking it up. There will be a signifi-      ',nl,
'        cant loss of time  if  the  quantity of      ',nl,
'        objects to be picked is great.               ',nl,
'                                        ',nl,
'                                        ',nl,
'              ************              ',nl,nl,nl,
' Is the object on a flat surface (yes/no) ?',nl].

legalvals(object flat surface) = [yes, no].

/*----------------------------possible-get-consequences---------*/


rule-39: if specific-problem = simple-grasp
      then possible get consequences = can-be-snatched.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rule-40: if object-size = tiny
        then possible get consequences = feedback needed.

rule-41: if object-size = medium
        then possible get consequences = can-be-snatched.



rule-42: if (object texture = slippery or
           object texture = clinging)
        then possible get consequences = feedback needed.

rule-43: if object flat surface
        then possible get consequences = feedback needed.


rule-44: if object flat surface = no
        then possible get consequences = no-snatch-no-feedback.


/*-----------------------get-----------------------*/


rule-45: if possible get consequences = no-snatch-no-feedback
        then get = 0.

rule-46: if possible get consequences = can-be-snatched
        then get = 1.

rule-47: if possible get consequences = feedback needed
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        then get = 3.

/*----------------------------regrasp------------------*/

presupposition(regrasp needed) = get is known.

question(regrasp needed) = [nl,nl,nl,nl,nl,
'              ***********                ',nl,
'                 REGRASPING                  ',nl,
'              ***********                ',nl,
'                                         ',nl,
'          Some individuals may have poor        ',nl,
'          dexterity as compared to others.      ',nl,
'          Regrasping  is  usually needed        ',nl,
'          if the  object  size  or              ',nl,
'          texture gives extra problem.          ',nl,
'                                         ',nl,
'              ***********                ',nl,nl,nl,nl,nl,
'After you obtain the object do you need to regrasp it (y/n) ?',nl,nl,
nl,nl].

legalvals(regrasp needed) = [yes,no].

rule-48: if regrasp needed
        then juggle = 2.

rule-49: if regrasp needed = no
        then juggle = 0.

/*-------------------------surface opening size-------------*/

presupposition(surface opening-size) = probable-problem is known.
presupposition(surface opening-size) = put is unknown.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
question(surface opening-size) = [nl,nl,nl,nl,nl,
'          * * * * * * * * * * * * *          ',nl,
'          OPENING SIZE OF DESTINATION          ',nl,
'          * * * * * * * * * * * * *          ',nl,
'                                    ',nl,
'          In order to properly put  an          ',nl,
'          object at  the destination, the          ',nl,
'          surface opening size should  be          ',nl,
'          large enough for the hand.          ',nl,
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'          * * * * * * * * * * *          ',nl,nl,
nl,nl,nl,
' How would you best describe surface opening of',nl,
' the resource bin',nl,
'   1. small opening (less than 4 in. diameter)',nl,
'   2. large opening (more than 4 in. diameter)',nl].
Š
legalvals(surface opening-size) = [small opening, large opening].
enumeratedanswers(surface opening-size).


/*----------------------possible-put-consequences----------*/

rule-50: if surface opening-size = small opening
      then possible put consequences = yes-defined-destination.

rule-51: if surface opening-size = large opening
      then possible put consequences = no-defined-destination.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*--------------------number-of-feedback------------*/

presupposition(number of feedback) = possible put consequences =
yes-defined-destination.

presupposition(number of feedback) = put is unknown.


question(number of feedback) = [nl,nl,nl,nl,nl,
'          **********                    ',nl,
'              FEEDBACK                  ',nl,
'          **********                    ',nl,
'                                        ',nl,
'       Feedback is a response when      ',nl,
'       the completion of a task needs   ',nl,
'       extra  information.  Feedback    ',nl,
'       can be in  the  form  of  some   ',nl,
'       human  sensory  response,  i.e,  ',nl,
'       sight or touch.                  ',nl,
'                                        ',nl,
'          **********                    ',nl,
' How many factors have to be taken into account when placing',nl,
'object at destination, e.g, placing a pin on a line requires',nl,
'1 feedback (through the eye) and placing a pin where 2 lines',nl,
'meet needs more than 1 feedback ',nl,
'   1. one feedback  ',nl,
'   2. more than one ',nl,
'   [Choose one from the above selection] ',nl].


legalvals(number of feedback) = [one, more than one].

Senumeratedanswers(number of feedback).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*----------------------put--------------------------*/

rule-52: if probable-problem = no-position-required
        then put = 0 cf 100.


rule-53: if possible put consequences = no-defined-destination
        then put = 0.

rule-54: if number of feedback = one
        then put = 2.

rule-55: if number of feedback = more than one
        then put = 5.


/*----------------------decide-needed----------------------*/

presupposition(decide needed) = put is known.
presupposition(decide needed) = not(task = simple-pick-simple-put).

question(decide needed) = [nl,
'              **********              ',nl,
'                DECIDE                ',nl,
'              **********              ',nl,
'                                      ',nl,
'          This form of decision does not    ',nl,
'       deal with situations with complex    ',nl,
'       decisions with many factors or       ',nl,
'       alternatives.                        ',nl,
'                                      ',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'          **********                ',nl,
nl,
'Do you need to make a binary decision, i.e, on or off,',nl,
'in or out, when putting object at destination (y/n) ?',nl,nl].


legalvals(decide needed) = [yes,no].


rule-56: if decide needed
        then decide = 3.

rule-57: if decide needed = no
        then decide = 0.

rule-58: if decide needed is unknown
        then decide = 0.


Š/*--------------------extra time----------------------*/

presupposition(insertion time) = put is known.


question(insertion time) = [nl,
'          **********                ',nl,
'            EXTRA-TIME              ',nl,
'          **********                ',nl,
                                     ',nl,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'                                    ',nl,
'          An object is either alligned to          ',nl,
'      a surface or inserted into a location        ',nl,
'      Usually allignment requires less time        ',nl,
'      than insertion.                              ',nl,
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'          ***********               ',nl,
'Is this put an allignment or insertion (screwing) type',nl,
'of put ?',nl,
'   1. allignment',nl,
'   2. insertion of less than 1 in.',nl,
'   3. insertion of more than 1 in.',nl].

legalvals(insertion time) = [allignment, insertion less than one,
insertion more than one].

enumeratedanswers(insertion time).


rule-59: if insertion time = insertion more than one
      then extra time = 2.

rule-60: if (insertion time = allignment or
         insertion time = insertion less than one)
      then extra time = 0.


/*----------------------move-juggle----------------*/

presupposition(move-regrasp) = suspected difficulty = move-object
to destination.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
presupposition(move-regrasp) = object texture = slippery.

question(move-regrasp) = [nl,
'          ***********          ',nl,
'          REGRASPING WHILE MOVING          ',nl,
'          ***********          ',nl,
'                                ',nl,nl,
'          Sometimes the texture of the          ',nl,
'     object will cause regrasping  while          ',nl,
'     transporting  the  object.  This          ',nl,
'     regrasping adds more  time  to  the          ',nl,
'     total time needed to  complete  the          ',nl,
'     task.                          ',nl,
'                                    ',nl,
'                                    ',nl,
'          ***********               ',nl,nl,
' Is the slippery texture of the object causing problem',nl,
' while moving the object to its destination (y/n) ?',nl].

legalvals(move-regrasp) = [yes, no].

rule-61: if move-juggle is sought and
         move-juggle is unknown
      then move-juggle = 0.

rule-62: if move-regrasp
      then move-juggle = 2.

rule-63: if move-regrasp = no
      then move-juggle = 0.

/*----------controlling between----------*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rule-64: if ATTRIBUTE = VALUE and
         VALUE >= M and
         VALUE =< N
       then between(ATTRIBUTE, M, N).


/*-----------------first last move-------------------*/


question(first distance) = [nl,
'          ***********          ',nl,
'            FIRST HAND MOVE          ',nl,
'          ***********          ',nl,
'                                ',nl,
'        The time needed to move the          ',nl,
'      hand from the initial starting          ',nl,
'      position  to  obtain the first          ',nl,
'      object  is  different  when          ',nl,
'      obtaining  the 2nd, 3rd or the          ',nl,
'      other objects. The time needed          ',nl,
'      for the first move  is assumed          ',nl,
'      to be equal to the  last  move          ',nl,
'      (moving back to initial position          ',nl,
'      after putting the last object          ',nl,
'      at its distinations)          ',nl,nl,
'          ***********          ',nl,
'  What is the approximate distance from the initial position',nl,
'(from the edge of the table) to the source bin ? This distance',nl,
'is indecated from 0 to 30 inches',nl].

legalvals(first distance) = real(0, 30).

rule-65: if between(first distance,0,2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        then first last move = 1.

rule-66: if between(first distance,2.1,4)
        then first last move = 2.

rule-67: if between(first distance,4.1,6)
        then first last move = 3.

rule-68: if between(first distance,6.1,12)
        then first last move = 4.

rule-69: if between(first distance,12.1,18)
        then first last move = 5.

rule-70: if between(first distance,18.1,30)
        then first last move = 7.

/*-------------------------number-object-------------*/

question(number-object) = [nl,nl,nl,nl,
'          ***********          ',nl,
'          TOTAL NUMBER OF OBJECTS          ',nl,
'          ***********          ',nl,
'                                ',nl,
'                                ',nl,
'           The total task time depends          ',nl,
'          on the number of objects  that          ',nl,
'          needs to be moved.                ',nl,
'                                ',nl,
'                                ',nl,
'                                ',nl,
'          ***********          ',nl,nl,
'    How many objects are there in the source bin ?',nl].
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
legalvals(number-object) = integer(0, 30).


/*-----------------NEXT OBJECTIVE-------------------------*/

question(next objective) = [nl,nl,
'What would you like to do next ?
    1.Exit the system
    2.Start a new consultation '].

legalvals(next objective) = [exit now, start again].
enumeratedanswers(next objective).


/*-------------------NEXT-STEP----------------------------*/

rule-71: if next objective = exit now or
         next objective is unknown and
         do(exit)
       then next step.

rule-72: if next objective = start again and
         do(reset) and do(restart)
       then next step.

/*------------------------------------------------------*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์ และ อาจารย์ ประภาส เริงรื่น รวมทั้ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ จนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ บุญเจริญ ศิริเนาวกุล ที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อในหลาย ๆ ด้าน

ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกคนที่คอยจ้ำจี้จ้ำไช ห่วงใย และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ

สุดท้ายนี้ คุณความดีทั้งหมดที่พึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ บิดา-มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นาย กิตติภูมิ จิตมั่น
นาย ธเนศ รุจิวิพัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปัญญาประดิษฐ์ และ ระบบผู้เชี่ยวชาญ, บุญเจริญ ศิรินวกุล
- ปัญญาประดิษฐ์, ครรชิต ไมตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้