

講 座

# 농업 전문가 시스템 Expert System in Agriculture

조 성 인

서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계전공

## 1. 서 론

생물체와 자연현상을 대상으로 하는 농업은 알려지지 않거나 불확실하고 애매한 정보를 처리해야 하는 경우가 많다. 따라서 농업시스템 시뮬레이션에 있어 다수의 가정이 필요하여 시뮬레이션 결과의 신뢰성이 떨어지게 되는 경우가 있다. 이러한 경우에 전문가 시스템, 퍼지, 인공신경망 등의 인공지능(Artificial Intelligence) 기술이 효과적으로 이용될 수 있으며 최근에 농업 분야에 응용이 활발해지고 있다. 전문가 시스템(Expert System)은 인공지능의 한 분야로서 인공지능이 실용화되는 과정에서 가장 각광받는 분야 중의 하나이다.

1980년대 초부터 전문가 시스템은 의학, 과학, 공학, 경영, 제조업 등 많은 분야에서 실용적으로 응용되기 시작하면서 주목을 받아 왔다. 농업에 있어서 전문가 시스템의 적용 분야는 작물의 병충해 진단 및 방제, 농수산물의 재배 양식, 생산, 품질 관리 의사 결정 지원, 농업기계 및 시설의 선정 및 관리 등 상당히 광범위하고 다양하다.

다양한 작업 환경에서 대두되는 농업문제의 해결을 문제가 발생한 현장에서 그 분야에 대한 전문가(Human Expert)를 대신하여 해결해 줄 수 있는 전문가 시스템의 농업에의 적용은 선진 농업의 지름길이라고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 앞으로 농업분야에 활용도가 증대하게 될 전문가 시스템의 개념, 구성, 개발, 농업에의 응용, 향후 전망 등에 대해서 알아보려고 한다.

## 2. 전문가 시스템의 정의

우리의 주변에는 의사, 변호사, 수리공, 설계사,

건축가 등의 여러 방면에서의 전문가들이 존재하는데 이들의 공통점은 (Waterman, 1986) :

- 1) 해당 분야에서의 전문 지식을 가지고 있고,
- 2) 풍부한 문제 해결 경험이 있고,
- 3) 문제 영역에 관련된 몇 가지 지식들을 상호 연관시키고 핵심을 잘 포착하여 문제를 해결할 수 있는 능력이 보통 사람들에 비해 뛰어나다.

전문가 시스템이란, 이렇듯 전문화된 일정 분야에 고도의 전문적인 지식과 경험을 가진 전문가가 당면한 문제를 추론적으로 해결하는 과정을 컴퓨터를 이용하여 구현할 수 있도록 한 것이다. 이러한 전문가 시스템은 인공지능을 기초로 하는 전문가 시스템 개발 기술이나 개발 도구의 이용이 보편화되면서 급속도로 그 활용이 증가하여 왔다.

전문가 시스템은 전문화된 분야의 전문가의 지식(Expertises), 특히 경험적 지식(Heuristic Knowledge)을 체계화하고 (Symbolic Reasoning), 추론(Inference) 등을 통해 이를 처리한다는 점에서, 데이터 처리를 위주로 하는 관행의 컴퓨터 프로그램과는 구별되어야 한다(표 1 참조).

전문가 시스템은 한 분야의 여러 전문가의 지식 및 경험을 문서화하고 항상성(Consistency)있게 보존하여 전문가의 경험적 지식의 소멸을 방지할 수 있다. 뿐만 아니라 전문가의 일시적인 정신적 또는 육체적 상태에 따른 판단의 오류를 방지할 수 있다. 또한 화일 등의 복사를 통해 손쉽게 보급하여 다양한 환경의 현장에 적용하여 지식 및 경험의 보급을 용이하게 할 수 있다. 그러나 전문가 시스템은 전문가의 지식 및 경험을 완벽하게 재생산(Reproduction)하지는 못하고, 예외적인 상황에 대처하는 적응성 등이 부족하다. 따라서 현장 적용 및 여러 전문가들과의 접촉을 통하여 경험적 지식의 검증과 보안을 통해 전문가 시스템의

Table 1. Comparison of data processing and knowledge engineering(Waterman, 1986)

<i>Data Processing</i>	<i>Knowledge Engineering</i>
Representations and use of data	Representations and use of knowledge
Algorithmic	Heuristic
Repetitive process	Inferential process
Effective manipulation of large data-bases	Effective manipulation of large Knowledge-bases

유용성과 신뢰성을 향상시킬 수 있도록 하여야 한다.

### 3. 전문가 시스템의 구성

전문가 시스템은 당면한 문제의 해결을 위한 여러 가지 다양한 프로그램의 집합으로 단순한 프로그램이라기 보다는, 사용자와 전문가 시스템 사이의 정보의 상호 전달을 편리하게 하는 사용자 인터페이스(User-Interface)와 전문가 시스템의 구동을 위해 필요한 독립된 구조의 지식베이스(Knowledge Base), 그리고 지식베이스의 검색이나 추론 등을 구현하는 추론 기관(Inference Engine)과 전문가 시스템의 문제 해결을 돕기 위한 데이터베이스 및 시뮬레이션 모형 등이 유기적으로 통합된 구조의 형태를 가짐으로써 하나의 시스템을 구성하게 된다(그림 1 참조).

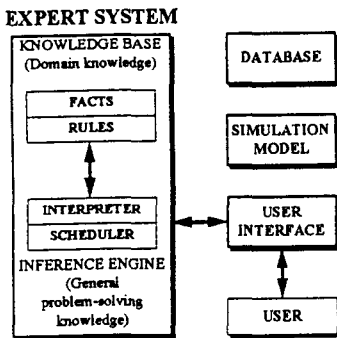


Fig.1 Structure of Expert System(Waterman, 1986)

### 3.1 사용자 인터페이스(User-Interface)

전문가 시스템 사용자는 전문가 시스템에게 당면한 문제 해결을 위해, 현재 상황을 정확히 기술하는 정보(Case Specific Data)를 공급함으로써 정확한 문제 해결 방법을 제시받을 수 있다. 사용자 인터페이스(User Interface)는 바로 사용자가 이러한 정보를 정확히 전문가 시스템에 전달할 수 있도록 하는 수단이라는 점에서 상당히 중요한 부분을 차지한다. 특히 전문가 시스템의 농업 응용을 위해서는 재배자들이 전문가 시스템의 사용에 대한 부담이 최소화되도록 사용자 인터페이스가 설계되어야 한다.

일반적으로 사용자 인터페이스는 전문가 시스템의 지식베이스에 키보드, 센서, 데이터베이스나 시뮬레이션 프로그램으로부터 얻은 정보를 전달하고 있는 장치/방법 등을 제공하게 되는데, 최근에는 입출력 정보에 시각 정보(Visual Information), 음성 정보(Voice Information), 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface) 등의 도입이 활발히 추진되어 사용자가 상황을 정확히 기술할 수 있도록 도움을 주고 있다. 또 사용자가 전문가 시스템이 필요한 정보를 정확히 인식하도록 하기 위하여, 도움말 기능도 사용자 인터페이스에 포함되어야 한다.

### 3.2 추론 기구/방법(Inference Mechanism)

추론이란 주어진 규칙(Rule)과 사실(Fact)의 모임으로부터, 논리적으로 타당한 새로운 사실을 얻어내는 과정으로, 고전적인 추론은 연역 추론(Modus Ponens), 대우 추론(Modus Tollens), 삼단 논법(Syllogism) 등이 있다.

전문가는 사용자가 문제 해결을 위해 현재 상황을 기술하는 정보를 제공하면, 이 정보와 자신의 전문적인 지식 및 경험을 바탕으로 다양한 형태의 추론을 통해 문제 해결을 위한 적절한 결론을 도출한다. 전문가 시스템도 역시 사용자가 제공한 정보를 바탕으로 자신의 지식베이스 내의 규칙을 이용하여 논리적으로 추론할 수 있도록 설계되어

야 하는데, 이를 수행하는 방법이 바로 추론기구(Inference Mechanism)이고, 추론 기구를 프로그래밍화한 것이 추론 엔진(Inference Engine)이다.

추론 기구는 다양한 형태의 것이 존재하게 되는데, 크게 순방향 추론(Forward chaining)을 이용한 것과 역방향 추론(Backward chaining)을 이용한 것으로 나뉜다.

또한 지식의 표현 방법도 Rule, Semantic Net, Frame 등으로 달라지게 되는데, 현재 가장 널리 쓰이는 것이 규칙에 의거한(Rule-based) 전문가 시스템으로 IF~THEN~형태의 것이다.

### 3.2.1 순방향 추론(Forward Chaining)

순방향 추론(Forward Chaining)은 Data-Driven Search라고도 하며, 논리에서의 연역법과 비슷한 접근 방법으로, 문제 해결을 위해 주어진 사실(Fact)과 규칙(Rule)을 통해 새로운 사실을 생성하고, 이렇게 생성된 사실을 바탕으로 또 새로운 사실을 생성하는 작업을 계속하여, 결론에 도달하는 추론 방식이다.

예를 들어 다음과 같은 3개의 규칙을 갖는 지식베이스에 A와 D가 사실로 주어진다 하자. 여기서 CF는 뒤에 설명할 확신도를 의미한다(4.3 참조).

- ① if A or B then C, CF=95
- ② if C and D then E, CF=90
- ③ if E then F, CF=80

우선 규칙 ①에 의해 C라는 새로운 사실이 기억 공간(Working Memory)에 생성된다. 생성된 기억공간은 {A, C, D}이며 이것을 이용하여 규칙 ②에 의해 E가 생성되고, 규칙③에 의해 F가 생성된다. 여기서 새롭게 적용될 수 있는 규칙은 없으므로 F가 최종적인 결론으로 도출되는 것이다.

### 3.2.2 역방향 추론(Backward Chaining)

역방향 추론(Backward Chaining)은 Goal-Driven Search라고도 하며 논리에서의 귀납법적 접근 방법으로, 우선 가능성 있는 결론을 결정하여 이 결론을 도출하기 위한 규칙을 지식베이스에

서 찾고, 이 규칙을 만족시키기 위한 조건들을 찾게 된다. 만약 이 조건이 현재 사용자가 제공한 정보 또는 시스템의 기억 공간에 있지 않다면, 이 조건을 새로운 부결론(Subgoal)으로 하여 앞서와 같은 절차를 밟게 된다.

예를 들어 위의 순방향 추론에서 예시된 것과 같은 지식베이스에 A와 D가 사실로 주어진다고 하면 기억공간은 {A,D}이다. A와 D의 두 사실로부터 얻을 수 있는 잠정적 결론이 F라고 하자. 먼저, F를 결론부에 포함하고 있는 규칙③이 적용되기 위해서는 E라는 사실이 필요함을 알 수 있다. 다시 E라는 사실을 부결론(Subgoal)으로 하여 지식베이스를 검색하면, 규칙②가 필요함을 알 수 있다. 규칙②는 C와 D라는 사실을 요구한다. D는 기억 공간 내에 있지만 C는 없으므로 역시 C를 결론부로 하는 규칙①을 적용해야 한다. 이때 필요한 사실은 A 또는 B이고, A는 기억 공간 속에 존재하므로 더 이상의 추론이 필요 없게 되어 F라는 잠정적 결론이 옳았음이 확인된다.

전문가 시스템 개발자는 주어진 문제의 특성을 고려하여 순방향 및 역방향 추론 방식을 적절하게 사용하여 시스템의 효율을 향상시켜야 할 것이다.

만약 주어진 문제에 사실들이 충분히 주어지거나, 가능성 있는 결론들에 비해, 이에 상응하는 규칙의 개수가 적거나, 결론이나 가정의 도출이 용이하지 않다면 순방향 추론을 이용하는 것이 규칙 검색의 경로를 제한함으로써 결론 도출의 효율성을 높이게 된다(그림 2 참조).

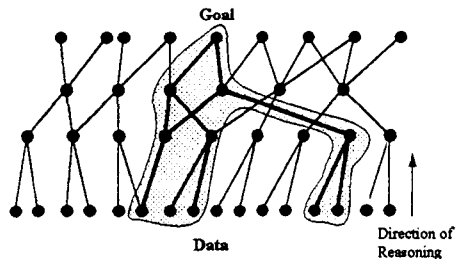


Fig. 2 Forward Chaining Inference(Luger et al., 1992)

주어진 문제에서 결론의 가정이 쉽거나, 문제에 주어진 사실들에 적용되는 규칙의 수가 많아 계속

적으로 많은 수의 사실들이 도출되는 경우는 역방향 추론 방식을 이용함으로써, 초반에 많은 수의 규칙을 미리 제거할 수 있어(그림 3 참조), 추론 기구의 효율성을 향상시킬 수 있다. 현재는 의학 진단 등과 같은 분야에서 많이 쓰이고 있다.

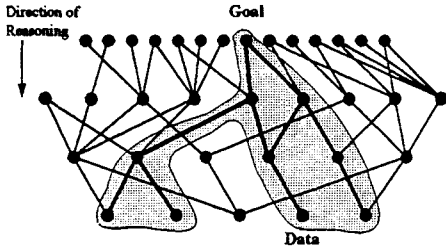


Fig. 3 Backward Chaining Inference (Luger et al., 1992)

### 3.3 지식베이스(Knowledge-Base)

전문가 시스템은 전문화된 영역의 문제 해결 방법들을 부호화(Symbolize)한 규칙 집합(Rule Set)을 이용하며, 이들은 보통 IF~THEN~(만약 ~라면, ~이다) 규칙의 형태로 표현되어 지식베이스를 형성한다. 이 지식베이스가 바로 전문가 시스템의 핵심으로 개발된 시스템의 성능 및 신뢰성을 좌우하게 된다.

이렇게 지식베이스는 추론 기구, 사용자 인터페이스 등과 독립적으로 존재하기 때문에 상당한 정도의 확장성을 확보하는데, 전문가 시스템의 존속 기간 동안 지식베이스는 지속적으로 확장되면서 시스템의 유용성과 신뢰성을 향상 시키게 된다.

전문가 시스템을 개발하기 위해 필요한 지식베이스의 두 가지 특성은,

1) 지식베이스를 구성하기 위해 사용자가 입력하는 규칙의 순서는 실제로 시스템이 수행되는 순서(추론 과정 등)와는 무관하며, 조직화된 Rule-Base나 객체 지향적인 개발 도구(Object-Oriented Tools)에 의해서 실제적으로 구성된다. 이와 대조적으로 관행의 프로그램은 프로그래머에 의해 순서적으로 구성된다.

2) 지식베이스는 추론 엔진(Inference Engine)

으로부터는 완전히 독립되어 있다.

또한, 이 두가지 특성이 전문가 시스템을 개발하고 유지, 관리하는 비용을 절감해 준다.

### 3.4 데이터베이스(Database) 및 기타 요소

지식베이스는 인간의 주관적 사고, 논리를 정형화한 반면, 데이터베이스는 일반적인 정량적인 자료를 정형화한 것이다. 최근에는 전문가 시스템의 효율성과 신뢰성을 향상시키기 위해, 데이터베이스(DB), 시뮬레이션 모형(Simulation Model) 등이 전문가 시스템과 유기적으로 결합되어 사용되고 있다. 특히 전문가 시스템을 농업에 적용하는 목적 중의 하나는 사용자가 컴퓨터에 의존하여 문제를 해결하기보다는 전문가 시스템을 통하여 문제 해결 능력을 배양하고, 더 나아가 좀 더 낫은 기술을 개발, 농업에 응용할 수 있도록 하는 데 있다고도 할 수 있다. 따라서 농업 전문가 시스템은 문제 해결에 필요한 자료를 DB화하여 사용자에게 제공하여 전문가의 지식을 사용자에게 전달하는 기능에 충실함으로써, 농업 전문가 시스템의 또 다른 목적을 달성할 수 있도록 하여야 한다.

## 4. 전문가 시스템 개발 과정

일반적으로 전문가 시스템을 개발하기 위해서는 다음과 같은 단계를 생각할 수 있다(Huggins et al., 1986).

1) 문제 영역을 도출해내고, 문제 해결을 위한 각 단계를 정의한다.

2) 당면 문제를 세부적인 사항으로 분류함으로써 각 세부 사항별로 독립된 지식베이스를 구성하여 전문가 시스템의 초기 모형(Prototype)을 개발한다. 이 초기 모형을 바탕으로 향후 개발 일정을 검토할 수 있다.

3) 전문가 시스템 사용자들에게 문제를 기술하기 위한 용어를 선정하고, 사용자 인터페이스를 설계한다. 사용자 수준에 적합한 인터페이스의 설계는 전문가 시스템의 효율성을 좌우하는 중요한 요소이다.

4) 문제 해결을 위한 방법 및 개념, 순서도 등이 결정되면, 이를 위해 필요한 조건, 입력 정보 등을 선정하고, 이들 정보간의 연관 관계를 기술한다.

5) 전문가 시스템의 개발을 위해 사용될 상세한 지식 표현을 개발 또는 선정한다.

위와 같은 과정은 실제 프로그램 과정 이전에 꼭 검토되어야 할 것으로, 전문가 시스템 개발의 상당 부분을 차지하게 된다.

이러한 과정을 거쳐 전문가 시스템의 개발을 위해 필요한 각 부분의 역할과 그들 간의 연결 관계를 고려하여 표현하면 그림 4와 같다.

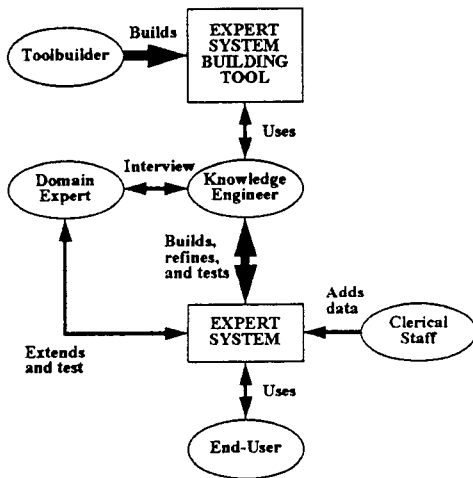


Fig. 4 The players in the expert system development(Waterman, 1986)

그림 4의 각 부분의 역할을 상세히 기술하면 다음과 같다.

#### 4.1 전문가 접견(Interview with Domain Experts)

주어진 분야의 문제 해결에 상당한 전문적인 지식과 경험을 갖고 있는 전문가들과의 접견은 전문가 시스템의 개발의 가장 기초적인 단계이면서 가

장 중요한 단계라고 할 수 있다. 전문가들은 문제 해결을 위해 전문적인 지식뿐만 아니라, 그들 나름대로의 경험적인 지식을 이용하게 되는데, 전문가들과의 접견을 통해 이러한 문제 해결 방법을 파악하여 전문가 시스템의 지식베이스 골격을 결정한다. 이 과정은 실제 전문가와의 접견뿐만 아니라, 주어진 분야의 다른 많은 저술 등을 조사하여 전문적인 지식을 체계화하는 것도 포함한다.

#### 4.2 지식가공자(Knowledge Engineer)

지식가공자는 컴퓨터 공학, 인공 지능 등에 대한 충분한 지식을 소유하고 있고 전문가 시스템 개발 능력이 있는 사람을 통칭한다. 이들은 전문가들과의 접견을 통하여 얻은 지식을 체계화하여 전문가 시스템 개발 도구에 알맞는 지식 표현으로 변환하고, 전문 프로그래머가 프로그램을 작성하는 것을 도와주는 역할을 한다. 따라서 이들이 전문가 시스템 개발의 책임자라고 할 수 있다.

#### 4.3 지식베이스 구성(Construction of Knowledge Base)

지식가공자가 전문가의 접견을 통해서 획득한 전문적 지식 및 경험, 문서화된 지식 등을 전문가 시스템 개발을 위해 사용될 추론 기구에 맞게 부호화 하는 과정이다. 이 과정에서 전문가의 경험에 의해, 각 규칙의 결론부에 결론의 신뢰성을 표현하기 위한 확신도(CF, Certainty Factor) 개념이 추가되는데, 이 확신도 개념도 전문가 시스템과 관행의 프로그램을 구분 짓는 한 부분이다. 전문가 시스템에서 확신도는 각각의 사실들에 경험적 확신을 부여하는 중요한 개념이다. 확신도는 정보의 유용성을 나타내는 척도로서, 높은 확신도의 결론은 높은 신뢰성을 보장한다고 할 수 있다. 확신도는 -100에서 +100 사이의 값을 갖게 되며, +100에 가까우면 높은 신뢰도를, -100에 가까우면 결론을 강하게 부정하게 된다. 얻어진 결론에 대해 또다른 규칙들이 적용되어 같은 결론이 도출되면 그 결론에 대한 새로운 확신도가 계산되어 지는데, MYCIN 전문가 시스템(Shortliffe, 1976)에서 사용한 다음과 같은 계산법을 주로 이용한다.

$$CF = CF_{OLD} + CF_{NEW} \times \frac{(100 - CF_{OLD})}{100}$$

여기에서, CF : 새로 계산되는 확신도  
 CF<sub>OLD</sub> : 이전의 확신도  
 CF<sub>NEW</sub> : 현재의 확신도

전문가 시스템의 규칙베이스(Rule Base)를 구성할 때, 인공지능의 지식 표현(Knowledge Representation) 기법 중에서 프레임(Frame)과 시멘틱 넷(Semantic Net)을 사용하거나, 자연 언어의 처리(Natural Language Processing)를 이용함으로써, 농업 정보들 간에 객체 지향 데이터베이스(Object Oriented Database, OOD)를 구현하여 농업 정보를 쉽고 유기적으로 다룰 수가 있다.

규칙베이스를 바탕으로 한 전문가 시스템 개발 도구 중에, 최근에 많이 이용되고 있는 CLIPS를 이용하여 간단한 형태의 지식베이스를 구축하는 예를 보면 :

1) 경운작업기 선정

전문가들과의 접견 결과를 다음과 같은 표의 형태로 정리할 수 있다.

	none	conventional	chisel-disk	ridge
SLOPE				
steep	cf=70	cf=-90	cf=-95	cf=-40
moderate				cf=20
slight		cf=50		cf=40
EROSION CLASS				
severe	cf=70		cf=30	cf=25
moderate	cf=60		cf=40	
slight			cf=60	

위의 표에서 한 경우를 규칙으로 표현하면,

(defrule rule-2  
 (SLOPE slight)



(assert (re-eqp conventional cf 50=  
 (gensym))))

2) 수박 병 진단

전문가들과의 접견 결과를 다음과 같은 언어적 표현 형태로도 정리할 수 있다.

“잎이나 수박에 병반점 모양이 부정형이며 회녹색으로 나타나면 약 80% 정도는 갈색부패병이다”

이것을 한글화된 CLIPS (HCLIPS)를 이용하여 규칙으로 표현하면,

(defrule rule-19

(“발생부위” “잎 | 수박”)

(“모양” “부정형”)

(“색” “회녹색”)



(assert (“병” “갈색부패병” cf 80=  
 (gensym))))

#### 4.4 전문가 시스템 개발 도구(Expert System Development Tools)의 사용

일반적으로 전문가 시스템을 개발하는 방법은 전문가 시스템 개발 도구를 사용하는 방법과 직접 프로그래밍 하는 방법이 있다. 이중 직접 프로그래밍 하는 방법은 PROLOG나 LISP 등의 인공지능 언어를 이용한다. 이것은 전문가의 지식을 규칙화하는 지식베이스 구축에 드는 시간과 노력보다 상대적으로 추론 엔진 프로그램과 인터페이스의 개발 등에 더욱 많은 시간과 노력을 많이 소모하게 된다. 이러한 방법은 상당한 정도의 인공지능 프로그래밍 기술을 요구하게 되고 개발된 시스템의 추후 기능 및 지식의 보완 및 유지에 있어 전체 프로그램의 틀 속에서 수정을 해야 하는 등 어려움을 겪게 된다.

따라서 추론엔진부와 지원 환경을 구비한 개발 도구를 사용하는 것이 일반적이라고 할 수 있다. 현재 많이 쓰이고 있는 개발 도구로는 ART, KEE, KES, MI, OPS, XSYS, CLIPS 등이 있다. 이들은 LISP 등 인공지능 프로그래밍의 고급 기술이 없어도 전문가 시스템의 가장 중요한 부분인 지식베이스 구축이 용이하도록 설계되어 있다. 또한 지식베이스부는 별도의 파일로 관리되어 개발된 전문가 시스템의 추후 검증과 성능 향상을 위한 지식베이스의 수정 및 보완이 용이하다. 또한 이들은 Shell Tool 형태의 전문가 시스템 개발 도구이므로 구축한 전문가 시스템은 다른 기종으로의 이식이 용이하다고 할 수 있다. 즉 사용자는 Shell Tool이 있는 시스템이면 어느 곳에서든지 전문가

시스템을 Loading하여 실행할 수 있게 된다.

따라서 전문가 시스템을 개발하기 위해서는 개발 도구를 이용하여야 하는데, 국내에서는 조 등이 CLIPS를 개선하여 한글, 그래픽, 메뉴 기능을 추가한 HCLIPS를 개발하여 농업 전문가 시스템의 개발에 이용하고 있다(조성인 등, 1993: 1994).

#### 4.5 검증 및 보완(Validation and Update)

개발된 전문가 시스템은 개발에 참여하지 않은 다른 전문가나 현장 사용을 통하여 그 타당성을 검증 받아야 한다. 전문가와 사용자가 공동으로 시스템을 사용하면서 확신도의 수정, 규칙의 삭제/추가 등을 통하여 전문가 시스템의 지식베이스를 보완함으로써 최종적인 전문가 시스템이 완성된다.

### 5. 농업에의 응용

전문가 시스템의 응용은 일반적으로 다음과 같은 범주로 나눌 수 있다.

- 해석(Interpretation) : 감지기(Sensor) 데이터로부터 상황을 추론
- 예측(Prediction) : 주어진 상황에 대하여 있을 수 있는 결과를 추론
- 진단(Diagnosis) : 관측 데이터로부터 대상체나 시스템의 이상 유무 추론
- 설계(Design) : 주어진 제한 조건하에서 목적물의 설계
- 계획(Planning) : 동작의 전체 과정을 결정(비행장 공중폭격 계획수립)
- 감시(Monitoring) : 기대결과와 현재 관측 데이터를 비교
- 교정(Debugging) : 고장의 처리
- 수리(Repair) : 수리 작업의 수행
- 지도(Instruction) : 학생의 행위를 진단하고 교정
- 제어(Control) : 전체적인 시스템의 동작을 제어

전문가 시스템의 또 다른 응용 분야는 지능화된 기계로, 미래의 기계는 더 완벽한 기능과 다양성 그리고 정밀성을 수행해 내야 하는 데, 이때 전문가 시스템은 기계 제어에 영향을 미치는 다양한 정보원으로부터 정보를 조정, 결합하는 기술을 수행하게 될 것이다.

현재 농업 전문가 시스템의 역할은 단순히 의사 결정을 보조해 주는 역할로 한정되고 있다. 즉 동식물의 질병 진단이나 복합된 판매 전략 구축에 도움을 주는 상당히 국한된 부분만을 취급하고 있다. 그러나 미래의 전문가 시스템은 농산물 생산이나 병해충 방제 관리, 동물의 생육 및 사양 관리 등과 같은 종합적 경영 관리체로서의 기능을 감당해 낼 것으로 짐작된다.

농업 분야에서 개발된 대표적인 전문가 시스템을 보면 :

PLANT/ds(Michalski et al., 1980)

Illinois주의 콩의 질병을 진단하기 위한 전문가 시스템으로 Illinois대학의 식물병리 학자들에 의해 개발되었다.

PLANT/cd(Boulanger et al., 1983)

미국 중서부 지방에서 재배되는 옥수수에 기생하는 Black cutworm(*Agrotis ipsilon*)의 발생을 예측하기 위한 전문가 시스템으로 ADVISE시스템을 이용하여 개발되었다.

POMME(Roach et al., 1986)

사과재배 과수원의 경영을 위해 설계된 전문가 시스템으로 방제 등과 같은 다양한 정보를 제공하도록 되어 있다.

Expert Meat Grading System(Chen et al., 1990)

비디오를 통해 입력된 영상을 바탕으로 고속으로 자동화된 쇠고기의 등급 결정 시스템을 구성하였다.

Expert System Model for Nutrient Selection in A Drip Irrigation System(Fynn et al., 1991)

원예 작물의 시설 재배에서 작물의 성장 단계에 따라 대표적인 양분인 K, N, Ca의 적절한 공급을 결정하는 전문가 시스템을 구성하였다.

FSA(He et al., 1991)

다양한 품종의 작물을 재배하는 곳에서 지역/품종/생육 시기에 따라 비료의 살포량을 적절히 제어하기 위해 토양의 함수율, 양분 함유 정도

등을 입력으로 한 전문가 시스템을 구성하였다.

GX(Gauthier, 1992)

시설 재배 온실 내의 환경을 최적 제어함으로써, 최소의 경비로 원하는 작물을 재배할 수 있도록 하기 위하여 전문가 시스템을 이용하였다.

CROPS(Buick et al., 1992)

지속적 농업(Sustainable Agriculture)을 위한 작물의 돌러짓기를 위해 개발된 전문가 시스템으로, 작물 재배 및 경운 일정 등을 결정해 준다.

PNUTGRO(Thomson et al., 1993)

재배되고 있는 땅콩의 뿌리 부근의 정확한 수분 정도를 예측함으로써 땅콩의 재배 모형을 결정하기 위한 전문가 시스템을 구성하였다.

WDES(조성인 등, 1994)

시설 재배 수박에서 발생하는 노균병 등의 주요 병의 진단 및 방제를 위한 전문가 시스템으로 HCLIPS를 이용하여 개발되었고 화상 정보를 이용하여 사용자의 편의를 고려하였다.

ESGD(박은우 등, 1994)

노균병, 탄저병 등과 같은 국내에서 발생하는 포도 주요 병의 진단 및 방제를 위한 전문가 시스템으로 역시 화상 정보를 이용할 수 있도록 개발되었다.

## 6. 앞으로의 전망(Future of Expert System)

### 6.1 퍼지 전문가 시스템(Fuzzy Expert System)

인간 전문가는 상황이 불확실하고 애매한 경우에도 감각적으로 적절한 판단을 내리는 데 반해서 일반적인 전문가 시스템은 언어 표현의 애매성을 처리하는 기술이 취약하다. 이를 보완한 것이 퍼지 전문가 시스템(Fuzzy Expert System)으로써, 사실과 규칙들 내에 존재하는 애매성을 퍼지 집합 이론으로 처리하여 효과적으로 추론한 후 인간 전문가의 결론에 가장 근사하도록 만들 수 있는 전문가 시스템을 말한다.

퍼지 전문가 시스템은 전문가 시스템의 추론 과정에서 확신도(Certainty Factor)를 도입하지 않고 근사 추론(퍼지 추론 : 이광형 등, 1991)을 수행함으로써 전문가 시스템을 구성한다. 이것은 일반적인 전문가 시스템과 퍼지 전문가 시스템의 근본적인 차이점 중의 하나이다.

### 6.2 전문가 데이터베이스 시스템

컴퓨터가 발전하면서 많은 양의 정보를 관리하고, 쉽게 찾아 볼 수가 있게 되었다. 인공지능 기술은 이런 정보들의 구축을 쉽게 하고, 정보에의 접근을 용이하게 할 수가 있다. 이것을 전문가 데이터베이스 시스템(Expert Database System, EDS)이라고 한다. 이는 전문가 시스템과 데이터베이스 관리 시스템을 결합한 것으로 최근에 개발되어 지고 있다.

### 6.3 농업 정보망 및 멀티미디어의 이용

최근 국내에서는 한국 PC통신 등의 주관 아래 각 분야의 정보망이 구축되고 있다. 이에 농업 정보망의 구축도 현재 진행 중인데, 이 정보망에는 각종 농업 관련 DB등이 설치될 것이다. 여기에 전문가 시스템 기능을 결합하면, 문제 발생 현장에서 정보망을 이용하여 손쉽게 관련 전문가 시스템으로부터 자문을 받을 수가 있을 것이다. 또한 멀티미디어 기술 및 고속 통신 등을 이용하여 화상 정보 등의 전송이 가능해지면 각종 농업 현장의 문제를 원격 진단하고 해결할 수 있는 전문가 시스템도 가능할 수 있으리라 기대된다.

## 참고문헌

1. 박은우, 조성인. 1994. 포도 주요 병 관리를 위한 전문가 시스템 연구. 1994년도 학술연구 과제 최종보고서, 산학협동재단.
2. 이광형, 오길록. 1991. 퍼지 이론 및 응용



- Ⅱ 권 : 응용, 홍릉과학출판사.
3. 조성안, 김승찬. 1993. CLIPS를 사용한 한글 전문가 시스템을 위한 사용자 인터페이스의 개발. 한국농업기계학회지 vol. 18(2) : 133~143.
  4. 조성안, 박은우, 이강걸, 김승찬. 1994. 시설 재배 수박병 진단을 위한 전문가시스템의 개발. 한국생물생산시설환경학회지 vol. 3(1) : 28~35.
  5. Barrett, J. R., and D. D. Jones. 1989. Knowledge Engineering in Agriculture. ASAE 2950 Nules Rd. St. Joseph, Michigan 49085-9659.
  6. Buick, R. D., N. D. Stones., R. K. Scheckler, and J. W. Roach. 1992. CROPS : a Whole-Farm Crop Rotation Planning Systems to Implement Sustainable Agriculture. *AI Application* vol. 6(3) : 29~50.
  7. Carrascal, M. J., and L. F. Pau. 1992. A survey of Expert Systems in Agriculture and Food Processing. *AI Application*, vol. 6(2) : 27~49.
  8. Chen, Y. R., and T. P., McDonald. 1990. Application of Artificial Intelligence in Carcass Beef Grading Automation. *Food Processing Automation* : 244~255.
  9. Fynn, R. P., W. L. Bauerle, and W. L. Roller. 1991. Expert System Model for Nutrient Selection in A Drip Irrigation System. *Automated Agriculture for the 21'st Century* : 488~496.
  10. Gauthier, L. 1992. GX : A Smalltalk-Based Platform for Greenhouse Environment Control : Part I, II. *The Transactions of The ASAE* vol. 35(6) : 2001~2020.
  11. Giarrantano, J., and G. Riley. 1989. Expert Systems : Principles and Programming. PWS -KENT Publishing Company, Boston.
  12. He, B., and C. L. Peterson. 1991. A Comparison of Expert Systems and Simulation Techniques for Control of Fertilizer Applicator. *Automated Agriculture for the 21'st Century* : 373~384.
  13. Huggins, L. F., J. R. Barrett, and D. D. Jones. 1986. Expert Systems : Concepts and Opportunities. *Agricultural Engineering Jan./Feb.* 1986 : 21~23.
  14. Luger, G. F., and W. A. Stubblefield. 1992. Artificial Intelligence : Structures and Strategies for Complex Problem Solving. 2nd Ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
  15. Shortliffe, E. H. 1976. Computer Based Medical Consultation, MYCIN. Elsevier, New York, USA.
  16. Thomson, S. J., R. M. Peart, and J. W. Mishoe. 1993. Parameter Adjustment to A Crop Model Using A Sensor-Based Decision Support System. *The Transactions of the ASAE* vol. 36 (1) : 205~213.
  17. Waterman, D. A. 1986. A Guide to Expert Systems. Addison Wesley.