

수도작을 위한 적정 농기계 선정 전문가 시스템 개발(II) - 전문가 시스템 개발 -

Expert system for Selecting Optimized Farm Machinery in Rice Farming(II) - Development of Expert System -

이 용 범*	조 성 인**	배 영 민**	신 승 엽**	나 우 정****
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y. B. Lee	S. I. Cho	Y. M. Bae	S. Y. Shin	W. J. LNa

ABSTRACT

In farm management, many factors should be considered to select optimum farm machinery. Some factors such as farm size can be quantified, but other factors such as working experience can not be. Furthermore, as several factors are missed and assumptions are made for the selection using conventional computer programs, the result is sometimes questionable. This problem can be solved using artificial intelligent techniques such as expert system.

In this study, an expert system was developed to select optimum machinery by considering available working days, machinery to own, farming environments, labor cost, population, etc. It also took into account the characteristics of machinery, turning radius, easiness of operation, subsidy, loan to purchase, asset, farmer's age, Rest Metabolic Rate, and working experience, etc.

Expertise and experience of human experts were utilized to develop the expert system. The developed expert system was evaluated by the human experts and others, and it was proved to be practically useful for farmers.

주요용어(Key Words): 전문가 시스템(Expert System), 인공지능(Artificial Intelligence), 지식베이스(Knowledge Base)

1. 서 론

우리 나라의 벼 재배에 있어 노동 투하량과 생산비는 선진 농업국인 미국에 비해 각각 25배, 3.6배이

며, 쌀가격 또한 미국의 4.9배 수준으로 국제 경쟁력이 매우 취약한 실정이다(농촌진흥청, 1995a, 1995b). 이에 정부는 취약한 벼농사의 경쟁력 제고를 위하여 경지 규모의 확대와 경지 기반 조성 등과 함께, 노동

* 농촌진흥청 연구관리국 연구조정과

** 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계전공

*** 농업기계화연구소 재배기계과

**** 경상대학교 농업기계공학과

비의 비중을 줄이기 위해 농기계의 보급을 지원하고 있다. 그러나, 농기계 가격이 비싸며, 또한 농민의 중노동 기피와 편농 욕구에 따른 대형 고성능 농기계의 선호로 자본의 과잉 투자를 유도하여 농가의 경영수지를 악화시키는 원인이 될 수 있다. 따라서, 이러한 문제의 해결 방안으로서 기계의 성능과 경제성 뿐만 아니라 노령화·부녀화 등의 인적 편의성 및 작업여건 등을 고려한 적정 농기계 선정 체계의 확립이 필요하다.

전문가 시스템이란 전문화된 일정 분야에 고도의 전문적인 지식과 다년간의 경험을 가진 전문가가 당면한 문제를 지능적(知能的)으로 해결하는 과정을 컴퓨터를 이용하여 구현한 것으로 실제 전문가로부터 자문을 받는데 드는 비용과 시간을 절약할 수 있다(조, 1994). 전문가 시스템의 개발은 전문가 시스템을 설계·구성하는 방법을 잘 알고 있는 지식공학자(knowledge engineer)가 해당 분야의 영역전문가(domain expert)와 면담이나 인터뷰를 통해서 지식베이스(knowledge base)를 구성하고, 인공지능 언어나 전문가 시스템 개발도구를 이용하여 추론 과정을 프로그래밍 하는 것으로 이루어진다. 개발된 전문가 시스템은 영역전문가와 상의하여 확장 및 검토 보완하고 새로운 내용들을 계속적으로 추가해 나간다. 전문가 시스템의 핵심은 시스템이 구축되는 동안 축적되는 강력한 지식베이스(knowledge base)라고 할 수 있는데 이는 경험적 지식(heuristic)을 바탕으로 구축되며 추론적인 처리로 대규모 지식을 효율적으로 처리할 수 있다. 따라서, 자연 현상과 같은 정량화 하기 어려운 지식들이 많은 농업 분야에도 전문가 시스템을 이용하면 많은 유용한 분석이 가능하기 때문에 이 분야의 농업적 이용은 상당한 실효성을 발휘할 수 있다. 실제로, 일본의 中村光浩 등(1988)이 콤팩트 고장진단에 전문가 시스템을 이용하였다. 국내에서는 조 등(1994)이 포도의 주요병 관리와 경지정리 최적설계에 전문가 시스템을 이용하였으며, 또 Cho 등(1996)은 오이의 주요병 및 영양 장애의 진단에 전문가 시스템을 적용하였고, 김 등(1996)은 토마토의 생장모델 개발에 의한 종합적이고 지능적인 시설재배 환경제어에 작물의 생장 모델과 전문가 시

스템을 적용하여 자동적으로 온실 환경을 조절하는 시스템을 개발 중에 있다. 이와 같이 전문가 시스템은 정량화가 어렵고 직관이나 경험에 의한 지식들을 체계화하여 추론하는데 주로 이용되어 왔다.

본 연구에서는, 농가에서의 수도작용 농기계 구입 시 적절한 농기계의 선정에 이용될 수 있는 전문가 시스템을 개발하였다. 개발된 전문가 시스템은 본 논문의 1 보(이 등(1996))에서 제시된 최소 이용 비용으로 영농이 가능한 기종의 선정 프로그램과 전문가들이 농기계 선정시 고려되는 경험적 지식을 이용하여 적절한 농기계를 선정한다.

2. 재료 및 방법

가. 개발 도구

일반적으로 전문가 시스템을 개발하는 방법은 전문가 시스템 개발 도구를 사용하는 방법과 기호 처리 언어인 LISP나 PROLOG를 사용하는 방법이 있다. 이들 중에서 PROLOG가 꾸준하게 대중화 되어 왔으나 현재 전문가 시스템에서 가장 널리 사용되고 있는 언어는 LISP이다. 그러나 이들 언어를 사용하면 전문가의 지식을 규칙화하는 지식 베이스 구축에 드는 시간과 노력보다 상대적으로 추론 기관(inference engine) 프로그램과 인터페이스(interface)의 개발 등에 더 많은 시간을 소모하게 되고 또 상당한 인공지능 프로그래밍 기술을 요구하게 된다. 따라서 본 연구에서는 미국 NASA에서 개발된 범용 전문가 시스템 개발 도구인 CLIPS를 사용하되 한글을 사용할 수 있도록 사용자 인터페이스 기능들을 추가한 HCLIPS를 이용하였다.

나. 전문가의 선정

지식 베이스 구성시 지식을 획득하는 방법은 해당 분야 전문가와의 접견인데 본 연구에서는 국내 전문가를 분야별로 각각 선정하여 신뢰도를 제고시켰다. 농업기계화연구소에 근무하면서 농기계 공동이용 조직과 농기계의 합리적 운영에 전문가이신 박남중

前과장과 벼농사 일관 작업 체계 분야의 김학규 박사, 농기계 선택에 관한 경제적 이론에 이운용 박사, 그리고 실제적으로 농기계를 이용하고 있는 경북 상주 위탁영농회사의 김진하, 경기도 안성 기계화 영농단의 박찬기, 경북 문경군 기계화 전업농가인 권철훈, 그리고 강원도 고성군 농기계 대리점의 최선물 대표 등으로 구성하였다.

다. 확신도 산정

본 연구에서는 시스템의 신뢰도를 높이고 정확한 결론을 추론하기 위하여 확신도를 사용하였다. 확신도라는 것은 추론에 사용되는 규칙들의 경험적인 신뢰성을 나타내는 값으로 -100%에서 100%의 범위에서 부과하였으며 숫자가 높을수록 높은 확신도를

Table 1 Factors according to machinery

	Working intensity		Machinery		Price (1,000 won)		Easiness of operation
	RMR	Resting rate (%)	Size	Turing radius	Purchase price	Loan	
Power Tiller	3.7	33.4	2.4×1.0×1.3	—	1,480	800	Easy
Tractor .							
25 ps	1.9	18.7	2.9×1.4×1.9	2.4	8,150	6,300	Fair
35 ps	1.5	15.4	3.3×1.5×2.3	2.6	11,280	7,800	Fair
42 ps	1.4	14.5	3.3×1.5×2.2	3.1	12,500	10,500	Fair
55 ps	1.3	13.8	3.9×1.8×2.5	3.8	21,500	15,000	Difficult
74 ps	1.1	12.1	4.1×2.0×2.6	3.7	27,200	22,800	Difficult
85 ps	1.0	11.3	4.0×2.0×2.7	3.7	31,000	22,800	Very difficult
106 ps	0.9	10.5	4.1×2.4×2.6	4.2	34,400	22,800	Very difficult
Rice Transplanter							
4 Row	4.1	36.6	2.4×1.5×0.8	—	1,840	1,500	Easy
6 Row (Crank Type)	2.3	21.9	3.0×2.1×1.3	—	5,350	4,300	Fair
6 Row (Rotary Type)	2.2	21.1	2.9×2.1×1.5	—	8,300	7,500	Fair
Harvester							
3 Row	0.7	8.9	3.9×1.7×2.1	—	17,500	13,200	Difficult
3 Row (Bulk Type)	0.7	8.9	4.1×1.7×2.1	—	20,150	13,200	Very difficult
4 Row	0.6	8.1	4.3×1.7×2.2	—	22,256	17,800	Difficult
4 Row (Bulk Type)	0.6	8.1	4.3×1.8×2.3	—	25,550	17,800	Very difficult
Grain Dryer							
21 Suk*	2.5	23.6	—	—	3,656	3,000	Fair
36 Suk	2.5	23.6	—	—	3,919	3,300	Fair
45 Suk	2.5	23.6	—	—	4,450	3,300	Fair
60 Suk	2.5	23.6	—	—	6,823	4,500	Fair

◦ Source : National Agricultural Material Inspection Office ('87~'94).

Rural Living Science Institute ('94).

◦ Suk* : 100 kg.

가진다. 확산도는 규칙들이 적용될 때마다 새로 계산되어 지는데 본 연구에서는 MYCIN 계산법 (Giarratan-Riley, 1989)이 이용되었다.

3. 전문가 시스템 개발

가. 분석 요인

(1) 기종별 기계적 요인

농기계는 규격과 형식에 따라 각각 개별적인 특성을 가지고 있다. 이런 특성은 작업자에게 작업의 편의성을 주기도 하고 불편함을 주기도 한다. 그 중에서 가장 중요하게 고려되는 요인이 작업자에게 피로 정도를 안겨주는 노동부담률이다. 이 노동부담률은 어떤 기종을 가지고 작업을 하느냐에 따라 달라지는데 이는 에너지 대사율을 표시하는 방법인 RMR (Rest Metabolic Rate)을 측정함으로써 그 때의 노동부담률을 간접적으로 예측할 수 있다.

또 기체의 크기 및 회전 반경은 농기계의 실작업률과 포장 효율에 영향을 미치게 된다. 따라서 기체의 크기 및 회전 반경은 포장의 경지 정리 여부 및 포장 규모에 큰 영향을 받게 된다. 또 농기계 가격 및 정부 지원액은 농기계 구입자의 재산 정도에 밀접하게 관련하여 농기계 구입에 영향을 미치며, 농

기계 운전·작업 등의 용이성은 기계 작업 경력에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 기계 기종별로 에너지 대사량, 기체 크기 및 회전 반경, 구입 가격 및 정부지원액, 조작의 용이성 등의 요인을 표 1과 같이 구성하였다.

(2) 농가 개별 환경적 요인

동일한 영농 규모라 해도 농가별로 적정 기종은 달라질 수 밖에 없다. 즉, 영농자의 연령에 의해 기계의 유지 관리능력 및 급후 영농 종사 기간을 예측할 수 있으며, 재산 정도에 의하여 농기계 구입시 보다 수월하게 영농할 수 있도록 약간 큰 기계를 구입할 여력의 유무를 판단할 수 있다.

기계 작업 경력은 농기계 조작·수리·운전 능력에, 기체 크기 및 회전 반경은 경지 정리 상태에 영향을 받는다. 또 직파작업률은 이앙으로 작업해야 할 면적 산정시, 그리고 산물 처리 기반은 콤바인 구입시, 벌크형(bulk type) 또는 자루형의 여부를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다. 따라서 농가 개별 환경적 요인으로는 그림 1과 같이 나이, 재산 정도, 기계 작업 경력, 경지 정리 상태, 직파작업률, 산물 처리를 할 수 있는 기반(미곡 처리장, 개량 공간, 화력 건조기 등) 등을 고려하였다.

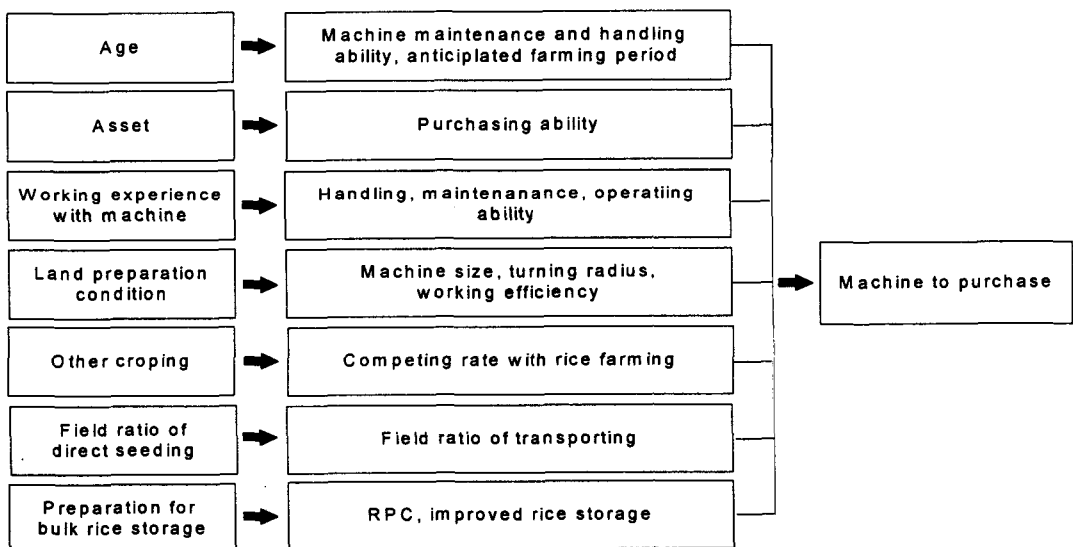


Fig 1. Factors affected by farming condition.

나. 지식 베이스(knowledge base)의 구축

전문가 시스템은 전문가의 경험적 지식을 체계화 하고, 이러한 지식을 이용하여 인간 전문가처럼 문제를 해결하는 프로그램이다. 본 연구에서는 전문가 시스템에서 가장 많이 쓰이는 지식 표현법이고 다년간 경험을 통해 얻어진 지식의 경우에 적합한 IF-THEN rule을 사용하였다. 지식 베이스는 최소 이용 비용 농기계(이 등(1996)), 농업기계화 연구소의 검사 성적과 농기계 기종별 특성, 농가 개별 환경적 요인 등을 고려한 농기계 선정에 관한 경험적 지식이 규칙화되어 있으며, 각 규칙의 확신도는 최소 이용 비용 농기계의 선정 결과와 전문가의 의견을 종합하여 완성하였다. 개발된 IF-THEN rule의 예를 들면 다음과 같다.

```
(defrule GENERAL-119)
(TILLER “경제적 기종” “트랙터 + 로터리 (30ps
급)”)
(“재산정도” “중류농”)
(“연령 “50대”)
=>
(assert (“구입기종” “30ps급 트랙터”
cf 68 = (gensym)))
(assert (“구입기종” “40ps급 트랙터”
cf 74 = (gensym)))
(assert (“구입기종” “50ps급 트랙터”
cf 52 = (gensym)))
```

다. 시스템 개발체계

1차적으로 부담 면적 및 기계 이용 비용을 고려하

여 최소 이용 비용으로 영농이 가능한 기종을 선발 (이 등(1996))한 후 그 기종을 근간으로 하여 그림 2와 같은 체계로 시스템을 구성하였다.

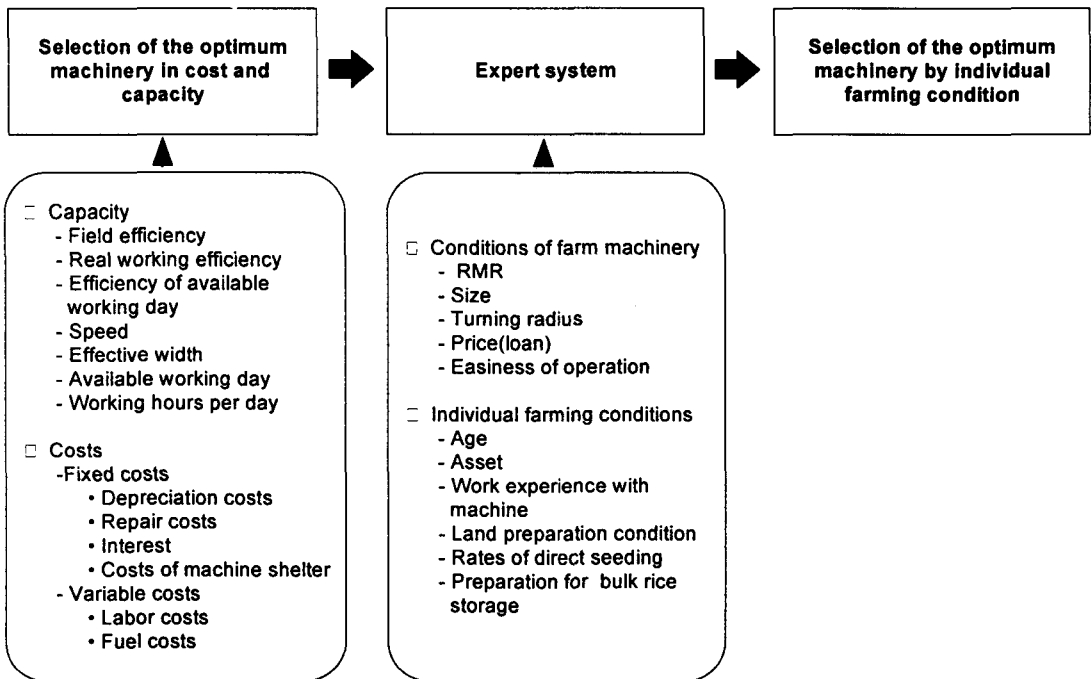


Fig. 2 The stages to select optimized machinery for rice farming

4. 결과 및 고찰

본 전문가 시스템은 1차적으로 최소 이용 비용 농기계 선정 프로그램에서 가장 경제적으로 영농이 가능한 기종을 선정 한 후 2차적으로 전문가 시스템을 이용하여 컴퓨터 프로그램에서 고려되지 않은 여러 요인들을 고려하였다. 즉 최소 이용 비용 농기계 선정 프로그램에서 최종 구입 정보 메뉴를 실행한 후

시스템을 종료하면 전문가 시스템이 가동되어 그림 3과 같은 초기 화면이 나타난다.

사용자가 도움말을 참고하여 영농 개별 여건인 연령, 기계 작업 경력, 재산 정도, 경지 정리 상태 등을 입력하게 되면 최종적으로 확신도 값과 함께 최적 기종을 선발해 내며, 그 기종에 대한 국내 보급 기종을 대상으로 간단한 기종들의 체원, 가격, 성능 등이 제시된다(그림 4, 5).

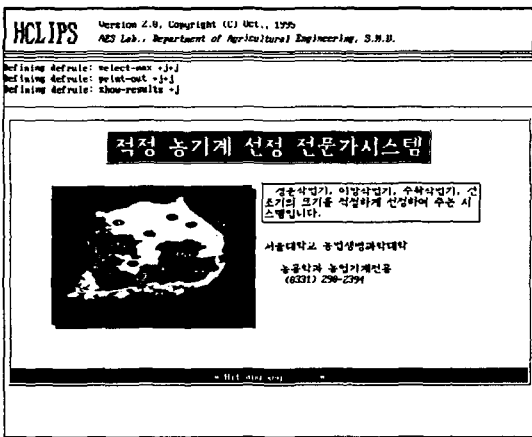


Fig 3. Initial screen of the expert system.

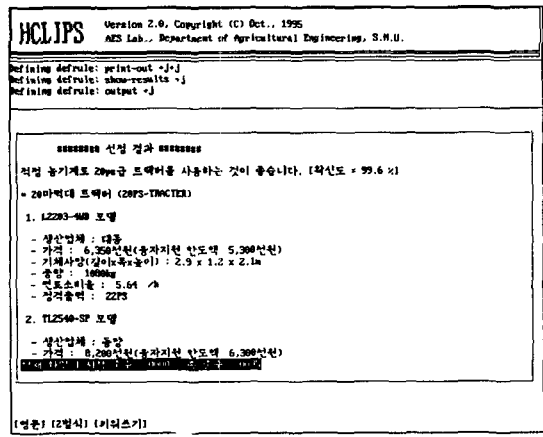


Fig 5. Result screen of the expert system (cultivator).

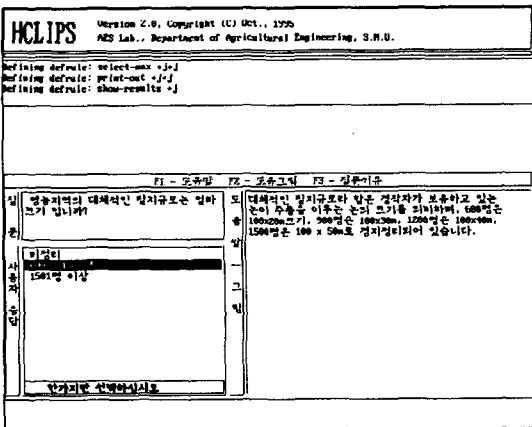


Fig 4. Question screen for field size.

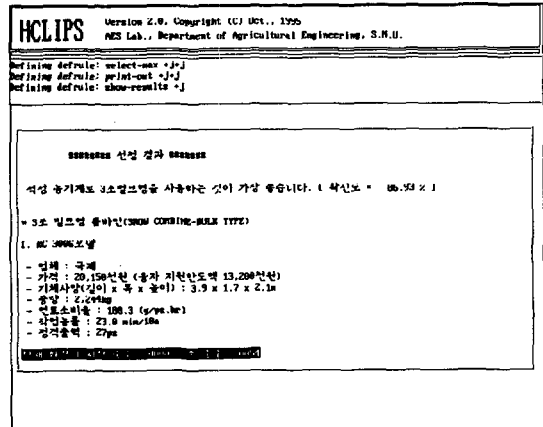


Fig 6. Result screen of the expert system (Harvester).

전문가 시스템의 실행 예로써, 농기계 선정의 희망자의 영농 조건이 중북부내륙(경작 지역), 경운정지기(구입희망농기계), 1 ha(자가 면적), 3 ha(일직업 면적) 일 때 최소 이용 비용 컴퓨터 프로그램에서는 경운기를 추천하지만, 전문가 시스템에서는 희망자의 영농 개별 여건인 연령 20~40대, 농기계 운전경력 5년이상, 재산정도 중류농, 필지의 경지정리상태 600~1,200평 등을 고려하여 20ps급 트랙터를 변경 추천한다. 또 수확기의 경우도 최소 비용 프로그램에서는 3조 자루형 콤바인이 선정되었지만, 경운정지기와 동일한 환경에 산물로 처리할 수 있는 미곡처리장, 개랑공간, 산물 운반차 등 산물 처리반이 양호한 상태의 영농 환경에서는 최종적으로 3조 자루형 보다는 3조 벌크형 콤바인을 86%의 확신도로 강력하게 추천하고 있다(그림 6). 이러한 전문가 시스템의 결과에 대한 농민 4인 및 산업체분야 3인, 농업기계화연구소 5인 등 총 12인으로 구성된 전문가들의 검정 의견은 8명은 매우 양호, 4명은 양호한 수준이라고 평가하였다. 전문가 시스템이 출력해 내는 결과가 객관성 보다는 전문가의 주관적 판단으로 이루어지기 때문에 전문가의 구성이 중요하며, 또 시스템 구축 후 검정 및 보완 등이 철저히 뒤따라야 하는 등 어려움이 있을 것이라고 진단하였다. 그러나, 본 전문가 시스템은 시대성 및 현실성이 잘 반영되어 있어 앞으로 이런 분야에 전문가 시스템의 적용이 필수적인 것이라는 견해를 나타내었다.

금후 본 연구결과로 도출된 전문가 시스템을 더욱 더 보완 발전시켜 농촌지도소 등에서 농기계구입 상담시 이용할 수 있도록 할 계획이다.

5. 결 론

본 연구에서는 농가의 경영 상담이나 농기계 구입 상담을 담당하는 농촌지도소 등에서 전업농 및 일반 농가에게 농기계 구입시 최적의 구입 농기계의 선정에 이용될 수 있는 전문가 시스템을 개발하였다.

개발된 전문가 시스템은 최소 이용 비용을 고려한 기종과, 기종별 기계적 요인과, 농가 개별 환경 요인을 고려하여 적절한 농기계를 선정하도록 되어 있

며, 12인의 전문가들에 의한 검증 결과는 대체로 양호하였다.

따라서, 개발된 전문가 시스템은 더 많은 검증 및 보완을 통해서 농촌지도소 등에서의 농기계구입 상담시 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

6. 참 고 문 헌

1. 국립농업자재검사소. 1986~1994. 농업기계검사 연보.
2. 농업기계화연구소. 1994. 농업기계의 사고실태와 안전대책.
3. 농촌영양개선연수원. 1994. 활동별에너지 대수량표.
4. 김영식, 주경수. 1996. 토마토의 생장 모델 개발에 의한 종합적이고 지능적인 시설재배 환경 제어에 관한 연구.
5. 농촌진흥청. 1995a. 농업과학기술의 세계화를 위한 작목별 기술대응방안.
6. 농촌진흥청. 1995b. 농축산물생산비 비교.
7. 이운배. 1993. 전문가 시스템. 흥릉과학출판사.
8. 조성인. 1994. 농업 전문가시스템. 한국생물생산 시설환경학회지. 3(2):151-159.
9. 조성인, 김승찬. 1993. CLIPS를 사용한 한글 전문가 시스템을 위한 사용자 인터페이스의 개발. 한국농업기계학회지 18(2):133-143.
10. 이용범, 조성인, 유경선, 유병기. 1996. 수도작을 위한 적정 농기계 선정 전문가 시스템 개발(I) -최소 이용 비용 농기계 선정 프로그램-, 한국농업기계학회지 21(4):474-481.
11. 中村光浩, 龜岡孝治, 稱田哲哉. 1988. エモスバト・システムのコンバイン故障診断への應用. 日本農業機械學會誌. 50(4).
12. Cho, S. I., E. W. Park, and Y. M. Bae, 1996. Expert System for Diagnosing Cucumber Diseases and Physiological Disorders, International Conference on Agricultural Machinery Engineering, p. 632-637.
13. Giarratano-Riley, 1989. Expert system Principles

and Programming.

14. Lyndon, B. 1991. *CLIPS Reference Manual Vol. I, II*. Software Technology Branch, Johnson Space Center(NASA). COSMIC, Athens, GA, USA.
15. Lyndon, B. 1991. *CLIPS User's Guide*. Software Technology Branch, Johnson Space Center(NASA). COSMIC, Athens, GA, USA.
16. Waterman, Donald A. *A Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley Publishing Company.