

수도작을 위한 적정 농기계 선정 전문가 시스템 개발(I)

—최소 이용 비용 농기계 선정 프로그램—

Expert System for Selecting Optimized Farm Machinery in Rice Farming(I)

—Program to Minimize Cost in Utilization of Farm Machinery—

이 용 범*	조 성 인**	유 경 선***	유 병 기****
정희원	정희원		정희원
Y. B. Lee	S. I. Cho	K. S. Ryu	B. K. Ryu

ABSTRACT

Farm mechanization has been rapidly progressed in rice farming since the 1980's, in Korea. The mechanization has been achieved up to 95~97% in the year of 1995, except irrigation and drying process. However, rice production cost remains much more expensive than the cost of other rice farming countries.

Since labor cost shares a major portion of the production costs, it is essential to save labor cost with automation and more sophisticated mechanization. However, it requires great capital investment which causes farm management worse. Therefore, the computer program was developed which can select machines to minimize the management and maintenance cost by analyzing available working days in different areas, machinery to purchase, farming size, total farming size in a village, number of machines and custom fee.

주요 용어(Key words) : 쌀생산비(Rice Production Cost), 전문가시스템(Expert System), 임작업료(Custom Fee)

1. 서론

수도작을 중심으로 한 우리 나라의 농업 기계화는 '80년대 이후 급격하게 진행되어 '95년말 현재 주요 농작업의 기계화율이 95~97%로 건조 및 물관리작업 등 일부 작업을 제외하고는 비교적 높은 기계화 수준을 보이고 있다. 그러나 생산비 및 노동투하량 측면에서 다른 농업 선진

국에 비하면 아직도 매우 취약한 실정이며, 이에 대한 부분적인 해결책으로 정부에서는 많은 종류의 농기계를 직·간접적인 지원 하에 지속적으로 공급하고 있다. 그러나 농민들의 중노동 기피와 편농육구는 대형·고성능 농기계를 선호하게 되고 이는 또 고액의 자본 투자를 유도하여 농가의 경영 수지를 더욱 악화시키고 생산비를 증가시키고 있는 실정이다.

* 농촌진흥청 연구관리국 연구조정과
 ** 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계 전공
 *** 경북대학교 농과대학 농업기계공학과
 **** 농촌진흥청 농업기계화연구소 시설기계과

이러한 시점에서 이 운용 등(1991)은 농기계 투입모형 설정 및 기계이용비용 분석연구에서 농가의 기후지대, 경영규모 등에 따라 부담면적을 기준하여 최소이용비용을 도출해 내는 적정 농기계 선정 컴퓨터 프로그램을 개발하여 각 농촌지도소에 보급하였고, 장 동일 등(1994)은 위탁영농을 위한 기계화 전문가시스템 개발에서 위탁영농이 필요로 하는 각종 기계화 관련자료, 영농규모별 기계화 체계 모형, 기종의 크기 및 수량 결정, 기계교체 분석, 기계화 영농 이용비용 등을 분석 하는 프로그램을 개발하여 농기계 기종별 제원 및 구입가, 손익분기 위탁수수료, 적정 기계화 체계별 이용비용, 선정농기계에 대한 최적교체주기 등을 제시하였다. 전문가시스템의 농업분야 적용은 일본의 中村光浩 등(1988)이 콤바인의 고장진단에 전문가시스템을 적용하였으며, 국내 조 성인 등(1994)도 포도의 주요병 관리와 경지정리 최적설계에서 전문가시스템을 이용하여 분석하였다.

본 연구에서는 이에 대한 제 1보로 최소이용비용으로 영농이 가능한 농기계를 선정하는 알고리즘을 구성하여 컴퓨터 프로그래밍 한 것을 중심으로 기술하였으며, 인공지능 이용 전문가 시스템 분야는 제 2보로 작성할 계획이다.

2. 재료 및 방법

가. 분석대상기종

벼농사를 작업 공정별로 살펴보면 육묘→경운·정지→이앙(직파)→시비·제초·방제·물관리→수확·운반→건조 등으로 분류되나 시비·제초·방제는 동력 분무기 및 살분무기로, 물관리는 인력에 의존하므로 국내 보급 기종을 대상으로 할 때 이런 공정에는 어떤 농기계를 선택할 것인가에 대해서는 선택의 여지가 많지 않아 분석 대상에서 제외하고 비교적 많은 종류의 농기계가 보급되어 있는 경운·정지, 이앙, 수확, 건조 작업에 대한 기종만을 분석 대상으로 하여 본체 기준 5기종 19형식으로 하였다. 본체

5기종 중 경운기의 경우 8, 10ps이 보급되고 있으나 그 차이가 미미하여 8~10ps을 10ps급으로 동일하게 취급하여 한 모델로 하였고, 트랙터는 20~100ps급을 10ps단위로 구분하였다. 이앙기는 4조 보행에서부터 6조 승용을 로터리 타입과 크랭크 타입으로 구분하여 4개 모델로 하였으며, 콤바인은 3조, 4조를 산물형과 자루형으로 구분하였다. 곡물 건조기는 21석, 36석, 45석, 60석을 대상으로하여 45석 모델의 경우 40~49석까지를, 60석 모델은 50~60석 까지로하여 분석하였다.

나. 분석 방법

적정 농기계의 선발방법은 1차적으로 적기작업기간내에 필요로 하는 면적을 영농할 수 있는 기종을 먼저 선발하고, 이들 기종중에서 농가의 경영 규모와 기후 지대, 그리고 농기계별 작업 성능 등을 고려하여 가장 경제적인 비용으로 영농이 가능한 기종을 선발하도록 하였다(그림 1).

다음은 2차적으로 기종별 기계적 특성인 에너지대사량, 회전 반경, 조작의 용이성, 구입 가격 및 용자한도액 등과 농가 개별 여건인 연령, 재산 정도, 해당 지역의 경지 정리 상태, 기계 작업 경력, 직파 작업률, 산물 처리 기반 등을 분석하여 지식 베이스를 기초로 작성한 규칙(Rule)에 따라 최종적으로 최적 기종을 선발해 내도록 하였다(그림 2).

3. 최소이용비용 농기계 선정 프로그램 개발

가. 분석요인 결정

(1) 부담 면적

부담 면적이란 작업 적기 내에 농기계가 처리할 수 있는 작업 능력의 상한선을 나타내는 것으로 농기계의 성능에 1일 작업 시간, 적기 작업 일수, 실작업률, 포장 효율, 작업가능일수 등을 고려하여 결정한다. 그러나 실제로 개개인의

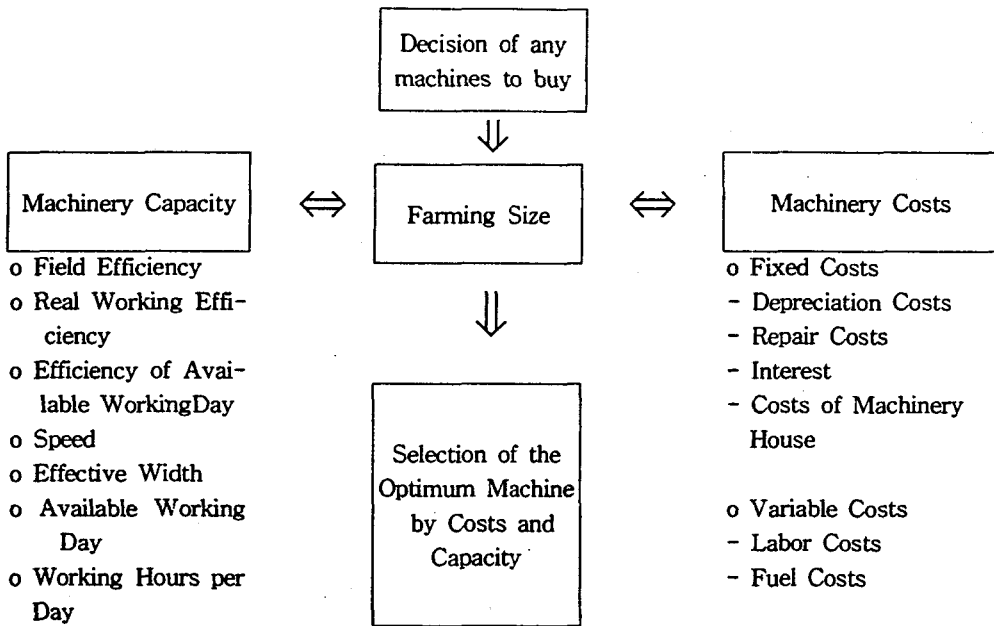


Fig. 1 The analysis flow of selecting economic farm machines by algorithm.

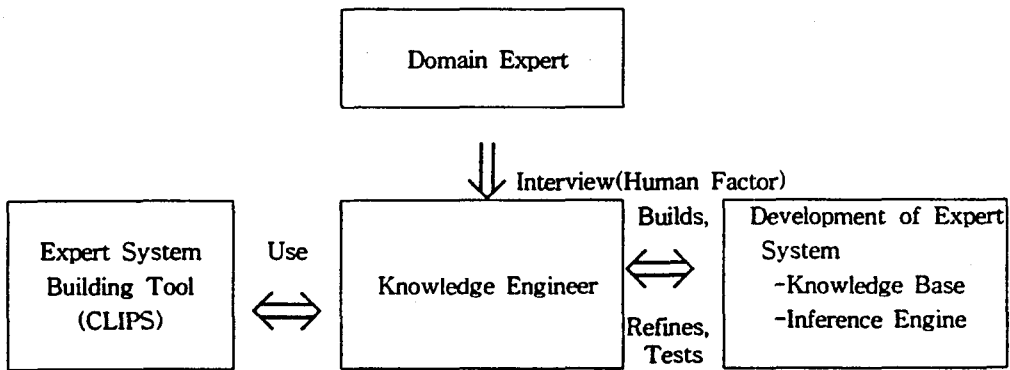


Fig. 2 The analysis flow of selecting optimum machines by expert system.

여건이나 지역, 기후 여건에 따라 이들 요인들은 달라질 수 있으나 작업 가능 일수 및 일수율, 포장 효율 및 실작업률, 기계 직진 속도 및 작업폭, 1일 작업 시간 등을 기준으로 하여 산출하였다.

(가) 포장 효율

포장 효율은 이론 작업량과 포장 작업량의 비로써 결정되는데 포장 작업량은 기계작업폭의 증첩, 단순한 고장으로 인한 응급 처치, 주유, 공회전시간, 포장 내 이동시간, 대기 시간, 자재

보급 시간등의 손실 시간으로 인하여 이론 작업량과 차이를 나타내게 된다.

따라서 이러한 차이를 보정하기 위하여 이론 작업량에 포장 효율을 곱하여 실제 작업 면적을 산출하나, 본 연구에서는 포장에서 실측한 작업 성능과 농업기계화연구소의 검사 성적을 직접 적용한 실제 포장 작업량을 이용하였다.

(나) 실작업률

실작업률은 1일 총 작업 시간에 대한 포장 내

작업 시간의 비율이며 이것은 작업기 착탈, 주유, 점검, 이동, 휴식 등으로 작업을 하기 위한 필수적인 시간이다. 이는 포장의 분산도와 작업자의 휴식 정도, 농기계 격납고에서 포장까지의 거리 등에 따라 달라지는데 이는 농업기계화연구소의 문헌을 (참고문헌 4) 참고하여 적용하였다.

$$E_u = \frac{T}{U} \times 100$$

E_u = 실작업률(%)

M = 포장내 작업총시간(h)

U = 1일 작업 총시간(h)

(다) 1일 작업 시간

1일 작업 시간은 작업별로 큰 차이를 갖는다. 경운 정지는 경우에 따라 아침 일찍부터 밤 늦게까지 강행하는 경우도 많은 반면 수확 작업은 이슬이 마른 다음 작업을 시작해야 하는 작업 특성 때문에 10시 이후에 작업을 시작하여 밤 늦게까지 작업을 하고 방제 작업은 인체 유해와 작업의 강도, 바람이 없고 건조한 시간이 작업 효과가 크게 나타나는 시기적인 제한 때문에 작업을 빨리 종료하는 경우가 많다. 그러나 이 연구에서 적용된 1일 작업 시간은 8시간으로 하였다.

(라) 작업 가능 일수 및 일수율

작물의 생육이나 수확량에 영향을 미치지 않고 작업이 가능한 기간의 일수를 적기 작업 일수 또는 작업 가능 일수라 한다. 작업 가능 일수율은 작업 가능 일수에 대한 실제 작업 일수의 비율로 나타내며 이는 기후나 농가 여건, 영농 지역에 따라 달라진다.

작업 가능 일수율은 적기 작업기간 중 실제 작업 가능 일수로 대부분 기후에 영향을 받으며 농가 개별 여건에 따라서도 달라질 수 있는 것이다. 작업 가능 일수는 남북으로 길게 뻗어 있는 우리나라의 지정학적 특성 때문에 지역별로 기상 조건이 큰 차이를 나타내므로 남한의 기후 지대를 9개 지대로 나누어 적기 작업 일수를 선

정하였고 일수율은 농업기계화연구소의 문헌을 (참고문헌 4) 적용하였다.

(2) 기계 이용 비용

농기계에 있어 경제성 분석은 그 특성에 따라 직접비와 간접비, 고정비와 유동비, 유지비와 노동비 등으로 분류할 수 있다. 또한 경영 주체의 특성에 따라 실제로 농기계의 이용 비용을 계산하는데 있어서는 이윤 추구에 목적이 있는 생산비 개념의 원가 계산 방식과 소득 추구에 목적이 있는 경영비 개념의 비용 계산 방식이 있다. 원가 계산 방식은 경영 주체의 경영 요소인 토지, 자본, 노동이 독립적으로 분리되어 기업 경영 방식을 채용할 경우에 주로 사용하고 비용 계산 방식은 소농의 가족 경영에서 토지, 자본, 노동이 분리되지 않은 경우에 주로 사용한다. 원가 계산 방식은 표준화된 비용을 적용하여 미래 비용 예측에 적합한 방식이며 비용 계산 방식은 실제 부담하게 되는 비용을 적용하는 방식으로 과거 비용 분석에 적합하다. 본 연구에서는 원가 계산 방식을 이용하여 고정비와 유동비를 비목별로 계산하고 그것을 최소화하는 기종을 선택토록 하여 가장 경제적으로 영농할 수 있는 기종을 1차 적정 선택 기종으로 하였다.

(가) 고정비

1) 감가상각비

감가상각비의 산출은 내구 연한을 근간으로 하여 산출하는 방법과 활용량을 근간으로 하여 산출하는 방법이 있다. 전자의 방법은 기계의 사용 정도보다 시간 경과에 따른 노후 등 가치 감소에 중점을 둔 것이고 후자는 가치 감소가 실제 사용량 정도를 나타내는 제품의 생산량 또는 사용 시간 등에 비례한다는 관점을 중시한 방법이다. 농기계의 비용 분석시, 시간 경과에 따라 분석하는 직선법의 경우는 매년 같은 액수로 감가상각을 할당하는 방법이기 때문에 기계 장비의 가치 저하가 초기에 많이 발생하는 특성을 반영하지 못하는 문제가 있으나 계산이 간편하고 정액이라는 특성 때문에 가장 일반적으로 쓰이는

방법이다. 그러나 우리 나라 농가의 대부분이 정부의 융자금 지원에 의해 농기계를 구입하고 있기 때문에 이자 비용도 함께 고려한 자본 회수 계수를 이용하였다.

$$DC = (p-s) \cdot \left[\frac{\gamma \cdot (1+\gamma)^n}{(1+\gamma)^n - 1} \right] + s \cdot \gamma$$

DC : 감가상각비(won)

p : 구입가(won)

s : 잔존가(won)

r : 융자금리(%)

n : 내구년수(yr)

2) 자본이자

농기계를 구입하는데 투자한 비용은 자기 자본이던 차입 자본이던 간에 비용으로 포함된다. 일반적으로 농기계 이용 비용 산출에는 계산이 편리한 단리의 평균 이자액을 사용한다. 그러나 본 연구에서는 감가상각비와 자본 이자를 자본 회수 계수를 이용하여 산정하였기 때문에 별도 적용은 하지 않았다.

3) 수리비

농기계는 구입후 고장이나 기능 저하로 인해 부품 교환이나 정비를 하게 된다. 이 비용은 기계의 취급 방법, 보관 및 일상 점검, 사용 시간 등에 따라 차이가 많고 기종에 따라 비용도 엄청난 차이를 갖게 된다. 일반적으로 작업기는 고장이 적은 반면 본체는 고장이 많다. 특히 콤팩트 인처럼 부속이 많고 복잡할수록 수리로 인한 부담은 커지게 된다. 보통 수리비 산정은 내구 연한을 통산하여 연평균 수리비로써 산정하는데, 본 연구에서도 기종별 연간 수리비계수를 이용하였다.

$$RC = \frac{(P \cdot TR)}{n} = P \cdot YR$$

RC = 연평균수리비(won)

P = 기계구입가격(won)

TR = 총수리비 계수

YR = 연간수리비 계수

n = 내구연한(yr)

4) 보관창고비

보관창고는 기계화영농단, 위탁 영농 회사, 그리고 부락 단위 공동 보관창고 등에 정부의 보조 및 융자 지원이 되고 있어 순수하게 자비로 건축하는 경우는 드물다. 그리고 창고의 건축 형태나 재료, 시공 방법에 따라 창고비는 달라지므로 일정하게 비용을 결정하기가 어려우나 여기서는 기계 구입 가격의 3%를 적용하였다.

5) 농기계 보험료

농기계 보험 제도는 농작업 상해 공제 및 농기계 종합 공제 등이 일부 시행되고 있으나 현실화되고 있지 않아 적용하지 않았다.

(나) 유동비

1) 인건비

인건비는 기계 작업의 경우 기계원과 보조원의 인건비를 구분하여 적용하였는데 기계원의 경우 보조원 인건비의 30%를 절상하여 고려하였으며 보조원은 농협조사월보의 전국 평균 가격을 적용하였다

$$LC = \frac{W \cdot H}{DH} (1.3ML + AL)$$

LC = 인건비(won)

W = 1일 보통인부 인건비(won)

H = 작업시간(h)

DH = 1일 작업기준시간(h)

ML = 기계원 수(man)

AL = 보조원 수(man)

2) 유류비 및 윤활유비

이 비용은 기종과 사용 시간에 따라 달라지는데 유류비는 기종별 규격별로 정부 검사 성적을 이용한 유류소비율을 적용하였다. 윤활유비는 측정이 어려워 통상적으로 연료비를 기준으로 하여 산정하고 있다. 구미에서는 연료비의 10~

15%를 적용하고 일본의 경우 30%를 표준으로 하고 있으며 우리 나라의 경우도 통상 30%를 적용하고 있으므로 본 연구에서도 유회유비를 유회비의 30%로 적용하였다.

$$FLC = FP \cdot WH \cdot FCR(1 + 0.3)$$

FLC = 유회비 및 유회유비(won)

FP = 연료가격(won)

WH = 작업시간(h)

FCR = 시간당 연료소비율(l/hr)

3) 전력비

동력원이 전력을 필요로 하는 기종의 경우 해당되는 것으로 농사용 전력을 적용하였다.

나. 프로그램 개발

부담면적 및 기계이용비용을 기준으로 하여 최소이용비용 농기계선정 프로그램을 C언어를 사용하여 개발하였다.

이는 경작자의 지역, 구입희망 농작업기, 타영 농작목과의 경합정도, 본인의 경작면적 및 임작업면적, 부락전체 담면적 및 농기계 보유규모, 해당지역의 임작업료등을 종합적으로 검토하여 가장 경제적으로 영농이 가능한 방법을 제시하고 농기계구입시 최소이용비용 농기계와 그때의 연간이용비용을 제시하도록 구성하였다(그림 3).

다. 실행 및 고찰

최소이용비용 컴퓨터 프로그램은 구동되면서 그림 4와 같은 초기화면을 제시하게 되고 메인 메뉴의 순에 따라 경작 지역, 구입 희망 농기계, 수도작의 타작목 재배 정도, 본인 경작 규모 및 예상되는 임작업 규모, 부락 전체 담 경작 규모 및 농기계 보유 규모를 입력하게 되면 1차적으로 농기계 구입 정보를 제시하고, 또 그 지역의 임작업료를 입력하면 최소 비용으로 영농이 가능한 방법을 제시하게 된다. 그리고 최종 구입 정

보를 선택하면 부담 면적을 기준으로 하여 부락에 현재 투입된 농기계의 정도와 임작업 의뢰 비용과 농기계 구입 이용 비용을 비교 진단해 주며 최종적으로 가장 경제적으로 영농이 가능한 기종을 선정해 준다(그림 5, 6). 그리고 시스템을 종료하게 되면 본 프로그램은 batch file에 의해 2차진단을 위한 전문가시스템을 가동시키면서 농가개별 영농환경 진단분야로 이동하도록 되어있다

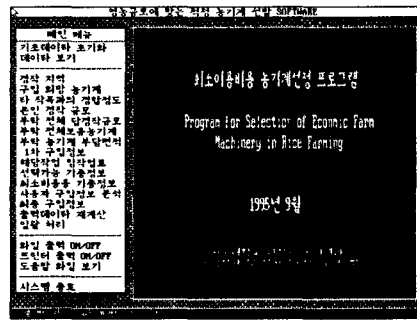


Fig. 4 Initial screen of program to select economic machine.

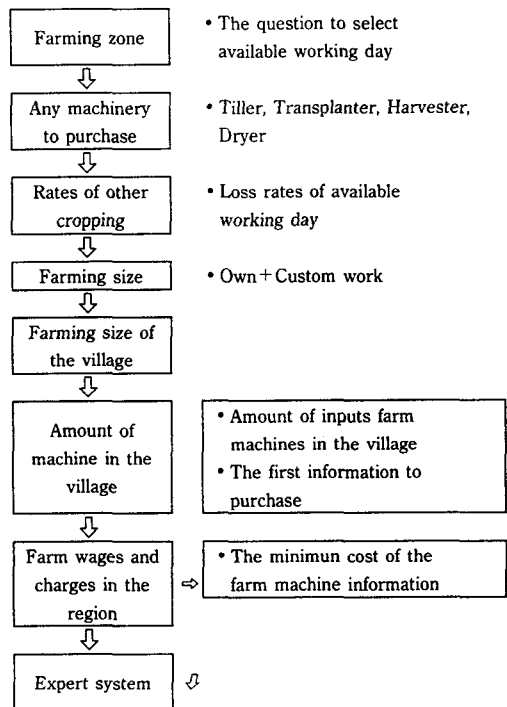


Fig. 3 The diagram of computer program to select optimum machine in cost.

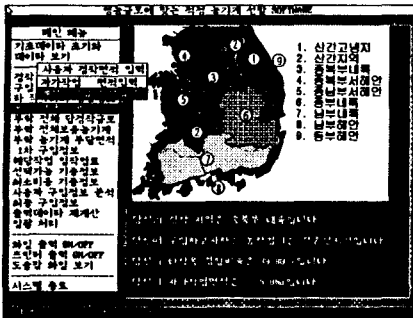


Fig. 5. Choice screen of custom farming size

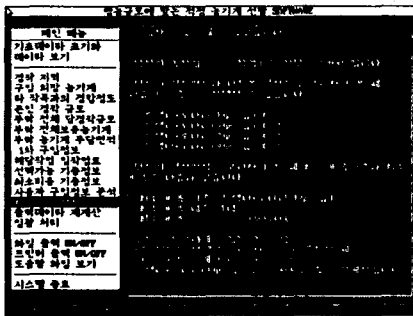


Fig. 6 Result screen of program to select economic machine.

4. 요약 및 결론

최소이용비용 농기계 선정 프로그램은 수도작 농기계중 경운기, 트랙터, 이앙기, 콤바인, 건조기 등 주요 농작업기 5기종에 대하여 국내 보급이 활발한 19개 형식을 대상으로 하여 개발되었다. 본 프로그램은 농가 개개인의 자가 및 임작업을 포함한 경작 규모와 농기계 기종별 작업 성능, 기계 이용 비용 등을 고려하여 농기계 부담면적이 경작 면적을 상회하는 기종 중에서 최소비용으로 영농이 가능한 방법 및 기종을 선별해내고 최종적으로 최소이용비용과 함께 기종을 제시토록 하여 농민이 최소비용으로 영농할 수 있도록 하였다. 그러나 이는 개별 농가가 처한 영농 환경은 전혀 고려되지 않아 직접 농민들이 이용하기엔 많은 문제점을 안고 있다. 즉 동일한 경작 규모를 가졌더라도 그 농가의 재산 정도나 필지 크기, 기계 작업 경력, 연령 등에 따라 적정 기종은 달라질 수 있기 때문에 본 컴퓨터 프로

그램만으로는 개별 농가의 영농 환경에 맞는 최적 기종을 선별해 낸다고는 볼 수 없다.

따라서 제 2보로 제시될 전문가 시스템에서는 1차적으로 도출된 최소 이용 비용 농기계에 농가 개별 여건을 고려하여 최적 기종을 도출해 내도록 하였다.

참고 문헌

1. 국립농업자재검사소 및 농업기계화연구소, 1986~1994. 농업기계검사연보
2. 김학규. 1995. 대규모 포장의 벼농사 일관기 계화체계에 관한 연구. 박사학위논문. 서울대학교 대학원
3. 농림수산부, 농업기계과, 1995. 업무자료
4. 농업기계화연구소, 1993. 농업기계화동향과 중점연구방향
5. 농업협동조합중앙회 조사부, 1995.2. 농협조사월보
6. 이운용, 김성래, 정두호, 장동일, 이동현, 최광재, 1991. 농기계투입모형설정 및 농기계 이용 비용 분석 연구. 농시논문 33(2) : 40~50
7. 이운용, 김성래, 정두호, 장동일, 이동현, 김유학, 1991. 농기계투입모형설정 및 농기계 이용 비용 분석 연구. 한국농업기계학회지 16(4) : 284~298
8. 장동일, 김성래, 김만수, 1994. 위탁영농을 위한 기계화전문가시스템 개발. 한국농업기계학회지 19(3) : 258~273
9. 정창주, 류관희, 조성인, 이종용, 정병호, 김주인, 1993. 농업기계의 이용효율 제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 개발연구(ZII). 농림수산부, 농어촌진흥공사
10. 정창주, 이남호, 조성인, 송창섭, 1994. 경지정리의 최적설계에 관한 연구. 농림수산부, 농어촌진흥공사
11. 조성인, 박은우, 1994. 포도 주요병 관리를 위한 전문가시스템 연구. 1993년도 학술연구과 제보고서

12. 최종백, 1994. 콤바인 부담면적 산출을 위한 시뮬레이션 모형개발. 석사학위논문. 서울대학교 대학원
13. 中村光浩, 1988. エモスパト 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).