

로지스틱함수법 및 Markov 전이모형법을 이용한 농업기계의 수요예측에 관한 연구

윤 여 두

Study on Demand Estimation of Agricultural Machinery by Using Logistic Curve Function and Markov Chain Model

Y. D. Yun

ABSTRACT

This study was performed to estimate mid and long term demands of a tractor, a rice transplanter, a combine and a grain dryer by using logistic curve function and Markov chain model. Field survey was done to decide some parameters for logistic curve function and Markov chain model. Ceiling values of tractor and combine for logistic curve function analysis were 209,280 and 85,607 respectively. Based on logistic curve function analysis, total number of tractors increased slightly during the period analysed. New demand for combine was found to be zero. Markov chain analysis was carried out with 2 scenarios. With the scenario 1(rice price 10% down and current supporting policy by government), new demand for tractor was decreased gradually up to 700 unit in the year 2012. For combine, new demand was zero. Regardless of scenarios, the replacement demand was increased slightly after 2003. After then, the replacement demand is decreased after the certain time. Two analysis of logistic curve function and Markov chain model showed the similar trend in increase and decrease for total number of tractors and combines. However, the difference in numbers of tractors and combines between the results from 2 analysis got bigger as the time passed.

Keywords : Logistic curve function, Markov chain model, Demand estimation, Tractor.

1. 서 론

우리 나라의 농업기계화사업은 정부주도로 추진되기 시작하여 지난 30년간 매우 빠른 속도로 진행되었다. 이에 따라 한국의 농업기계화는 선진국에서 50년에서 100년에 걸쳐 이룩할 성과를 달성하였다.

이러한 농업기계의 보급 확대는 부족한 농업노동력의 대체, 농업생산성 향상, 농가소득 증대, 농업인의 농업 중노동으로부터의 해방 등의 효과를 가져왔으며 주곡의 자급자족, 영농규모의 확대, 농업기계 관련 산업발전을 통한 국가 경제발전에도 간접적으로 기여하였다.

최근 WTO 협정에 따른 국내 보조금의 감축, 1995년 WTO 출범 이후 농산물 수입의 증가로 인한 국내 농

업의 위축, 쌀 생산 농가의 수익성 악화에 따른 농기계 구입 기피로 1998년 이후 농업기계 수요가 대폭 감소하는 추세이다.

정부의 농업기계화 자급에 의존하고 있는 농기계 수요는 지난 5년간 연평균 10~20% 감소하였다. 이러한 국내 농기계 시장의 침체현상은 우리 농업 여건상 상당 기간동안 지속될 것으로 예상된다. 이는 농기계산업의 위축뿐만 아니라 농기계 유통 및 사후 봉사에도 많은 문제를 야기시켜, 결과적으로 농업기계화사업에 큰 차질을 초래할 것으로 우려되고 있다.

한편 농기계 구입지원제도의 변화와 농기계 구입 시 농업종합자금제 도입 등이 농업기계화사업에 많은 어려움을 야기시킬 것이라는 비판이 제기되고 있으며, 최근 들어 농업 개방이 가속화되면서 농업기계

화를 통한 농업의 경쟁력 강화가 대단히 중요한 문제로 대두되고 있다.

이러한 시점에서 우리 나라 농업기계시장에서 핵심적인 요소인 농업기계의 수요 추정을 통해서 농업기계화의 발전적인 미래상을 그려보는 것이 필요하다.

본 연구는 수도작용 주요 기종인 트랙터, 승용이앙기, 콤파인, 곡물건조기 등 4개 기종을 대상으로 중장기 수요를 예측하기 위한 모형을 개발하고 로지스틱 함수법과 Markov 전이모형을 이용하여 수요를 예측하고, 이를 비교하여 상황별로 적절한 농업기계 수요를 제시하는데 있다.

2. 재료와 방법

그 동안 농업기계화 사업과 농업기계의 수요예측에 관한 연구는 많이 이루어져 왔다. 이 중에서 로지스틱 함수는 기계화 추세에 따른 농가의 농기계 수요성향을 잘 반영해 주는 추세성장함수의 하나로 최근 들어 농업기계의 수요예측을 위한 방법으로 많이 사용되고 있다.

한편, 최근 일반 산업분야에서는 수요예측 모형으로 Markov 전이모형을 이용한 연구가 증가하고 있다. 남찬기 외(2002)는 3G 서비스의 시장을 전망하기 위해서, Chin-Tsai Lin 등은 갑판사관(deck officer)의 직급별 연간 수요 및 공급량 추정을 위해 Markov 전이모형을 사용하였다.

본 연구에서는 로지스틱 함수법과 농가설문조사를 기반으로 한 Markov 전이모형을 이용하여 트랙터, 승용이앙기, 콤파인, 곡물건조기 등 4개 기종의 수요를 예측하였다.

가. 로지스틱 함수법

로지스틱 함수에 의한 농업기계 수요추정방법은 수요함수에 의한 추정방법의 변형 형태로 시간의 변화에 따른 농업인의 수요성향을 추세성장함수의 하나인 로지스틱 함수를 이용하여 수요를 추정하는 방법이다. 이 방법은 천정값의 설정이 어렵고, 수요에 영향을 미치는 복잡한 요인들을 오직 시간의 함수로만 나타내기 때문에 실제적으로 농기계의 수요에 영향을 미치는 변수들의 기여도를 파악하기가 힘든 단

점이 있으나 최근 들어 많이 사용된 방법이다.

로지스틱 함수에 의한 농업기계 수요예측 연구는 강정일 외(1996) 등이 있다. 여기에서는 K 값을 보급개시년도부터 1997년까지의 연말 보유대수를 기준으로 최소자승법(OLS)에 의해 결정하여 농업기계의 수요를 예측하였다.

농업기계 수요추정을 위한 로지스틱 함수는 보통 다음과 같은 모형이 사용된다.

$$Y_t = \frac{K}{1 + ae^{bt}}$$

Y_t : t 년도 보유대수

a : 상수

b : 증가율

t : 연도

K : 천정(ceiling) 값(완전기계화시 보유대수)

a, b, K 값의 결정은 연구자가 임의로 지정하거나 그 동안의 보유대수 추세를 기초로 통계적으로 분석하여 결정할 수 있다. 본 연구에서는 기종별로 보급개시년도부터 2002년까지의 실제 보유대수 자료를 기초로 하여 SAS 프로그램의 nlin procedure를 통하여 적절한 a, b, K 값을 추정하였다.

SAS 프로그램의 nlin procedure는 비선형모형의 모수들의 최소제곱 또는 가중최소제곱추정을 수행한다. 이 절차에서는 회귀 변수들의 간단한 목록대신 회귀 표현식을 지정해주고, 변수이름을 선언해야 하며, 모수의 초기치를 지정해주어야 한다. 본 연구에서 모수의 초기치는 천정값(K)과 상수(a)는 1로, 증가율(b)는 -0.1로 지정하였으며, method는 트랙터는 DUD method를, 나머지 기종은 Newton method를 지정하여 사용하였다.

농업기계의 수요는 신규수요와 교체수요의 합으로 볼 수 있다. 여기서, 신규수요는 로지스틱 함수법으로 결정된 연말보유대수를 이용하여 추정할 수 있다. 즉, 임의의 연도의 신규수요는 당해연도의 연말보유대수에서 당해연도 이전년도의 연말보유대수를 뺀 값이 된다.

교체수요는 해당년도에서 해당 기종의 사용연수 이전에 공급된 대수에서 발생된다고 볼 수 있다. 여기서, 사용연수는 농가조사를 통해 사용연수를 추정하였다. 또한, 사용연수 이전의 1개년도의 공급대수를 기준으로 하지 않고, 사용연수는 농가마다 편차가

발생하는 점을 감안하여 3개년도의 이동평균을 사용하여 산출하였다. 그리고, 최근 농가의 경영수지 악화 및 노령화 등으로 교체를 포기하는 농가도 발생하고 있는 점을 고려하여 교체시기가 도래한 농기계를 보유한 농가 중 실제로 교체구입을 하는 농가의 비율인 실교체율을 적용하였다. 여기서, 실교체율은 농업기계를 보유하고 있는 농가를 대상으로 보유 농기계가 노후화 되었을 때 교체구입할 것인지를 설문한 결과로 결정하였다.

본 연구에서는 최근 가장 공급대수가 많았던 시점에서 사용년수가 지난 해부터 실교체율이 일정한 비율로 증가하기 시작하며, 실교체율이 증가하기 시작한 년도로부터 사용년수가 지나면 실교체율이 100%가 되는 것으로 가정하였다.

이상과 같은 내용을 정리하여 교체수요를 모형화하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$RD = k_r \frac{\sum_{i=1}^L S_{L+i}}{3}$$

여기서, k_r : 실교체율(소수)

S_t : t 년도 이전의 공급대수(대)

L : 농업기계의 사용년수(년)

나. Markov 전이모형법

Markov 모형은 경영과 산업분야에서 의사결정 문제에 가끔 응용되는 특별한 종류의 확률 모형으로, 어떤 변수들이 가지고 있는 과거의 동적 특성을 분석함으로써 그 변수들의 미래에 있을 변화를 연속적으로 예측하기 위한 수학적 기법이다.

Markov 모형이 사용되는 몇 가지 문제로서는 상표 바꾸기, 고객계정수취행위, 기계유지 및 작업특성, 재고 및 대기문제, 검사 및 대체분석, 그리고, 수자원 분석 등을 들 수 있는데, 최근에는 수요예측 모형으로써 Markov 모형을 사용하는 연구가 많이 시도되고 있다.

Markov 모형은 바로 이전 단계의 시스템 상태에 의해서만 현재의 시스템 상태가 영향을 받고 그 이전의 상태에 의해서는 전혀 영향을 받지 않는 Markov Chain이라는 확률과정을 가정하고 있다. 이러한 시스템의 현재상태가 이전의 모든 상태에 의존하는 확률과정으로 알려진 일반적인 확률모형의 특수한 경우

이다.

이러한 Markov 모형의 특성은 농업기계의 수요를 예측하는데 있어서 장점으로 작용하는데 이는 농업기계 수요가 그 동안의 공급추세와는 상관없이 구입지원정책이나 농업여건 등 당해 년도의 여건에 따라 많이 좌우되기 때문이다. 농업기계의 수요가 그 동안의 공급 추세와 상관없이 많이 변화한 예는 반값공급이 끝난 1998년도에 소형기종의 수요가 전년에 비해 급감한 것을 들 수 있다.

Markov 모형은 시스템 상태와 시스템간의 이동확률을 의미하는 전이확률로 구성된다. 시스템 상태란 기계가 작동을 하는지, 농기계를 보유하고 있는지 등을 의미하고, 전이확률은 시스템이 특정 기간 동안 한 상태에서 다른 상태로 이동할 확률을 의미한다.

농업기계의 수요예측을 위한 Markov 전이모형에서는 시스템 상태를 4가지로 설정하였다. 일정시점에서의 농가 중에는 우리가 관심을 가지는 농업기계를 보유하고 있는 농가가 있고, 그렇지 않은 농가가 있다. 또, 농업기계를 보유하고 있는 농가들은 보유 농업기계가 노후화되었을 때 교체 구입하려는 농가와 이제 더 이상 농업기계를 구입하려고 하지 않는 농가로 나눌 수 있다. 전자에 속하는 농가들의 상태를 S_1 이라 하고, 후자에 속하는 농가들의 상태를 S_2 라고 하자.

한편, 농업기계를 보유하고 있지 않은 농가도 앞으로 농업기계를 구입하려는 의사가 있는 농가가 있을 것이고, 계속 구입하지 않으려는 농가도 있을 것이다. 구입할 의사가 있는 농가들의 상태를 S_3 이라 하고, 계속 구입하지 않을 농가들의 상태를 S_4 라고 하자.

S_1 에 속하는 농가들은 다음 시점에서도 계속적으로 농업기계를 보유하고 있으며, 또 농업기계를 교체 구입하려는 의사도 변함이 없는 것으로 가정할 수 있다. 즉 S_1 에 속하는 농가들은 계속 S_1 상태를 유지한다.

일정시점에서 S_2 에 속하는 농가들의 농업기계 폐기행위는 동시에 발생하지 않을 것이며, 그 중 일부분의 농가에서만 발생하게 된다. 따라서, 그 다음 시점에서는 S_2 에 속하는 농가 중 일부분은 농업기계 미보유 상태로 전환되겠지만 나머지는 계속 S_2 상태를 유지하게 된다. 여기서, 미보유상태로 전환

된 농가들은 향후 농업기계를 구입할 의사가 없다고 볼 수 있기 때문에 S_4 상태로 전환된다고 볼 수 있다.

S_3 에 속하는 농가들의 농업기계 구입행위는 S_2 에 속하는 농가들의 농업기계 폐기행위와 마찬가지로 일정 시점에서 농업기계를 구입하는 농가와 그 이후 시점에서 농업기계를 구입하는 농가로 나누어 볼 수 있을 것이다. 여기서, 전자에 속하는 농가들은 그 이후 시점에서 S_1 상태로 전환될 것이고, 후자에 속하는 농가들은 계속 S_3 상태를 유지할 것이다.

S_4 상태에 속하는 농가들은 다음 시점에서도 계속적으로 농업기계를 보유하지 않으며, 또 농업기계를 구입하려는 의사도 없다고 가정할 수 있으므로 계속 S_4 상태를 유지한다고 볼 수 있다.

이상에서 4가지 상태가 시점의 변화에 따라 각 어떤 상태로 변화하는 지를 살펴보았는데, 이를 그림으로 나타내면 Fig 1과 같다. Fig 1에서 p_{ij} 는 i 상태에서 j 상태로 전환할 확률을 의미한다. 앞에서의 조건에 따르면 p_{11} 과 p_{44} 는 1이 된다. 그리고, 상태 S_2 와 S_3 에서 다른 상태로 전이될 확률인 p_{22} , p_{24} , p_{31} , p_{33} 과 초기상태에서의 S_1 , S_2 , S_3 , S_4 에 속하는 농가들의 비율은 농림부의 통계자료와 농가조사를 통하여 구하였다.

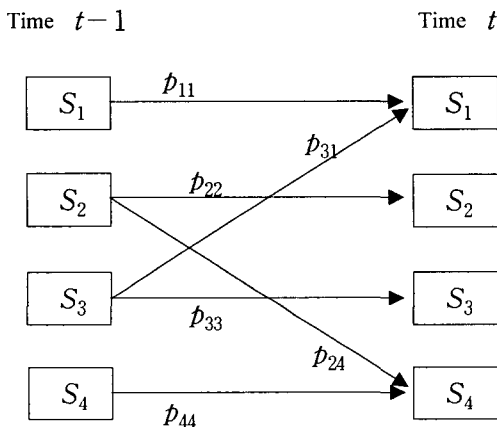


Fig. 1 State change of agricultural machinery buyers.

여기서, 전이확률 p_{22} , p_{24} , p_{31} , p_{33} 은 농업의 여건이나 농기계 구입지원 조건에 따라 달라질 것이다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 Table 1에서 보는 바와 같이 농기계 구입지원 조건 및 시장개방에 따른 쌀가격의 변화에 따라 2개의 시나리오를 상정하고

각각의 조건 아래에서의 전이확률을 구하여 적용하였다

한편, Fig 1에서 p_{ij} 는 Markov 전이모형에서의 전이확률이 되며 이를 Markov 전이행렬로 나타내어 모형화하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} S_1^t \\ S_2^t \\ S_3^t \\ S_4^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & p_{31} & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 \\ 0 & p_{24} & 0 & p_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1^{t-1} \\ S_2^{t-1} \\ S_3^{t-1} \\ S_4^{t-1} \end{bmatrix}$$

Table 1 Conditions of senario I and senario II

Item	Support policy when buying agricultural machine	Rice price
Senario I	Same as present (70% Loan)	10% down
Senario II	30% subsidy	Same as present

이 식은 t 년과 $t-1$ 년도의 전체 농가수가 같을 경우이다. 그런데, 우리 나라의 농가수는 갈수록 감소하는 추세를 보이고 있으며 이러한 현상은 앞으로도 지속적으로 나타날 것으로 예상된다. 이것은 농업기계의 수요층이 감소하는 것으로 볼 수 있으며, 농업기계의 수요추정에 있어서 이러한 수요층의 감소를 고려하기 위하여 농가 수의 감소를 고려하였다. 농가의 자연 감소율(γ)을 고려한 Markov 전이모형은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} S_1^t \\ S_2^t \\ S_3^t \\ S_4^t \end{bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & p_{31} & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 \\ 0 & p_{24} & 0 & p_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1^{t-1} \\ S_2^{t-1} \\ S_3^{t-1} \\ S_4^{t-1} \end{bmatrix}$$

농가의 자연감소율 γ 의 값은 농가수의 감소추세가 자연지수 함수를 따르는 것으로 가정하고, 이 자연지수 함수 모형의 계수를 구하여 결정하였다. 자연지수 함수의 모형은 우리 나라에서 농가호수가 가장 많았던 1967년부터 2002년까지의 농가수에 대한 자료를 이용하였으며 모형의 계수에 대한 추정은 Microsoft Excel을 이용하여 추정하였다. 농가의 자연감소율을 추정하기 위한 모형은 다음의 식과 같다.

$$F = ce^{dt}$$

여기서, F : 농가수(호)
 c, d : 상수

Markov 모형에서 농업기계 수요는 로지스틱 함수법에서와 마찬가지로 각각 신규수요와 교체수요로 나뉘어져 구해진다. 신규수요는 농업기계를 보유하고 있지 않다가 새로 구입하는 농가이기 때문에 상태 S_3 에서 상태 S_1 으로 전환된 농가수가 된다. 시점 t 에서의 신규수요를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$ND^t = p_{31} \cdot SD_3^t$$

SD_3^t : t 시점에서 상태 S_3 에 속하는 농가수(호)

한편, 교체수요는 상태 S_1 을 유지하고 있는 농가 중에서 발생하게 된다. 이들 농가들 중에서 일정 시점에서 교체구입을 하는 비율(교체비율, k_L)은 그 시점으로부터 사용년수 이전에 공급된 농업기계의 대수에 영향을 받는다. 따라서, t 년도의 교체수요는 S_1 에 속하는 농가수에 교체비율을 곱하여 준 값이 된다.

$$RD^t = k_L \cdot SD_1^t$$

$$k_L : \text{교체율} = \left(\frac{S_{t-L-1} + S_{t-L} + S_{t-L+1}}{3 \cdot \sum_{i=1}^L S_{t-i}} \right)$$

SD_1^t : t 년도에 상태 S_1 에 속하는 농가수(호)

농업기계의 수요는 신규수요와 교체수요의 합이므로 t 년도의 수요는 다음과 같다.

$$TD^t = ND^t + RD^t = p_{31} \cdot SD_3^t + k_L \cdot SD_1^t$$

다. 농가조사방법

본 연구에서 로지스틱 함수법에서의 실교체율(k_r) 및 Markov 전이행렬의 각 확률(p_{ij}), 농업기계의 사용년수(L) 등은 농가조사를 통하여 구하였는데, 조사의 정확도를 높이기 위하여 조사대상 농가를 작목별로 또 영농규모별로 구분하여 조사하였다. 트랙터는 수도작 뿐만 아니라 시설, 축산, 과수에서도 사용되기 때문에 각 작목별로 영농규모를 대, 중, 소의 3단계로 구분하여 조사하였으며, 이앙기, 콤팩트인, 곡물건조기는 수도작에서만 사용되기 때문에 수도작 농가만을 대상으로 영농규모별로 조사하였다. 이러한 경영규모별 구분은 조사의 정밀도 향상을 도모하기 위해서도 필요하며, 또한 경영규모에 따라 농업기계의 이용도도 차이가 나고 이에 따라 농업기계의 사용년수도 차이가 나기 때문에 더욱 필요하다.

Table 2에 작목별로 대, 중, 소규모의 구분이 되는 경영규모를 나타내었는데, 이러한 구분은 해당 작목의 전문가들에게 자문을 구하여 정하였다.

농가조사에서 표본수의 크기는 농가조사에 필요한 인력 및 비용을 고려하여 유의 선정하였으며 조사된 표본수는 다음의 Table 3과 같다. 표본수는 기종별로 다르게 배분하였는데, 트랙터의 표본수는 수도작 뿐만 아니라 축산, 시설, 과수에서도 사용되기 때문에 수도작으로만 사용되는 이앙기·콤바인·곡물건조기의 표본수보다 많이 배분하였다.

Table 2 Classification by crop and farmsize

Item	Small	Medium	Large	
Rice farming	Less than 2 ha	2~7 ha	Over 7 ha	
Protected farming	Less than 2,000 pyeung	2,000~3,000 pyeung	Over 3,000 pyeung	
Livestock farming	Pig	Less than 100 heads	100~1,000 heads	Over 1,000 heads
	Beef cattle	Less than 50 heads	50~ 200 heads	Over 200 heads
	Dairy cattle	Less than 50 heads	50~ 200 heads	Over 200 heads
Orchard	Less than 0.7 ha	0.7~ 1 ha	Over 1 ha	

1 pyeung = 3.3 m²

Table 3 Number of surveyed samples by size

(Unit : Households)

Item		Small size	Medium size	Large Size	Total
Tractor	Rice farming	43 (10)	51 (40)	17 (16)	111 (66)
	Protected farming	21 (12)	6 (3)	9 (8)	36 (23)
	Livestock farming	25 (13)	15 (9)	7 (6)	47 (28)
	Orchard	18 (11)	5 (4)	13 (6)	36 (21)
	Subtotal	107 (46)	123 (56)	46 (36)	230 (138)
Riding-type rice-transplanter		43 (14)	51 (38)	17 (13)	111 (65)
Combine		43 (-)	51 (21)	17 (12)	111 (33)
Grain dryer		43 (5)	51 (16)	17 (8)	111 (29)
Total		236 (65)	230 (131)	97 (69)	563 (265)

Numbers in () are samples which have agricultural machinery.

한편, Markov 전이모형에서의 상태는 농업기계 보유농가와 미보유농가를 구분하여 적용하도록 되어 있다. 따라서, 농가조사에서도 농업기계 보유 농가와 미보유 농가를 구분하여 조사하였다. 즉, Table 3에서 주어진 표본들을 2000년 농업총조사 결과 나타난 영농규모별 농업기계 보유율과 근접하도록 농업기계 보유 유무를 구분하여 조사하였다. 단, 트랙터의 경우 시설, 축산, 과수 농가도 조사대상이 되는데 이들 작목에서는 따로 농업기계 보유율을 조사한 자료가 없기 때문에 이들 작목도 수도작의 트랙터 보유비율을 그대로 적용하여 표본을 배분하였다. 각 작목별, 영농규모별로 조사된 농업기계 보유 농가수는 Table 3에서 ()안에 표시하였다.

조사지역은 경기, 충남, 경북, 전남의 4개 도를 유의선정한 후 각 도에서 산간지, 중간지, 평야지의 지대별로 각 1개 시군을 무작위 선정하였다. 조사기간은 2003년 8월 11일부터 8월 23일까지였으며 조사방법은 현지 설문조사 및 전화 설문조사를 병행 실시하였다.

농가조사의 주요 내용은 향후 농업기계 구입의사, 현재 사용중인 농업기계 예상사용년수 등이었다. 농가조사는 층별로 이루어졌으므로 로지스틱 함수 모형이나 Markov 전이모형에 적용되는 k_r , p_{ij} , L 값은 다음과 같이 해당 층의 농가 수를 가중 평균하여 적용하였다.

$$k_r = \frac{\sum_{k=1}^n k_r \cdot N_k}{N}$$

$$p_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n p_{ijk} \cdot N_k}{N}$$

$$L = \frac{\sum_{k=1}^n L_k \cdot N_k}{N}$$

k_r, p_{ijk}, L_k : k 번째 층에서 조사된 k_r, p_{ij}, L 값

n : 층수

N_k : k 번째 층의 모집단수

N : 전체 모집단수(= $\sum_{k=1}^n N_k$)

3. 결과 및 고찰

가. 로지스틱 함수법에 의한 수요 예측

로지스틱 함수법을 이용하여 농업기계의 수요를 추정한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다.

천정값(K)은 트랙터 209,280대, 승용이앙기 58,393대, 콤바인 85,607대, 건조기 72,002대로 추정되었으며 콤바인의 2002년도말 보유대수는 87,441대로 이미 천정값을 넘어섰기 때문에 콤바인의 신규수요는 없다고 볼 수 있다.

Table 4 Estimation of coefficient of logistic model

Item	Ceiling (K)	Constant (a)	Increasing ratio (b)
Tractor	209,280	9,564	- 0.3381
Riding-type rice-transplanter	58,393	79.5	- 0.2951
Combine	85,607	942.5	- 0.3809
Grain Dryer	72,002	953.6	- 0.2889

보급속도를 나타내는 증가율(b)값은 콤바인이 - 0.3809로 트랙터, 이앙기, 곡물건조기 등에 비해 커서 다른 기종보다 빠른 속도로 보급되었음을 알 수 있다.

추정된 로지스틱 함수를 이용하여 2003년 이후의 기종별 보유대수를 추정한 결과 트랙터의 경우 보유대수는 1991년 5만대 수준에서 2002년 20만 6천대 수준으로 증가되었으며, 2007년에는 20만 7천대, 2012년에는 20만 9천대 수준으로 조금씩 증가할 것으로 전망되었다.

추정한 보유대수를 기준으로 기종별 신규수요를 추정하면 트랙터는 2003년에는 2천대 가까운 신규수요가 발생하나 2012년에는 약 100대 수준을 추정하면 트랙터는 2003년에는 2천대 가까운 신규수요가 발생하나 2012년에는 약 100대 수준의 신규수요만이 발생할 것으로 보인다. 콤바인의 경우는 2002년도의 보유대수가 이미 천정값을 초과하였기 때문에 신규수요는 없는 것으로 간주하였다.

트랙터의 교체수요는 2003년에서 2006년까지는 약 8천대 수준을 유지하다가 2008년부터는 조금씩 증가하여 2011년에는 1만 1천대의 교체수요가 발생한 후 다시 감소할 것으로 전망되었다. 콤바인의 교체수요는 2008년에 잠깐 증가할 것으로 예상되나 전반적으로 감소하여 2011년 이후에는 3천대 미만의 교체수요가 발생할 것으로 전망되었다.

4개 기종의 신규수요와 교체수요를 합하여 농업기계의 총수요를 예측한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다.

트랙터의 수요는 2003년에 1만대에서 약간씩 감소하다가 2008년에서 2011년 사이에는 1만대~1만1천여대 수준으로 다시 증가한 후 2012년부터는 다시 감소할 것으로 전망되었다.

Table 5 Estimation of total demand of agricultural machinery by logistic model (Unit : ea)

Year	Tractor	Riding-type rice-trans.	Combine	Grain dryer
2003	10,000	4,712	3,559	3,408
2004	9,735	4,577	3,242	3,230
2005	9,091	4,451	3,246	3,112
2006	8,721	4,231	3,414	3,157
2007	8,971	3,999	3,454	3,206
2008	10,151	3,991	3,956	2,869
2009	11,368	3,964	3,483	2,587
2010	10,473	3,951	3,350	1,999
2011	11,312	4,038	2,331	1,842
2012	10,007	4,130	2,094	1,718

콤바인은 교체수요만 발생할 것으로 예상되었는데 2003년에 3천 5백여 대가 공급된 이후 지속적으로 감소하여 2011년 이후에는 3천 대 미만이 공급되는데 그칠 전망이다.

2002년도의 트랙터, 승용이앙기, 콤바인, 곡물건조기의 정부유자 지원 공급대수는 각각 10,494대, 4,896대, 3,555대, 2,508대였다. 로지스틱 모형으로 예측한 2003년도의 수요는 트랙터, 승용이앙기, 콤바인, 곡물건조기가 각각 10,000대, 4,712대, 3,559대, 3,408대로 나타나 트랙터와 이앙기는 약간 적게, 콤바인은 비슷하게, 곡물건조기는 다소 많게 추정되었다. 곡물건조기의 수요가 많게 추정된 것은 수요예측의 최초년도인 2003년의 신규수요가 많이 추정되었기 때문으로 생각된다.

나. Markov 전이모형에 의한 수요예측

Markov 전이모형에 의한 농업기계의 신규수요의 추정결과를 보면, 시나리오 I의 조건에서는 콤바인의 신규수요는 없는 것으로 나타났으며, 트랙터와 곡물건조기의 신규 수요는 지속적으로 감소하여 2012년에는 700여 대 수준으로 감소할 것으로 전망되었다.

Table 6 Estimation of total demand of agricultural machinery by Markov model

(Unit : ea)

Year	Tractor		Riding-type rice-transplanter		Combine		Grain dryer	
	S - I	S - II	S - I	S - II	S - I	S - II	S - I	S - II
2003	9,343	14,877	4,474	5,645	3,471	5,181	2,742	3,812
2004	9,705	15,045	4,925	6,093	3,270	4,873	3,129	4,256
2005	9,618	14,562	5,447	6,588	3,405	5,035	3,569	4,744
2006	9,675	14,291	5,755	6,810	3,709	5,412	4,208	5,447
2007	10,223	14,698	6,036	6,987	3,910	5,630	4,798	6,049
2008	11,889	16,533	5,866	6,673	4,756	6,718	4,822	5,929
2009	13,714	18,436	5,548	6,567	4,315	5,989	4,307	5,192
2010	13,215	17,262	5,355	6,583	3,995	5,503	3,200	3,876
2011	14,011	17,650	5,411	6,960	3,701	3,835	2,866	3,451
2012	11,499	14,318	5,704	7,183	2,897	3,530	2,564	3,082

시나리오 II의 조건에서의 신규수요도 시나리오 I에 비해 숫자상으로는 증가하나 전체적인 경향은 감소하는 경향을 나타내었다. 트랙터와 승용이앙기는 2003년 각각 약 3천 6백 대와 약 3천 대의 신규수요가 발생하여 2012년에는 두 기종 모두 약 1천 5백 대로 줄어들 것으로 전망되었다. 시나리오 I의 상황에서는 신규수요가 없던 콤바인은 시나리오 II의 상황에서는 매년 200~300여 대의 신규수요가 발생할 것으로 전망되었으며, 곡물건조기는 2003년 1천 8백 여 대 정도의 신규수요가 발생한 후 점차 감소하여 2012년에는 1천 1백여 대 수준으로 감소할 것으로 전망되었다.

한편, 농업기계의 기종별 교체수요의 추정결과를 보면 승용이앙기 이외에는 기종이나 시나리오와는 상관없이 2003년 이후 조금씩 증가하다가 일정시점 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 교체수요가 그 동안 각 연도별로 공급된 대수에 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다. 즉 어느 해에 공급대수가 많았다면 그 시점으로부터 사용연수가 지난 시점에서의 교체수요는 당연히 많이 발생할 것이기 때문이다. 그리고 승용이앙기는 전체적으로 교체수요가 증가하는 것으로 나타났는데 이는 아직 신규수요가 많은 편이고 사용년수도 6.9

년으로 다른 기종보다 짧기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 시나리오별로는 시나리오 II일 때가 시나리오 I일 때보다 실 교체율이 높기 때문에 교체수요가 더 많게 나타났다.

다. 수요예측 결과 비교

로지스틱 모형과 Markov 전이모형을 이용하여 트랙터와 콤바인의 수요를 추정된 결과를 Fig 2과 Fig 3에 나타내었다. 로지스틱 함수와 Markov 모형을 이용하여 수요예측한 결과를 비교해 보면 연도별 수요의 변화형태는 2007년 이전에는 약간의 차이가 있으나 2007년부터는 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 2007년 이전에는 로지스틱 함수법에서는 기종에 상관없이 대체로 감소하는 경향을 나타내었으나, Markov 모형에서는 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 로지스틱 함수법에서는 신규수요가 빠른 속도로 감소하나 Markov 모형법에서는 신규수요의 감소가 로지스틱 함수법에서 만큼 크지 않기 때문이므로 생각된다. 그리고, 각 방법별 수요차이는 신규수요가 적은 트랙터와 콤바인에서는 그 차이가 적으나 신규수요가 어느 정도 발생하는 승용이앙기

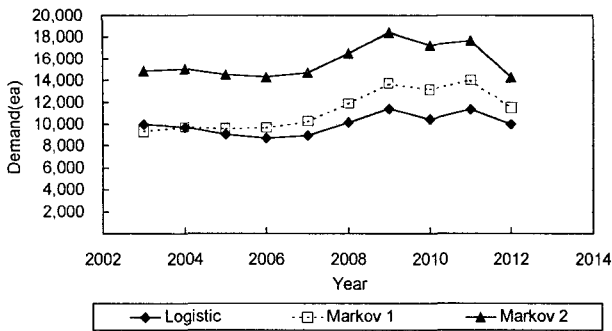


Fig. 2 Comparison of tractor demand estimated by logistic and Markov model.

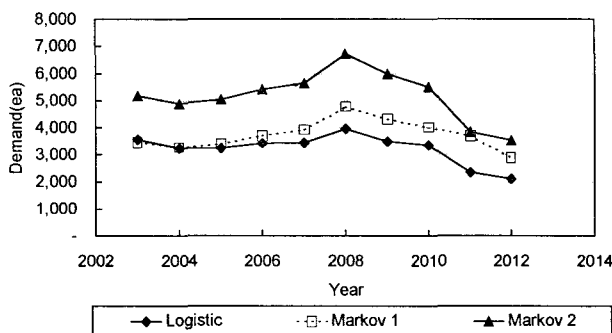


Fig. 3 Comparison of combine demand estimated by logistic and Markov model.

와 곡물건조기에서는 그 차이가 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

한편, 두 가지 수요추정 방법에서 모두 수요가 증가하였다가 감소하는 현상을 보이는 것은 1990년대 중후반에 농업기계가 많이 보급되었는데, 이 시기에 공급된 농업기계의 교체시기가 도래함에 따라 교체 수요가 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 농업기계의 수요 추정을 통하여 농업기계화 사업을 전망하고 발전적인 대처방향을 제시하고자 수도작용 주요 기종인 트랙터, 승용이앙기, 콤파인, 곡물건조기 등 4개 기종을 대상으로 중장기 수요를 예측하기 위한 모형을 개발하고, 상기 4개 기종의 수요를 로지스틱 함수법과 Markov 전이모형을 이용하여 예측하였으며 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 로지스틱 함수법을 이용하여 추정된 트랙터의 수요는 2003년의 1만 대 이후 감소하다가 2007

년부터는 다시 증가하여 2008년부터 2012년까지 1만 대에서 1만 1천여 대 수준으로 수요가 발생할 것으로 전망되며, 승용이앙기의 수요는 2003년의 약 4천 7백여 대를 최고로 하여 지속적으로 감소하여 2012년에는 4천 1백대 정도만 공급될 것으로 전망되었다. 콤파인의 수요는 신규수요는 없이 교체수요만 발생할 것으로 예상되었으며, 곡물건조기는 2003년 3천 4백여 대가 공급된 이후 계속 감소하여 2012년에는 1천 7백여 대 정도 공급될 것으로 전망되었다.

(2) Markov 모형을 이용하여 수요를 추정된 결과, 각 시나리오별로 트랙터는 각각 약 9천 대 및 1만 5천 대 수준으로 공급된 후 1만 4천여 대 및 1만 8천여 대 수준까지 증가한 이후 다시 감소할 것으로 전망되었으며, 승용이앙기는 2003년 약 4천 5백 대 및 5천 6백 대가 공급된 후 2007년에 약 6천 대 수준까지 증가하였다가 그 이후 다시 감소하기 시작하거나 2012년에는 7천 대 이상이 공급될 것으로 전망되었고, 콤파인은 2003년에는 각각 약 3천 5백 대 및 5천 대 수준이며, 이후 2008년에 각각 4천 7백 대 및 6천 7백 대까지 증가한 후 조금씩 감소할 것으로 전망되었고, 곡물건조기는 2003년에 2천 7백 대 정도 공급되며, 그 이후 2007~8년 각각 4천 8백 대 및 6천여 대로 증가한 후 다시 감소하여 2012년에는 각각 2천 5백 대 및 3천 대 수준으로 공급될 것으로 전망되었다.

참 고 문 헌

1. 강정일. 1996. 농업기계화의 전망과 정책과제, 농정연구포럼 월례세미나 발표논문.
2. 금동혁 외. 2001. 21세기 농업기계화사업의 장기 비전과 발전전략, 농림부. pp. 76-85.
3. 김경옥. 1990. 농업기계의 국내 수요 전망, 농업구조 조정과 농업기계화 추진방향, 한국농업기계학회 주최 토론회. pp. 17-32.
4. 노상하, 박원규, 금동혁, 한원식. 2003. 국내외 농업기계화 정책, 한국농업기계학회 하계학술대회 논문집. pp. 3-40.
5. 농림부. 각 연도, 농림통계연보.
6. 농촌진흥청 농업기계화연구소. 2002. 농업기계 수요동향 및 중고농기계 유통실태. pp. 4-54.

7. 류관희 외. 1994. 농기계산업의 발전방향에 관한 연구, 한국농업기계학회.
8. 박호석 외. 1982. 농기계 고장 및 수리용 부품 소요기준에 관한 연구, 농업기계화연구소 시험연구 보고서.
9. 현공남. 1981. 경운기 수요함수 추정과 수요예측, 농촌경제. 4(4).
10. Ahn, Duck-Hyun. 1992. Relationships between Farmland Structure and Machinery Operation - The Case for Korea, Unpublished Ph.D. Dissertation, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.