

자동착유시스템의 투자효과 분석*

김운호^a · 손찬수^a · 김미옥^a · 정구현^{b**}

^a농촌진흥청 기술경영과(경기도 수원시 서둔동)

^b경기도농업기술원(경기도 연천군 신서면 도신4리)

국문요약

본 연구는 자동착유시스템 도입에 따른 농가의 투자효과 분석을 통해 자동착유 시스템을 신규로 도입하려는 농가의 적합성 조건 등을 파악하는데 있다. 고전적 투자분석방법인 NPV는 모든 농가에서 동일하게 142백만원의 투자효과가 있는 것으로 분석되었다. 실물옵션을 이용해 분석한 결과 옵션의 가치는 기본분석에서 12,304천원, 낙관적인 경우 13,415천원 그리고 비관적인 경우는 11,336천원으로 분석되었다. 따라서 e-NPV의 값은 각각 153,826천원, 154,937천원, 152,858천원으로 분석되었다. 퍼지실물옵션에 의한 투자효과를 살펴보면 먼저, 옵션의 가치는 기본분석에서 11,993~19,968천원, 낙관적인 경우 13,090~21,449천원 그리고 비관적인 경우에는 11,051~18,313천원으로 각각 분석되었으며, e-NPV의 값은 각각 153,515~161,489천원, 154,612~162,970천원, 152,573~159,835천원으로 분석되었으며, 투자효과의 가치가 단일 값이 아닌 구간으로 설정해 유동적인 자본투자 기대효과를 그대로 반영하고 있는 것을 알 수 있다.

주요어: 자동착유시스템, 실물옵션, 퍼지실물옵션모델

* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907138)의 지원에 의해 이루어진 것임

** 교신저자(정구현) 전화: 031-229-6181; e-mail: jgh1324@gg.go.kr
486-803) 경기도 연천군 연천읍 경기도농업기술원 소득자원연구소

1. 서론

낙농경영에서 착유과정은 다른 작업과 달리 일을 연기하거나 대체하기가 곤란하며, 매일 2회 이상 사람이 직접 작업을 해야 하는 힘든 노동이다. 특히, 고능력우(15,000kg/년(305일))의 출현으로 1일 2회 실시하던 착유작업이 이제는 3~4회 이상으로 늘려주어야 할 필요성이 대두되고 있으며, 인건비 인상 등에 따라 낙농경영의 효율화를 위해서 노동력 대체 방안 마련이 절실히 요구되고 있다.

자동착유시스템(Automatic Milking System)은 1990년대 초에 개발되었으며 현재 선진 낙농국을 중심으로 30여 국가에서 16,000~18,000대(2009년 기준 추정)가 보급되어 활용되고 있으며, 국내에는 2006년 2월 경기 화성(또나따목장, '06. 4.27일 가동)을 시작으로 현재('10년) 40여 개가 설치되어 사용되고 있다. 향후에는 그 수요가 증가할 것으로 예상되지만 국내에서는 아직 자동착유시스템(AMS)이 정착되고 있지 않아 도입하려는 농가가 의사결정을 하기에는 많은 어려움이 있다. 특히, 자동착유시스템(AMS)이 고가의 장비여서 농가의 무분별한 설치로 인해 농장의 경영악화를 초래할 우려가 있어 AMS를 도입하려는 농가의 적합성 조건 등 투자의 타당성 분석이 시급히 요구되는 실정이다.

투자분석 기법으로 많이 이용되고 있는 순현재가치(Net Present Value : NPV)법을 이용하여 AMS에 대한 투자분석을 할 경우 낙농경영의 불확실성 등을 반영하지 못해 투자안을 부정확하게 평가할 가능성이 있다. 또한 NPV의 경우 한번 결정한 투자안은 경영여건이 변해도 계속 그 결정을 유지하는 단점이 있어 대안적인 투자분석 기법이 요구되는 실정이다.

대안적인 투자분석기법으로 사용되고 있는 실물옵션(real option)의 가격결정방법을 적용한 투자평가방법은 초기 투자비용이 크고 그 비용이 장기간 소요되는 프로젝트나, 미래현금흐름이 불확실하거나 위험성이 큰 프로젝

트를 연기, 확장, 축소, 포기 등을 할 수 있게 함으로써 투자에 대한 불확실성을 줄이고 의사결정자의 효율적 전략 의사결정을 지원할 수 있는 투자분석기법으로 많이 활용되고 있다. 그러나 실물옵션에 의한 투자분석기법은 다양한 상황에서 발생할 수 있는 기대현금흐름과 투자비용의 현재가치를 단일 값으로 예측하기 때문에 현실적이지 못하는 문제점이 지적되고 있다.

이와 같은 문제점들을 해결하기 위해서 Carlsson and Fuller(2003)는 실물옵션모형에 퍼지집합이론(Fuzzy set model)을 결합한 퍼지실물옵션모형(Fuzzy real option model)을 제안하여 불확실성이 큰 제약회사의 R&D 프로젝트 및 IT 관련 사업의 가치평가에 이용하였다. 특히, 농업과 같이 살아있는 생명체를 대상으로 사업을 수행하는 산업에서는 정치, 경제, 사회적인 여건과 함께 자연 환경적인 여건까지 고려하므로 미래의 현금흐름을 추정할 때 단일 값으로 추정하기 어렵다. 뿐만 아니라 다양한 경영체를 대상으로 경영정보를 수집하다 보니 수집된 정보의 불확실성 또한 증가할 가능성이 높은 것이 현실이다. 퍼지이론은 이러한 불확실성을 퍼지수(Fuzzy number)로 나타내어 미래의 현금흐름 등을 보다 체계적으로 분석하여 합리적인 의사결정을 할 수 있도록 도움을 줄 수 있어 불확실성이 큰 투자상황에서 접목하기에 유용한 기법이다.

본 연구에서는 투자여건의 불확실성과 다양한 투자 상황을 동시에 고려할 수 있는 퍼지실물옵션 분석기법을 이용하여 자동착유시스템에 대한 투자분석을 실시함으로써 AMS를 도입코자 하는 낙농경영자의 의사결정에 도움을 주고자 한다. 주요 내용은 자동착유시스템을 도입했던 농가의 주요 편익·비용을 분석한 다음 이를 바탕으로 기존의 투자 분석기법인 NPV, 실물옵션(ROV)과 퍼지실물옵션(FROV)을 비교·분석하고, 경영여건 변화에 따른 자동착유시스템 투자의 타당성과 적합성 조건 등을 규명하였다.

2. 이론모형

2.1. 퍼지숫자의 평균과 분산

퍼지집합(fuzzy set)은 자료와 정보처리의 비통계적 불확실성을 다루기 위해 Zadeh(1965, 1978)에 의해 소개되었다. X 를 공집합이 아닌 임의의 집합이라고 가정하면, X 의 부분집합인 퍼지집합 A 는 다음과 같은 멤버십 함수(membership function)로 표현된다.

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]$$

그리고 $\mu_A(x)$ 는 각 $x \in X$ 에 대해 퍼지집합 A 의 원소 x 의 멤버십 수준(the degree of membership)으로 해석한다. 여기서 0은 완전한 비멤버십, 1은 완전한 멤버십을 나타내며, 0과 1사이의 값은 중간 수준의 멤버십을 나타낸다. 일반적으로 $\mu_A(x)$ 대신에 $A(x)$ 로 표기한다. X 의 모든 퍼지 (부분)집합의 패밀리는 $\mathfrak{J}(X)$ 로 표기한다.

집합 X 의 퍼지 부분집합 A 는 만약 $A(x)=1$ 을 만족하는 $x \in X$ 가 존재할 경우 정규화(normal)라고 한다. X 의 퍼지 부분집합 A 의 α -수준 집합은 비퍼지 집합(non-fuzzy set)이라고 하고 $[A]^\alpha$ 로 표기하며, 다음과 같이 정의한다.

$$[A]^\alpha = \begin{cases} \{t \in X \mid A(t) \geq \alpha\} & \text{if } \alpha > 0, \text{cl}(pA) \\ & \text{if } \alpha = 0. \end{cases}$$

여기서 $\text{cl}(\text{supp}A)$ 는 A 의 지지도(support)의 폐포(Closure)를 나타낸다. X 의 퍼지집합 A 는 만약 $[A]^\alpha$ 가 $X, \forall \alpha \in [0,1]$ 의 볼록(convex) 부

분집합이면 볼록(*convex*)하다고 한다.

일반적으로 우리는 수치정보를 부정확하게 표현하는 경우가 많다. 예를 들어, ‘약 5백만 원’, ‘0에 가까운’, ‘5백만 원보다 훨씬 큰’ 등과 같은 표현을 일상생활에서 사용하고 있다. 이러한 예를 퍼지숫자라고 하며, 퍼지집합 이론을 이용하여 퍼지숫자를 실수집합의 퍼지 부분집합으로 나타낼 수 있다.

정의 1.1: 퍼지숫자 A 는 정규화(*normal*), (퍼지) 볼록(*convex*) 그리고 폐구간의 지지도의 연속 멤버십 함수를 가진 실선의 퍼지집합이다.

A 를 퍼지숫자라고 가정하자. 그러면 $[A]^\gamma$ 는 모든 $\gamma \in [0,1]$ 에 대해 \mathbb{R} 의 닫힌 볼록(*closed convex*) 부분집합이며, 다음의 기호를 사용하여 나타내기로 한다.

$$\alpha_1(\gamma) = \min[A]^\gamma, \quad \alpha_2(\gamma) = \max[A]^\gamma$$

$\alpha_1(\gamma)$ 과 $\alpha_2(\gamma)$ 는 각각 γ -cut의 좌변향과 우변향을 나타낸다. 위의 기호를 사용하여 $[A]^\gamma$ 를 나타내면 $[A]^\gamma = [\alpha_1(\gamma), \alpha_2(\gamma)]$ 가 된다. A 의 지지도는 개구간 $\{\alpha_1(0), \alpha_2(0)\}$ 이 된다.

퍼지숫자는 가능성 분포(*possibility distribution*)로도 고려할 수 있다(Dubois and Prade, 1988). 만약 $A \in \mathcal{J}$ 가 퍼지숫자이고 $x \in \mathbb{R}$ 가 실수이면 $A(x)$ 는 ‘ x 는 A 이다’라는 명제의 가능성 정도로도 해석할 수 있다.

정의 1.2 “퍼지집합 $A \in \mathcal{J}$ 는 만약 멤버십 함수가 아래의 형태를 가지는 경우 중앙구간 $[a, b]$, 왼쪽 너비 α , 오른쪽 너비 β 인 사다리꼴 퍼지숫자라고 한다.

$$A(t) = \begin{cases} 1 - \frac{a-t}{\alpha} & \text{if } a - \alpha \leq t \leq a \\ 1 & \text{if } a \leq t \leq b \\ 1 - \frac{t-b}{\beta} & \text{if } a \leq t \leq b + \beta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

그리고 $A = (a, b, \alpha, \beta)$ 라고 가정하면 아래의 식에서 A 의 지지도는 $(a - \alpha, b - \beta)$ 가 된다.

$$[A]^\gamma = [a - (1 - \gamma)\alpha, b + (1 - \gamma)\beta], \forall \gamma \in [0, 1]$$

만약 $A(t) = 1$ 이면 t 는 멤버십 수준 1로서 A 에 속하고(즉, $a \leq t \leq b$), $A(t) = 0$ 이면 t 는 멤버십 수준 0으로서 A 에 속한다(즉, $t \in (a - \alpha, b + \beta)$). 마지막으로 $0 \leq A(t) \leq 1$ 이면 t 는 중간 정도의 멤버십 수준으로 A 에 속한다.

$[A]^\gamma = [a_1(\gamma), a_2(\gamma)]$ 와 $[B]^\gamma = [b_1(\gamma), b_2(\gamma)]$ 를 퍼지숫자 그리고 $\lambda \in R$ 를 실수라고 가정하자. 확장 규칙을 이용하여 퍼지숫자의 덧셈과 스칼라 곱셈에 대한 다음의 규칙을 유도할 수 있다.

$$[A + B]^\gamma = [a_1(\gamma) + b_1(\gamma), a_2(\gamma) + b_2(\gamma)] \tag{1}$$

$$[\lambda A]^\gamma = \lambda[A]^\gamma$$

만약 $A = (a, b, \alpha, \beta)$ 와 $B = (a', b', \alpha', \beta')$ 가 사다리꼴 퍼지숫자이고 $\lambda > 0$ 와 $\mu < 0$ 는 실수라고 가정하면 다음과 같은 규칙을 얻을 수 있다.

$$A + B = (a + a', b + b', \alpha + \alpha', \beta + \beta'),$$

$$\lambda A = (\lambda a, \lambda b, \lambda \alpha, \lambda \beta)$$

$$\begin{aligned}
 A - B &= (a - b', b - a', \alpha + \beta', \beta + \alpha'), \\
 \mu A &= (\mu a, \mu b, \mu \beta, \mu \alpha)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$A \in \mathfrak{J}$ 를 $[A]^\gamma = [a_1(\gamma), a_2(\gamma)]$, $\gamma \in [0, 1]$ 을 가지는 퍼지숫자라고 하자. A 의 기댓값과 분산을 계산하기 위한 공식은 다음과 같다(Carlsson and Fuller, 2001).

$$\begin{aligned}
 E(A) &= \int_0^1 \gamma (a_1(\gamma) + a_2(\gamma)) d\gamma \\
 &= \frac{\int_0^1 \gamma \cdot \frac{a_1(\gamma) + a_2(\gamma)}{2} d\gamma}{\int_0^1 \gamma d\gamma} \\
 \sigma^2(A) &= \int_0^1 \gamma \left[\left[\frac{a_1(\gamma) + a_2(\gamma)}{2} - a_1(\gamma) \right]^2 + \left[\frac{a_1(\gamma) + a_2(\gamma)}{2} - a_2(\gamma) \right]^2 \right] d\gamma \\
 &= \frac{1}{2} \int_0^1 \gamma (a_2(\gamma) - a_1(\gamma))^2 d\gamma
 \end{aligned}$$

만약 $A = (a, b, \alpha, \beta)$ 이면 사다리꼴 퍼지숫자는 다음과 같은 기댓값과 분산의 공식에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned}
 E(A) &= \int_0^1 \gamma (a - (1 - \gamma)\alpha + b + (1 - \gamma)\beta) d\gamma \\
 &= \frac{a + b}{2} + \frac{\beta - \alpha}{6}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$\sigma^2(A) = \frac{(b - a)^2}{4} + \frac{(b - a)(\alpha + \beta)}{6} + \frac{(\alpha + \beta)^2}{24}
 \tag{4}$$

2.2. 퍼지 실물옵션 모형

실물옵션모형은 1970년대 등장한 블랙숄즈(Black and Scholes)의 옵션가격결정이론을 배경으로 금융이 아닌 실경제분야에 응용된 이론으로 옵션의 개념을 이용하여 대규모 시설투자나 불확실성이 높은 IT투자 분석 등에 이용되어 왔다.

블랙-숄즈의 옵션가격 결정 모형은 옵션의 대상이 되는 기초자산의 가격이 특정 확률과정을 따른다는 기본 가정하에서 출발하였으며, 또한 블랙-숄즈 모델은 기초자산을 대상으로 하는 옵션에 대한 가격결정 식이고 기초자산 S 는 다음과 같은 확률과정을 따른다고 가정한다.

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

여기서 W_t 는 Wiener과정을 따르는 확률변수로 다음과 같은 성질을 갖고 있다. $dW_t = e dt$, $e \sim N(0,1)$ 이고, dW_{t_i} 와 dW_{t_j} , $i \neq j$ 는 서로 독립이다. 이는 Wiener과정 W_t 의 변화(dW_t)는 정규분포를 따르며, 평균이 0, 분산이 dt 라는 것이다.

$dW_t \sim N(0, dt)$ 의 분산이 dt 라는 점은 불확실성이 시간의 길이에 일정하게 비례한다는 것을 뜻한다. 모든 파생상품은 특정경계조건하에서 편미분 방정식의 해를 구할 수 있고 그 해는 바로 파생상품가격이 된다. 블랙-숄즈 옵션공식은 $Max[S_t - X, 0]$ 혹은 $Max[X - S_t, 0]$ 의 경계에서 유럽형 콜옵션과 풋옵션의 가격을 구한 것이다.

유럽형 콜옵션가격결정은 식 (1)과 같다

$$C = SN(d_1) - Xe^{r_f T} N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)r}{\sqrt{r}}$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{T}$$

위의 모형에서 C는 실물옵션의 콜옵션 가치, S는 투자로 인한 현금흐름의 현재가치, X는 투자비용의 현재가치, T는 옵션만기까지의 기간, r_f 는 무위험 이자율, σ 는 잉여 현금 흐름의 변동성, $N(\cdot)$ 는 누적표준정규 분포를 나타낸다.

주식에 대한 배당을 고려한 옵션가격 결정 공식은 식(2)와 같다(Merton, 1973).

$$C = Se^{\delta T}N(d_1) - Xe^{-r_f T}N(d_2) \tag{2}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \delta + \frac{1}{2}\sigma^2\right)r}{\sqrt{r}}$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{T}$$

여기서, δ 는 옵션기간 동안에 배당된 배당금을 나타며, 위의 콜옵션의 공식은 금융옵션과 실물옵션의 대응관계를 통해 실물옵션의 가치를 계산하기 위한 식으로 바꿀 수 있다.

확장된 투자안의 순현재가치는 다음과 같이 계산될 수 있다.

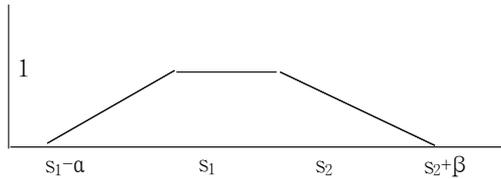
$$\text{확장된 순현재가치}(e\text{-NPV}) = \text{NPV} + \text{옵션프리미엄(option premium)}$$

농산물과 같이 자연적 요인에 영향을 많이 받는 산업에서 투자에 의한 기대현금흐름의 현재가치와 투자비용의 현재가치는 일반적으로 단일값으로 추정하기에 많은 어려움이 있다. 자동착유시스템의 투자에 대한 기대

현금흐름의 현재가치는 확신할 수 있는 일정금액의 범위를 표현할 수 있는 사다리꼴 가능성분포(trapezoidal possibility distribution)를 사용하여 추정하였다. 기대현금흐름의 현재가치(S0)에서 가장 가능성이 있는 두 값 α 와 β 가 구간 $[s1,s2]$ 사이에 있다고 가정할 때 다음의 형태로 표현할 수 있다.

$$S0 = (s1, s2, \alpha, \beta)$$

구간 $[s1,s2]$ 는 사다리꼴 퍼지숫자 S0의 중앙구간(core)이라고 하고, $(s2+\beta)$ 와 $(s1-\alpha)$ 는 각각 기대현금흐름의 현재가치에 대한 가능상한과 가능하한을 나타낸다(Figure 1).



〈Figure 1〉 기대현금흐름의 현재가치의 가능성 분포

투자비용의 현재가치도 사다리꼴 가능성 분포를 이용하여 추정할 수 있다.

$$X = (x_1, x_2, \alpha', \beta')$$

투자비용의 현재가치에서 가장 가능성이 있는 두값 α' 와 β' 가 구간 $[x_1,x_2]$ 사이에 있고 $(x_2+\beta')$ 과 $(x_1-\alpha')$ 는 각각 투자비용의 현재가치에 대한 가능상한과 가능하한을 나타낼 수 있다.

이상의 내용과 실물옵션에서의 모형을 결합하여 간편식의 퍼지실물옵션은 식 (3)과 같이 구할 수가 있다.

$$FROV = S_0 e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-r T} N(d_2) \quad (3)$$

$$\text{여기서, } d_1 = \frac{\ln(E(S_0)/E(X)) + (r - \delta + \sigma^2/2) T}{\sigma(S_0) \sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma(S_0) \sqrt{T}$$

$E(S_0)$ 는 기대현금흐름의 현재가치의 퍼지 평균값, $E(X)$ 는 투자비용의 퍼지 평균값을 나타내며, $\sigma(S_0)$ 는 기대현금흐름의 현재가치 분산을 나타낸다.

사다리꼴 퍼지실물옵션의 가치 산출식을 확장하여 표현하면 식(4)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} FROV &= (s_1, s_2, \alpha, \beta) e^{-\delta T} N(d_1) - (x_1, x_2, \alpha', \beta') e^{-r T} N(d_2) \quad (4) \\ &= s_1 e^{-\delta T} N(d_1) - x_2 e^{-r T} N(d_2), s_2 e^{-\delta T} N(d_1) - x_1 e^{-r T} N(d_2), \\ &\quad \alpha e^{-\delta T} N(d_1) + \beta' e^{-r T} (d_2), \beta e^{-\delta T} N(d_1) - \alpha' e^{-r T} N(d_2). \end{aligned}$$

3. 분석자료

3.1. 자동착유시스템의 비용편익 분석

3.1.1. 농가의 일반 현황

자동착유시스템에 대한 투자효과 분석을 실시하기 위해서 AMS를 도입하여 활용하고 있는 농가를 대상으로 경영실태를 조사하였다. 조사기간은 2012년 4월 1~30일(30일)까지 한달 동안 우편으로 농가 설문조

사를 실시하였다. 조사대상 농가는 일정기간 동안 로봇착유시스템을 이용한 경험('06~'09년 설치)이 있는 17호 전수를 대상으로 실시하였으며 그 중 11농가가 설문에 응하였다. 농가의 연령 분포는 40대에서 70대까지 다양하게 분포하고 있었으며, 40대 4명, 50대 4명, 60대 이상이 3명으로 각각 구성되어 있었다. 농가들의 낙농 종사 경력은 30년 이상이 5명, 20~29년 5명, 19이하가 1명이었다<Table 1>.

<Table 1> 조사대상 농가의 연령 및 영농종사 경력

계	연령			영농종사 경력		
	40대	50대	60대 이상	10~19년 이하	20~29년	30년 이상
11	4	4	3	1	5	5

농가에서 사육하고 있는 젖소의 사육두수는 평균 139두였으며, 그 중 60.4두가 착유를 실시하고 있었다<Table 2>. 자동착유시스템을 도입하는 농가의 대부분은 충분한 낙농경력과 안정된 경영규모를 갖추고 있는 것으로 나타났다.

<Table 2> 젖소 사육두수

(단위 : 두)

사육두수	초임우	경산우		육성우	송아지
		착유	건유		
139 (66~240)	23 (3~60)	60.4 (21~102)	11.7 (3~24)	35 (3~59)	15.7 (6~34두)

※ 착유젖소의 평균 산차 : 2.5산

3.1.2. 기존 착유기와 비용·편익 비교

조사대상 농가의 자료를 기초로 기존의 착유기와 자동착유시스템의 주

요 비용과 편익을 비교한 결과 농가에서 구입하는 초기단가와 월간 유지비용은 기존 착유기에 비해 높았으나 노동시간, 유방염 치료비, 두당 산유량 등은 상대적으로 유리한 것으로 조사되었다(Table 3).

구체적인 내용을 살펴보면 먼저, 착유기를 설치하는 구입비용은 기존 착유기가 49.6백만원인 반면 자동착유시스템은 293백만원이 소요되었다. 자동착유시스템이 기존 착유기 보다 243.5백만원의 추가 비용을 투입해하는 것으로 조사되었다.

둘째, 착유기를 사용하는데 추가로 소요되는 수도광열, 세제, 수리 및 관리비 등 월간 유지관리 비용은 기존의 착유기가 363천원, 자동착유시스템은 1,004천원이 소요되었다. 자동착유시스템 유지관리비가 기존 착유기 보다 641천원의 추가 비용이 소요되는 것으로 조사되었다.

셋째, 젖소를 착유하고 관리하는데 소요되는 노동시간을 계산한 결과 자동착유시스템이 기존 착유기보다 1일 4.4시간 정도의 노동시간 절감이 가능한 것으로 조사되었다.

넷째, 기존 착유기에 비해서 자동착유시스템의 1일 착유횟수가 증가(0.8 회/일)함에 따라 기존 착유기에 비해서 젖소 두당 연간 우유생산량이 1,033ℓ 더 많은 것으로 조사되었다(현금흐름 분석은 선행연구 자료로 활용).

〈Table 3〉 기존착유기와 로봇착유기 비교

구 분	기존 착유기(A)	로봇 착유기(B)	증감(B-A)
초기 구입단가	49,600천원	293,100천원	243,500천원
월간 유지비용 (수도광열, 세제, 수리비 등)	362,645원	1,004,036원	641,391원
착유노동시간(일)	5.3 시간	1.8 시간	▽3.5 시간
젖소 관리시간(일)	3.5 시간	2.6 시간	▽0.9 시간
1일 두당 착유횟수	2 회	2.8 회	0.8 회
두당 유방염 치료비(월)	3,290원	2,107원	▽1,183원
연간 두당 산유량(ℓ)	9,848ℓ	10,881ℓ	1,033ℓ

3.1.3. 착유횟수 및 산유량

자동착유시스템 설치 이후 대부분의 농가들은 착유횟수가 증가하였다고 응답하였으며, 착유횟수 증가에 따른 산유량 증감 정도를 설문한 결과 11농가 중 7호는 0~10% 정도, 2호는 11~20% 정도 산유량 이 증가한다고 응답했으며, 1호는 21% 이상 증가하거나 변함없다고 응답하였다. 자동착유시스템 설치 이후 대부분의 농가들은 산유량이 증가되었음을 알 수 있다(Table 4).

증가 생산된 잉여 원유의 처리방법을 설문한 결과 2농가는 '쿼터 납입량을 구입하여 처리한다'고 응답하였으며, 1농가는 '착유두수 감소', 4농가는 요구르트, 치즈 등 유가공 판매, 2농가는 '잉여 원유량으로 납입한다'고 응답하였다.

〈Table 4〉 로봇착유기 설치 이후 산유량 증감 및 잉여원유량 처리 방법

산유량 증감 정도			잉여원유량 처리방법		
구 분	빈도	비율(%)	구 분	빈도	비율(%)
① 0~10% 수준정도 감소	-	-	① 쿼터 구입 처리	2	20
② 거의 변화 없음	1	9.1	② 착유두수 감소	1	10
③ 0~10% 수준정도 증가	7	63.6	③ 유가공 판매	4	40
④ 11~20% 수준정도 증가	2	18.2	④ 잉여 원유 납입	2	2
⑤ 21%이상 증가	1	9.1	⑤ 기타	1	10
계	11	100.0		10	100

3.1.4. 체세포 및 세균수 변화

자동착유시스템 사용이후 체세포수 저감 효과 여부를 설문한 결과 10호 중 6호는 저감되지 않은 것으로 응답하였으며, 4호는 보통이라고 응답하였다(Table 5). 체세포수 변화에 따른 체세포 등급 변화를 확인한 결과 2농가는 기존과 동일한 1등급이나 2등급을 유지하고 있었으며, 6농가는 1등급에서 2등급으로 하락하였다. 그리고 2농가는 1등급에서 2~

3등급으로 하락하거나 1등급에서 3등급으로 하락하는 것으로 조사되었다. 이상의 결과를 종합하여 보면 자동착유시스템 도입에 따른 농가의 체세포 등급은 하락된 것으로 추정되었다.

〈Table 5〉 체세포수 저감 효과 및 등급변화

체세포수 저감 효과			체세포수 등급변화(빈도)		
구분	빈도	비율(%)	구분	설치전	설치후
① 매우 아니다	2	30	① 1등급	9	1
② 아니다	4	40	② 2등급	1	8
③ 보통	4	40	③ 3등급		2
④ 그렇다	-	-	④ 4등급	-	-
⑤ 매우 그렇다	-	-	⑤ 5등급	-	-
계	10	100.0	계	10	11

※ 무응답 : 1, 체세포 변화 등급에서 1농가가 1등급에서 2~3등급으로 중복 출현.

자동착유시스템 도입 이후 세균수 저감 여부를 설문한 결과 전체 10호 중 6호는 '전과 동일하다'고 응답하였으며, 2농가는 '저감 효과가 있다'고, 2농가는 '저감 효과가 없다'고 응답하였다(〈Table 6〉). 세균수 변화에 따른 등급변화는 8농가에서 전과 동일한 1A등급을 유지하고 있다고 하였으며, 2농가가 1A등급에서 1A~1B등급으로 하락하였다고 응답하였다.

〈Table 6〉 세균수 저감 효과 및 등급변화

세균수 저감 효과			세균수 등급변화(빈도)		
구분	빈도	비율(%)	구분	설치전	설치후
① 매우 아니다	-	-	① 1A등급	10	10
② 아니다	2	20	② 1B등급	-	2
③ 보통	6	60	③ 2등급	-	-
④ 그렇다	2	20	④ 3등급	-	-
⑤ 매우 그렇다	-	-	⑤ 4등급	-	-
계	10	100.0	계	10	12

※ 무응답 : 1, 세균수 등급에서 2농가가 1A등급에서 1A~1B등급으로 중복 출현.

3.2. 분석자료

자동착유시스템에 대한 투자효과 분석의 대상 자료는 기존의 헤링본이나 오토텐덤을 자동착유시스템으로 대체하는 부분시산법을 적용하여 수집하였다. 그리고 자동착유시스템 1대에서 착유 가능한 두수는 60두를 기준으로 분석하였다.

먼저, 젖소 착유두수 60두를 기준으로 사육할 경우에 젖소 사육을 통한 총현금 유입액의 추정은 젖소가 생산하는 납입원유 생산량(l)과 판매단가에 의해 추정될 수 있다. 기존 착유시스템에서 자동착유시스템으로 전환할 때 추정된 원유의 생산량을 정확히 추정하기 곤란하여 기존문헌(기광석 등, 2010)을 이용하였으며, 판매가격은 '10년 축산물 생산비의 우유 l 당 조수입 단가를 기준으로 추정하였다.

국립축산과학원에서 2010년에 발간한 “로봇착유기 이용자 가이드”에서 자동착유시스템 설치 전후 1년 동안 젖소의 능력검정 성적을 비교하여 산출한 결과는 <Table 7>과 같다. 현금흐름에 영향을 미치는 산유량은 기존의 착유기에 비해서 자동착유시스템 도입 후 일일 3.9 l (기존 30.4, AMS 34.3), 유지율은 0.1%(3.7 \Rightarrow 3.8) 증가된 반면 체세포에서는 1등급이 하락된 2등급 수준의 단가를 얻을 것으로 분석되었다. '10년 축산물 생산비의 우유 l 당 조수입 단가를 이용하여 추정한 결과 기존 착유기에서는 l 당 838.7원의 현금유입을 얻을 수 있는데 반해 자동착유시스템에서는 유지율과 체세포 등급을 반영하여 l 당 844.5원의 현금유입을 얻을 수 있을 것으로 추정되었다.¹⁾

1) 유지방이 0.1%(3.7% \Rightarrow 3.8%) 상승할 때 증가유대는 10.3원/ l 이며, 체세포가 1등급에서 2등급으로 하락할 때 유대가격은 4.5원/ l 하락(유대조건표, 낙농진흥회 2011.8.16 시행)

(Table 7) 자동착유시스템 설치 전후 검정성적 비교(147두)

구 분	산유량	유지율	유단백질	무지고형율	체세포수
설치전	30.4±4.7	3.7±0.5	3.2±0.2	8.7±0.3	169.4±188.5
설치후	34.3±7.7	3.8±0.5	3.2±0.2	8.6±0.2	314.4±279.9

※ 자료 : 로봇착유기 이용자 가이드(국립축산과학원 2010)

이상의 결과를 바탕으로 정리한 결과 자동착유기 설치 후 착유우 1두 당 증가되는 연간 현금유입액은 1,058천원(8,834천원-7,776천원)인 것으로 분석되었다. 자동착유시스템 1대를 이용하여 착유가 가능한 60두를 기준으로 환산하면 총 현금유입액 증가는 63,480천원인 것으로 분석되었다(Table 8).

젖소 착유두수 60두 규모에 대한 기존 착유시설의 투자비용이 13~100백만원 소요되는데 반해 자동착유시설의 설치비용은 최저 2.6억원에서 최고 3.2억원이었으며, 2.8~3억원이 분포가 가장 높은 것으로 조사되었다. 그리고 자동착유시설 설치에 따른 추가비용은 생산량 초과에 의한 잉여 원유량을 처리하기 위한 납입쿼터 구입비 39백만원과 운영비용 등으로 조사되었다. 또한 산유량 증가에 따라 사료비는 기존의 사료급여량 보다 5%정도 추가급여 되었으며, 수도광열, 세제, 수리 및 관리비 등도 기존 착유기에 비해 256,560원이 추가 소요되는 것으로 조사되었다.

자동착유시스템 도입에 따른 농가의 주요편익은 인건비의 경우 착유우 60두 경영규모에서는 기존 2명이 착유와 농장관리를 실시한 것에 반해 자동착유시설은 착유작업 중단으로 1명의 인원만 필요한 것으로 조사되었다(고용노동 50%, 자가노동 30% 절감). 착유횟수 증가에 따른 유방염 예방 등으로 방역치료비가 기존착유에 비해 35%정도 절감효과가 있었으며, 기타 젖소의 개체별 과학적 관리시스템 유지가 가능하고, 목장주의 노동시간을 유동적으로 활용할 수 있어 많은 편익을 제공하는 것으

로 조사되었다(Table 8).

〈Table 8〉 착유시설별 현금 유·출입 비교

(단위: 원/년)

구분	기존 착유기		자동착유기	
	1두	60두	1두	60두
산유량(ℓ)	9,272	556,320	10,461	627,660
단가(원/ℓ)	838.7	838.7	844.5	844.5
총유입(원)	7,776,426	466,585,584	8,834,315	530,058,870
고용노력비	45,024	2,701,440	22,512	1,350,720
자가노력비	508,807	30,528,420	356,165	21,369,894
사료비	3,310,841	198,650,460	3,476,383	208,582,983
공통유지비	329,418	19,765,080	329,418	19,765,080
방역치료	139,335	8,360,100	90,568	5,434,065
제재료비등	74,650	4,479,000	331,210	19,872,600
기계감가상각	726,326	43,579,560	1,132,160	67,929,600
쿼터매입	-	-	-	3,909,041
총유출	5,134,401	308,064,060	5,738,416	348,213,983
순현금흐름(원)	2,642,025	158,521,524	3,095,899	181,844,887

※ 잉여원유량 판매를 위하여 쿼터 매입(50%~100) 추가 : 19,545~39,090천원

4. 분석결과

4.1. 투자효과분석 결과

자동착유시스템에 대한 투자효과 분석은 기존의 헤링본이나 오토텐던 등의 착유시스템을 대체하여 시설을 확장하는 성장기회 확장의 옵션모형

을 가정하였으며, 분석은 고전적 투자분석 기법인 NPV, ROV, FROV 등을 적용해 비교 분석하였다.

자동착유시스템 도입에 따른 투자 잉여현금흐름의 현재가치는 유량증가에 따른 현금유입 효과와 노동력 절감에 따른 현금유출 감소 효과 등을 기대할 수 있다. 하지만 현재의 낙농산업에서 농가의 원유공급이 일정량의 쿼터제로 제한되어 있기 때문에 유량증가에 따른 현금유입금액은 단일 값으로 정확히 추정하기 곤란한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 자동착유시스템 도입 후 현금유입액 산정은 유량증가분 전체를 쿼터제도에서 공급한다는 가정을 하였다. 이러한 조건을 충족하기 위해서는 농가의 경영여건에 따라서 잉여원유량을 공급하는데 전량 쿼터를 매입하거나 충분한 잉여쿼터가 갖추어져야 한다. 그리고 가능성 조건에 따라서 잉여원유량을 납입하기 위해서 농가가 50~100%의 쿼터물량을 구입하거나 잉여쿼터가 50~100% 조건을 갖춘 상황을 설정하여 분석하였다. 현금 유출액은 <Table 8>에서의 비용과 쿼터매입량(50~100%)을 합한 금액으로 산정하였다. 자동착유시스템에 대한 투자확장 기대현금흐름의 현재가치는 기존 착유시설의 순현금유입액에서 자동착유시스템의 순현금유입액을 차감한 다음 내용년수(10년) 기간 동안 현금흐름액(이자율 5%)을 추정하였다.

$$S_0 = (140,723,398. \quad 156,570,302. \quad 58,597,928. \quad 15,846,904)$$

투자비용은 자동착유시스템의 구입비용(2.8~3.0억원)에서 쿼터매입금(19,545~39,090천원)을 합산한 금액으로 산정하였다.

$$X = (309,317,500. \quad 329,317,500. \quad 29,317,500. \quad 29,317,500)$$

옵션의 만기까지 무위험이자율은 5.0%로 가정하고, 기대현금흐름의

가격변동성은 30년 동안 원유의 가격변동성에 대한 순간 변동률을 분석한 결과 0.06으로 분석되었다.

퍼지실물옵션 분석을 위한 현금흐름의 현재가치 S_0 에 대한 평균 $E(S_0)$ 과 투자 비용에 대한 평균 $E(X)$ 는 다음과 같다

$$E(S_0) = \frac{s_1 - s_2}{2} + \frac{\beta - \alpha}{6} = 141,521,732$$

$$E(X) = \frac{x_1 - x_2}{2} + \frac{\beta' - \alpha'}{6} = 319,317,500$$

그리고 $N(d_1) = 0.0595$, $N(d_2) = 0.0402$ 로 산출되었다.

이상의 결과를 이용한 퍼지실물옵션의 가치는 다음과 같이 산정되었다.

$$FROV = (349,312. 1,780,470. 4,203,708. 228,710)$$

로봇착유시설의 투자효과 분석을 위한 확장된 순현재가치는 다음과 같이 산출되었다.

$$e-NPV = 141,871 \sim 143,302 \text{천원}$$

〈Table 9〉 실물옵션의 가치

현금흐름의 현재가치	141,521,732
잔여기간	10
투자비용	319,317,500
가격변동성	0.06
Rf	5%
N(d ₁)	0.0595399
N(d ₂)	0.0401987
Call옵션가치	640,662

이상의 퍼지실물옵션에 의한 확장된 순현재가치는 고전적인 NPV(141,522천원)보다 큰 범위의 값을 주고 있으며, 이는 투자분석의 다양성과 높은 투자가치를 보여주고 있다.

경영여건의 다양성을 보여주기 위해서 본 연구에서는 퍼지실물옵션에 대한 분석을 낙관적인 부분과 비관적인 부분으로 나누어 추가 분석을 실시하였다.

먼저 낙관적인 부분의 투자비용 산출은 자동착유시스템 가격의 가능성 분에 원유납입을 위한 쿼터 매입금액이 가장 낮은 상태의 값을 산정하였으며 투자비용의 가능성 분포와 퍼지실물옵션의 가치 및 e-NPV는 다음과 같다.

$$X1 = (299,545,206. \ 319,545,206. \ 39,090,411. \ 19,545,206)$$

$$FROV = (553,189. \ 2,335,773. \ 4,919,616. \ 0)$$

$$e-NPV = 142,074 \sim 143,858 \text{천원}$$

비관적인 부분의 투자비용 산출은 자동착유시스템 가격의 가능성 분에 원유납입을 위한 쿼터 매입금액이 가장 높은 상태의 값을 산정하였으며, 투자비용의 가능성 분포와 퍼지실물옵션의 가치 및 e-NPV는 다음과 같다.

$$X1 = (319,090,411. \ 339,090,411. \ 19,545,206. \ 39,090,411)$$

$$FROV = (11,050,770. \ 18,313,130. \ 23,248,348. \ 3,172,303)$$

$$e-NPV = 141,776 \sim 142,688 \text{천원}$$

이상의 결과를 종합적으로 비교분석하기 위해서 고전적 NPV, 실물옵션 및 퍼지실물옵션의 분석결과를 <Table 10>과 같이 정리하였다. 자동착유시스템의 퍼지실물옵션 확장가능성의 기본분석과 낙관적적인 부분,

비관적인 부문의 순현금흐름은 동일하나 투자비용은 경영여건에 따라 260~378백만원까지 실현 가능성 구간에 따라 각각 값을 주었다.

따라서 각각의 투자 분석기법에 따라 그 결과를 살펴보면 먼저, 고전적 투자분석방법인 NPV는 모든 가정에서 동일하게 142백만원을 갖는 것으로 분석되었다. 이는 미래의 경영여건 변화에 따른 투자효과의 변화를 효율적으로 감지하지 못하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

반면 실물옵션을 이용하여 분석한 결과를 살펴보면 옵션의 가치는 기본분석이 641천원, 낙관적인 경우는 822천원 그리고 비관적인 경우는 387천원으로 분석되었다. 따라서 e-NPV의 값은 각각 142,162천원, 142,343천원, 141,909천원으로 분석되었다. 이는 경영여건 변화에 따른 투자비용을 반영하여 보다 효율적인 방법으로 투자효과를 분석할 수 있을 뿐만 아니라, 고전적 투자분석기법에서 감지하지 못한 투자 효과를 반영하는 것을 볼 수 있다.

다음은 퍼지실물옵션에서 투자효과를 살펴보면 먼저, 옵션의 가치는 기본분석에서 349~1,780천원, 낙관적인 경우 553~2,336천원, 그리고 비관적인 경우에는 254~1,167천원으로 각각 분석되었다. e-NPV의 값은 각각 141,871~143,302천원, 142,075~143,858천원, 141,777~142,688천원으로 투자효과 가치를 단일 값이 아닌 구간으로 설정함으로써 유동적인 자본투자 기대효과를 그대로 반영하고 있음을 알 수 있다. 또한 실물옵션과 비교할 때 실물옵션의 가치는 구간설정의 범위 값을 벗어나지 않은 것을 알 수 있다.

〈Table 10〉 자동착유시스템 투자분석 결과 비교(착유 60두)

구 분	기본분석	낙관적인 분석	비관적인 분석	
순현금흐름(S0)	140,723~156,570천원	140,723~156,570천원	140,723~156,570천원	
투자비용(X)	309,318~329,318천원	299,545~319,545천원	319,090~339,090천원	
내용년수(T) ²⁾	10년	10년	10년	
r	5%	5%	5%	
NPV	141,522천원	141,522천원	141,522천원	
실물옵션	ROV	641천원	822천원	387천원
	e-NPV	142,162천원	142,343천원	141,909천원
퍼지 실물옵션	FROV	349~1,780천원	553~2,336천원	254~1,167천원
	e-NPV	141,871~143,302천원	142,075~143,858천원	141,777~142,688천원

4.2. 경영환경 변화에 따른 민감도 분석

경영여건의 가능성 정도에 따른 투자비용 변동 외에 옵션의 가격 결정에 영향을 미치는 원유의 가격 및 가격변동성, 이자율, 내용년수 외에 착유두수 등의 변화에 따라 현금흐름의 변화 정도를 측정하여 농가의 의사 결정을 지원코자 한다.

원유의 가격변동을 변화는 옵션의 가격변화에 영향을 미친다($\Delta = \frac{\partial C}{\partial \sigma}$).

지난 30년 동안의 원유의 가격변동성은 0.06였으며, 한·EU FTA와 사료 값 및 인건비 인상 등의 요인을 감안할 때 미래의 가격 변동성은 더 클 것으로 예상되며, 현재보다 ±0.01 증감한 0.05, 0.07일 경우의 가격 변동성에서의 ROV과 FROV은 〈Table 11〉와 같다. 가격변동성에 의한 NPV는 변함없이 동일하나 옵션의 가격은 변동된다. 가격변동성이 0.01 하락한 0.05일 때 실물옵션에서의 ROV는 410천원 감소한 231원이며 e-NPV는 141,753원, 퍼지실물옵션에서도 FROV는 259~1,003천원

2) 자동착유기에 대한 내용년수는 착유기의 내용년수와 동일한 10년을 기준으로 함 (2010년 농업과학기술개발 경제성분석 기준자료집 P399, 농촌진흥청)

감소한 90~777천원이며, e-NPV는 141,612~142,299천원으로 분석되었다. 가격변동성이 0.01상승한 0.07일 때 실물옵션에서의 ROV는 272천원이 증가한 913원이었으며, e-NPV는 142,435원이었다. 퍼지실물옵션에서는 FROV가 479~1,331천원 감소한 142,349~144,633천원이며, e-NPV는 142,349~144,633천원으로 분석되었다.

본 연구에서는 시장이자율을 5%로 가정하였으며 이자율의 변화는 NPV와 옵션의 가격에 각각 영향을 미친다($P = \frac{\partial C}{\partial r}$). 다양한 경영상황에서 효율적인 투자효과를 예측하기 위해 현재보다 $\pm 1\%$ 증감된 상황에서의 민감도 분석을 실시하였다. 이자율 4~6%의 변동에 따라 NPV는 148,041천원, 141,522천원, 135,446천원, ROV는 332천원, 641천원, 1,171천원 그리고 FROV는 166~976천원, 349~1,780천원, 691~3,070천원으로 분석되었다. 이자율이 증가함에 따라 순현재 가치는 감소하나 옵션의 가치는 증가하는 것을 알 수 있다.

옵션의 가격결정에 영향을 미치는 원유의 가격변동성과 이자율이 일정 범위 내에서 변동되었을 때 실물옵션의 ROV는 다양한 값을 보여 주나 퍼지실물옵션의 기본 FROV의 범위 내에서 유사하게 분포됨을 알 수 있다. 따라서 퍼지실물옵션은 일정 범위내에서 실물옵션의 경영상황을 포함하고 있기 때문에 경영주의 합리적인 의사결정 정보를 제공하고 있다고 할 수 있다.

<Table 11> 시장이자율 및 가격변동에 의한 민감도 분석

(단위 : 천원)

구 분	원유가격 변동성			이자율 변동			
	0.05	0.06	0.07	4%	5%	6%	
NPV	141,522	141,522	141,522	148,041	141,522	135,446	
실물옵션	ROV	231	641	913	332	641	1,171
	e-NPV	141,753	142,162	142,435	148,041	142,162	136,618
퍼 지 실물옵션	FROV	90~777	349~1,780	828~3,111	166~976	349~1,780	691~3,070
	e-NPV	141,612~ 142,299	141,871~ 143,302	142,349~ 144,633	148,208~ 149,018	141,871~ 143,302	136,137~ 138,516

원유의 가격변화는 투자잉여 현금흐름과 옵션의 가격에 영향을 미친다 ($\Delta = \frac{\partial C}{\partial S}$). 자동착유시스템 도입 후에 생산된 원유는 유지율 등이 높게 형성되어 기존의 착유기에서 생산된 원유보다 ℓ 당 가격이 5.8원이 높은 844.5원이었다. 하지만 사료 등의 사양관리 조건에 따라서 유지율 등은 다양하게 나타날 수 있어 본 연구에서는 기존 착유시스템과 동일한 조건의 가격인 ℓ 당 838.7원일 때 NPV, ROV, FROV의 변화와 e-NPV를 비교·분석하였다. 원유가격이 ℓ 당 5.8원 하락할 때 60두 경영규모에서 얻을 수 있는 NPV는 기존 가격(844.5원/ ℓ)에 비해 29,237천원이 감소한 112,285천원이었으며, 실물옵션에서는 ROV가 기존가격 조건에 비해 624천원이 감소한 17천원 그리고 e-NPV는 112,302천원으로 분석되었다. 퍼지실물옵션에서 FROV도 기존의 가격조건보다 346~1741천원이 감소한 3~39천원이었으며 e-NPV는 112,290~112,351천원으로 분석되었다<Table 12>.

〈Table 12〉 원유가 하락 및 착유두수 변화에 의한 민감도 분석

구 분		60두	60두	55두
		844.5/ℓ	838.7원/ℓ	844.5원/ℓ
NPV		141,522천원	112,285천원	109,245천원
실물옵션	ROV	641천원	17천원	10천원
	e-NPV	142,162천원	112,302천원	109,255천원
퍼지 실물옵션	FROV	349~1,780천원	5~66천원	3~39천원
	e-NPV	141,871~143,302천원	112,290~112,351천원	109,248~109,284천원

본 연구에서는 자동착유시스템 1대를 이용하여 착유할 수 있는 최적 착유두수 60두를 기준으로 투자효과를 분석하였으나 실제 농가에서는 55.4두를 사육하고 있었다. 현재의 농가 사육여건에서 적합성을 확인하기 위해 추가분석을 실시하였다. 사육두수가 감소할 경우 투자비용은 동일하나 투자의 잉여 현금흐름과 옵션의 가격이 변동되어 영향을 미친다. 농가에서 사육하고 있는 착유두수 55두를 기준으로 NPV, ROV, FROV의 가격변화를 보면 NPV는 109,245천원, 실물옵션에서의 ROV는 10천원이고 e-NPV는 109,255천원으로 분석되었다. 퍼지실물옵션에서의 FROV는 3~39천원이며, e-NPV는 109,248~109,284천원이었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 현재의 사유규모인 착유두수 55두 조건에서 자동착유시스템에 대한 투자효과는 여전히 발생하는 것을 알 수 있다.

마지막으로 자동착유시스템 1대의 손익분기점 수준의 최저 착유두수를 추정하였다. 분석방법은 잉여원유량의 판매조건에 따라 추정하였으며, 그 결과는 다음과 같다. ① 잉여 원유량의 50%만을 쿼터로 구입하여 원유를 납입한 경우 최저착유두수는 45두, ② 잉여 원유량의 전체를 쿼터로 구입하여 원유를 납입한 경우의 최저착유두수는 39두, ③ 기존에 충분한 쿼터량이 있어 잉여 원유량을 정상가격에 납입 가능한 경우는 최

저착유두수 36두로 분석되었다. 자동착유시스템을 도입하려는 농가에서는 최소한의 적합성 조건을 고려하여 투자의사결정을 하여야 할 것이다.

5. 결론 및 요약

낙농에서 착유는 매일 2회 이상, 5시간 정도의 일을 해야 하는 힘든 작업이다. 또한 최근 고능력우 출현과 인건비 인상 등 낙농경영의 효율화를 위한 노동력 대체 방안이 절실히 요구되는 것이 현실이다. 이러한 상황에서 그동안 꿈으로만 여겨왔던 자동착유시스템이 국내에 도입되기 시작하여 농가의 이러한 문제들을 해결해 줄 것으로 여겨지나, 자동착유시스템이 고가의 장비여서 쉽게 구입하기 어렵고 또한 구입하더라도 과도한 설비투자에 의한 경영 위험에 직면할 가능성이 있다. 이러한 경영 위험을 사전에 방지하기 위해서 본 고에서는 자동착유시스템 도입에 따른 다양한 투자효과 분석을 통해 자동착유시스템을 도입하려는 농가의 적합성 조건 등을 파악하였다.

전통적 투자분석기법인 순현재가치(NPV)와 현금흐름할인(DCF)기법은 투자안과 관련된 미래의 상황이 현재 상태에서 확정시키기 때문에 하나의 현금흐름만을 추정하여 투자안을 평가할 경우 객관성이 결여될 수 있다. 하지만 현실적으로 경영자들은 투자안의 선택을 지연 또는 포기하거나, 투자안을 변경 또는 철회할 수 있어 이러한 선택적 기회를 투자가치평가에 제대로 반영시킬 수 있어야 한다. 또한 장기적인 관점에서의 전략적 투자, 자본적 지출에 내재된 현실적 옵션을 찾는 등의 농업경영체의 경영목표를 달성할 수 있도록 적극적이고 합리적인 경영의사 결정을 할 수 있도록 지원되어야 할 것이다.

폐지실물옵션모형은 농업경영체의 투자 위험도를 반영하고, 투자 연

기, 포기, 축소, 확장 등의 옵션을 제공하여 불확실성에 따른 투자전략의 유연성을 투자 가치로 간주함으로써 위험성이 높은 투자에 대한 가치를 기존의 평가방법에 비해 정확한 계산이 가능하고, 기존의 실물옵션모형에서 기대현금흐름이나 투자비용에 대한 현재가치를 단일 값으로 가정하는 단점을 구간 값으로 계산하여 이러한 문제점을 해결하였다.

본 연구의 주요 연구결과는 다음과 같다. 자동착유시스템의 확장가능성 퍼지실물옵션분석은 착유두수 60두를 기준으로 분석하였으며, 내용년수 10년 그리고 시장이자율은 5%로 가정하였다. 투자 잉여현금흐름은 모든 조건에서 동일하나 투자비용은 경영여건 상황(기본, 낙관, 비관)에 따라 260~378백만원의 실현 가능성 구간에 따라 각각 값을 주었다.

고전적 투자분석방법인 NPV는 모든 가정에서 동일하게 142백만원으로 분석되었는데 이는 미래의 경영여건 변화에 따른 투자효과의 변화를 효율적으로 감지 못한 것으로 볼 수 있을 것이다.

실물옵션을 이용해 분석한 결과를 살펴보면 옵션의 가치는 기본분석이 12,304천원, 낙관적인 경우 13,415천원 그리고 비관적인 경우는 11,336천원으로 분석되었다. 따라서 e-NPV의 값은 각각 153,826천원, 154,937천원, 152,858천원으로 분석되었다. 이는 경영여건 변화에 따른 투자비용을 반영하여 보다 효율적인 방법으로 투자효과를 분석할 수 있고, 고전적 투자분석기법에서 감지하지 못한 투자의 효과를 반영하는 것으로 볼 수 있다. 반면에 투자잉여 현금흐름 등이 단일 값으로 추정되어 현실적이지 못하는 문제점이 있다.

퍼지실물옵션에서 투자효과를 살펴보면 먼저, 옵션의 가치는 기본분석에서 11,993~19,968천원, 낙관적인 경우 13,090~21,449천원 그리고 비관적인 경우에는 11,051~18,313천원으로 각각 분석되었으며, e-NPV의 값은 각각 153,515~161,489천원, 154,612~162,970천원, 152,573~159,835천원으로 투자효과의 가치를 단일 값이 아닌 구간으로 설정해

유동적인 자본투자 기대효과를 그대로 반영하고 있는 것을 알 수 있다.

본고에서는 낙농농가의 경영확장만을 고려한 투자분석을 실시하였으나 향후에는 보다 다양한 경영여건에 적합한 투자 선택권(투자의 연기, 변경, 철회 등)을 고려하여 보다 신중한 방법으로 투자 분석을 실시해야 할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- 기광석, 정영훈, & 김윤호. (2010). 『로봇착유기 이용자 가이드』, 농촌진흥청
- 박호정, & 황의식. (2003). 실물옵션 모형을 이용한 농지보전 프로그램의 농업투자 효과분석. *농업경제학회/농업경제연구*, 44(4), 122~139.
- 서동균, 신중수, & 이아름. (2010). 2010년 농업과학기술개발 경제성분석 기준자료 집. 농촌진흥청.
- 서상택, & 우수곤. (2010). 실물옵션을 이용한 사과재배농가의 투자 및 퇴출임계점 분석. *농업경제학회/농업경제연구*, 48(2), 93~113.
- 유동선, & 이교원. (2006). 기초퍼지이론. *교우사*.
- 윤가혜, & 허은녕. (2009). 퍼지실물옵션모형을 이용한 가스하이드레이트 R&D 사업의 평가. *자원·환경경제연구*, 18(2), 217~239.
- 이영찬, & 이승석. (2008). 퍼지실물옵션을 이용한 RFID 투자가치 평가. *지식경영연구*, 9(4), 113~125.
- 이의경. (2002) 재무관리. *경문사*.
- 천동원, 김윤호, & 고복남. (2010). 축산연구 경제성 분석방법 및 사례. *국립축산과학원*.
- 축산경제신문. (2007). 착유시스템 변천과 현재의 특장점 조명.
- 통계청. (2011). 2010 축산물생산비.
- 황규승. (2001). 기술 가치평가 기법과 연구방향. *한국경영학회*, 30(2), 451~473.
- Carlsson, C. and R. Fuller. (2001). On possibilistic mean value and variance of Fuzzy number, *Fuzzy sets and systems* 122, 315~326.
- Carlsson, C. and R. Fuller. (2003). A Fuzzy Approach to Real Options valuation, *Fuzzy sets and systems*, 139, 297~312.
- Dubois, D. and Prade, H, *Possibility theory*, Plenum press, New York, 1988.
- K. M. Svennersten-Sjauna and G. pettersson. (2008). Pros and cons of automatic milking in Europe. *J Anim Sci*, 86, 37-46.
- Lenos Trigeorgis. (1996). *Real Option*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

- Merton, R. (1973). Theory of rational option pricing, *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, 141-183.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy Sets as a basis for a theory of possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 3-28.

Received 15 November 2012; Revised 23 November 2012; Accepted 10 December 2012

The Valuation for Automatic Milking System

Yun Ho Kim^a · Chan Soo Son^a · Mi Ok Kim^a · Gu Hyun Jung^b

^aFarm Management Division, Rural Development Administration, 123
Suinro, Suwon, Kyeonggi 441-707, Republic of Korea

^bResource Research Institute in Geonggi-do Agricultural Research,
64-1 Dosin4-ri Sinseo-myeon Yeoncheon-gun Kyeonggi 486-833, Korea

Abstract

This study was accomplished to support farmers who want to introduce Automatic Milking System. The methods of analysis is considered on it as investment analysis that NPV, ROV and FROV. As a classical investment analysis technique, NPV showed 142 thousand won on the every scenarios. On the other hands, The Real Option Analysis showed 153,826, 154,937 and 152,858 on the normal, optimistic and pessimistic scenarios respectively. It is considered as a investment analysis technique for strategic decision-making. But, it may have problem to evaluate present value of expected cash flows and expected costs by a single number. To solve those problems, this paper tried to evaluate Fuzzy Real Option Model which were jointed with a real option model and Fuzzy set model. The result of analysis showed, on respective scenarios, 153,515 to 161,489, 154,612 to 162,970, and 152,573 to 159,835 on the interval estimation. Thereby It is a more realistic in many cases.

key words : Automatic Milking System, Real Option, Fuzzy Real Option Model



Yun Ho Kim is a researcher of Farm Management Department of Rural Development Administration, South Korea. His research interests on livestock management and, agricultural brand valuation

Address: Farm Management Division, Rural Development Administration, Suwon, Kyeonggi 441-707, South Korea
e-mail) chan2s68@korea.kr, phone)82-31-299-2321



Chan Soo Son is a researcher of Farm Management Department of Rural Development Administration, South Korea. His research interests on farm management record and diagnosis.

Address: Farm Management Division, Rural Development Administration, Suwon, Kyeonggi 441-707, South Korea
e-mail) chan2s68@korea.kr, phone)82-31-299-2341



Mi Ok Kim is a researcher of Farm Management Department of Rural Development Administration, South Korea. Her research interests on farm management division, non-market value and rural tourism.

Address: Farm Management Division, Rural Development Administration, Suwon, Kyeonggi 441-707, South Korea
email) miok96@korea.kr, phone)82-31-299-2798



Gu Hyun Jung is a researcher of Resource Research Institute in Geonggi-do Agricultural Research. His research interests on ginseng management and evaluation.

Address: 64-1 Dosing4-ri Sinseo-myeon Yeoncheon-gun Kyeonggi 486-833, South Korea
e-mail) jgh1324@gg.go.kr, phone)82-31-229-6181