



# 월별 가격의 확률분포를 이용한 정보엔트로피 모델에 의한 농산물가격의 불확정성

## Uncertainty of Agricultural product Prices by Information Entropy Model using Probability Distribution for Monthly Prices

은상규\* · 정남수\*\*† · 이정재\*\*\* · 배연정\*

Eun, Sangkyu · Jung, Nam Su · Lee, Jeong-Jae · Bae, Yeongjoung

### ABSTRACT

To analyze any given situation, it is necessary to have information on elements which affect the situation. Particularly, there is greater variability in both frequency and magnitude of agricultural product prices as they are affected by various unpredictable factors such as weather conditions etc. This is the reason why it is difficult for the farmers to maintain their stable income through agricultural production and marketing. In this research, attempts are made to quantify the entropy of various situations inherent in the price changes so that the stability of farmers' income can be increased. Through this research, we developed an entropy model which can quantify the uncertainties of price changes using the probability distribution of price changes. The model was tested for its significance by comparing its simulation outcomes with actual ranges and standard deviations of price variations of the past using monthly agricultural product prices data. We confirmed that the simulation results reflected the features of the ranges and standard deviations of actual price variations. Also, it is possible for us to predict standard deviations for changed prices which will occur after a certain time using the information entropy obtained from relevant agricultural product price data before the time.

**Keywords:** agricultural prices fluctuation; probability distribution; entropy model; uncertainty

### 1. 서 론

불확정성원리 (uncertainty principle)는 입자의 위치와 운동량을 동시에 알아낼 수 없고 두 측정값의 정확도를 일정 이상으로 높일 수 없다는 양자역학적 원리로서 (Maxwell, 1967; Schrodinger, 1984; Leff, 1990; Schürmann and Hoffmann, 2009), 경제·산업을 구성하고 있는 요소에서도 나타나고 있다 (Hicks, 1931; Costas, 1996). 경제·산업의 구성요소인 가격은 수요량과 공급량, 국가적 위상 등 다양한 요인에 의해 종합적으로 가치가 결정되는 형이상학적 존재로서 불확정성이 높기 때문에, 예상한 것과는 다른 변화가 상대적으로 많이 발생하고 있다 (Anshuman et al., 2003). 특히 기후에 영향을 많이 받고, 생산

시기와 저장기간을 조절하기 어려운 특성을 갖는 농산업은 가격의 불확정성이 더욱 커 농가는 안정적인 소득을 도모하는데 어려움이 있다 (Fisher et al., 1994; Suh et al., 2004). 따라서 농산물 가격변화에 대한 예측뿐만 아니라 농산물 가격변화가 가지고 있는 불확정성을 종합적으로 정량화하여, 예상하지 못한 가격변화에 대한 대비가 필요하다 (Spinler and Huchzermeier, 2006).

이에 대한 선행연구로서 농산물의 가격변화를 예측하기 위해 신호추출법 등을 토대로 한 모델과 농산물 가격의 안정성을 평가하는 신뢰성 해석기법에 기반한 모델 등이 연구되었다 (Suh et al., 2004; Kim and Seung, 2009; Kim et al., 2010). 신호추출법은 가격에 영향을 주는 인자들의 변화를 토대로 가격변화를 예측하는 방법이며 (Kaminsky et al, 1998), 신뢰성 해석기법을 기반으로 한 가격안정성을 평가한 모델은 가격에 영향을 미치는 요인 중 영향력이 큰 것을 토대로 농산물 가격의 안정성을 유추하는 방법이다 (Suh et al., 2003). 그러나 신호추출법과 신뢰성 해석기법 등은 가격변화에 영향을 주는 인자들을 종합적으로 고려하여 정량화하고 있지 않기 때문에, 통계적 검증이 어렵거나 장기적 안정성을 판단하기 어려운 단점이 있다 (Kim et al., 2010). 따라서 농가소득의 안정성을 도모하는데 한계가 있으며, 가격변화에 영향을 주는 요인들의 특징을 종합적으로 고려하여 불확정

\* 서울대학교 조경·지역시스템공학부  
 \*\* 공주대학교 산업과학대학, 생물산업공학부  
 \*\*\* 서울대학교 생태조경·지역시스템공학부, 서울대학교 농업생명과학연구원  
 † Corresponding author Tel.: +82-2-880-4589  
 Fax: +82-2-873-2087  
 E-mail: ljj@snu.ac.kr  
 2011년 10월 12일 투고  
 2012년 1월 4일 심사완료  
 2012년 2월 6일 게재확정

성을 계측함으로써 기존모델이 가지고 있는 단점을 보완해야 한다.

정보엔트로피 (information entropy)는 신호나 사건에 있는 알지 못하는 정보의 양을 엔트로피 개념을 빌려 설명한 것으로 (Shannon, 1948), 정보량에 대한 확률변수의 불확정성을 측정 한 지표이다. 정보엔트로피를 계측하는 모델 (Jaynes, 1957; Boltzmann, 1974)은 사회 및 경제에서 나타나는 현상에서 계측 이 어려워 모델링이 불가능한 부분을 표현하고 해석하는 기법으 로 응용되고 있다 (Drăgulescu and Yakovenko, 2000; Hornborg, 2003; Jung and Lee, 2006; Lee et al., 2007). 특히 연구대 상에서 관측된 자료를 통해 대상의 상태변화가 내포하고 있는 불확정성(uncertainty)을 계측할 수 있는 방법론으로 응용되고 있다 (Evans, 1969; Tribus and McIrvine, 1971). 이에 정보엔 트로피 모델을 응용하여 다양한 요인들의 영향으로 인해 발생하 는 가격변화의 불확정성을 계측할 수 있을 것이라 판단된다.

따라서 본 연구에서는 월별 농산물 가격변화에 대한 확률분포 를 구성하여 정보엔트로피 모델에 적용함으로써 농산물 가격변 화의 불확정성을 계측하는 농산물 가격변동 정보모델을 개발하 고자 한다.

## II. 모델의 개발

### 1. 기본이론

문자를 이용하여 지식이나 의미 등을 전달할 때 문자를 받는 조건에 따라 단어의 의미가 왜곡되거나 손실되는 경우가 발생하 여 문장의 의미가 다르게 인식되는 경우가 있다. 특히 다양한 의 미가 있는 단어가 문장에 내포되어 있거나, 문장에서 의미전달에 필요한 단어가 생략되었을 경우에 원 문장의 의미와 다르게 해 석될 가능성이 높다. 이때 문장이 가지고 있는 의미를 정보량이라 할 수 있으며, 문장에서 단어의 생략 등에 의해 최초의 문장 이 가지는 정보량을 손실하여 전달된 문장을 토대로 최초의 문 장을 유추할 때 발생하는 다양한 의미로의 해석하는 가능성을 불확정성(uncertainty)이라 한다. 전달하는 정보를  $Q$ 라 하고 전 달된 정보를  $A$ 라고 하면  $Q-A$ 의 차이만큼 다양한 해석이 발 생하고 이를 불확정성인  $S_I$ 로 나타낼 수 있다. 문장의 정보 차 이에 의해 발생하는 불확정성은 단어의 의미가 시간에 따라 변 함에 의해 문장의 정보량이 변하는 경우에도 발생한다. 이를 수 식으로 표현하면 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$Q(x,t) - A(x,t) = S_I \quad (1)$$

where,  $Q(x,t)$  : quantity of question information,

$A(x,t)$  : quantity of answer information,

$S_I$  : uncertainty of information,

$x$  : position,

$t$  : time

문장의 불확정성은 문장을 구성하고 있는 단어들의 다양한 해석가능성과 부재 여부에 따라 발생한다. 이에 각 단어의 정보 량을 이용하여 전달된 문장의 불확정성의 정량화 할 수 있다. 문 장의 불확정성은 식 (2)를 이용하여 개별 단어( $I$ )의 정보량과 문 장의 정보량의 비를 확률로 표현한 것을 토대로 식 (4)에 적용함 으으로써 계측할 수 있다. 확률을 토대로 불확정성을 계측하는 식 (4)는 정보이론에서 이용하고 있는 엔트로피 모델이며, 열역학에 서 제시하는 열기관을 경계에서 물질과 에너지가 유입·출입이 자 유로운 조건에서 엔트로피를 산출하는 모델과 동일하다 (Jaynes, 1992). 열역학에서는 일반적으로 에너지가 일로 전환될 때 발생 하는 일 이외에도 전환된 에너지를 엔트로피라 하였다. 이때 열 기관의 경계에서 열과 물질의 출입의 제한이 없는 경우에는 열기 관에서 발생하는 엔트로피의 양은 열기관에서 발생할 수 있는 최 대 엔트로피를 생산한다. 이를 열역학에서는 최대엔트로피생산 (Maximum Entropy Production, MEP)법칙이라 하였다 (Kleindon and Lorenz, 2005). 문장은 컴퓨터와 컴퓨터, 사람과 사람, 컴퓨 터와 사람 등 경계의 제한 없이 전달이 자유롭다. 또한 문장이 가지고 있는 정보의 전달은 제약이 없다. 정보의 전달에서 발생 하는 엔트로피는 열역학에서 물질과 에너지의 전달이 자유로운 경계조건과 동일하기 때문에 정보엔트로피 또한 MEP법칙을 따 른다고 하였다 (Dewar, 2002). 즉 문장에서 단어의 다양한 의 미, 단어의 손실 등에 의해 전달된 문장이 다양한 의미로 해석될 수 있으며, 이 중 정보엔트로피는 가장 많이 발생하는 다양한 의 미를 정량화 한 것이다.

$$P_I = \frac{\exp(A_I)}{\sum_I \exp(A_I)} \quad (2)$$

$$\sum_I P_I = 1 \quad (3)$$

$$S_I = - \sum_I P_I \log P_I \quad (4)$$

where,  $A_I$  : path action,

$P_I$  : probability about value of  $I$ ,

$I$  : phase-space paths

열역학에서는 MEP를 열기관에 포함되어 있는 기체의 에너지,

기체의 밀도, 시간이 변할 때의 기체에너지를 토대로 정량화 하였다. 열역학을 토대로 정보이론에서는 단어를 설명할 수 있는 의미의 다양성을 토대로 정량화 한 정보량을  $V$ , 단어가 가지는 다양한 의미 중 단어를 설명할 수 있는 최소한의 정보량을  $d(x,t)$  로 정의 하였다. 또한 단어의 의미는 사전의 종류, 이용되는 분야 등에 따라 변하기 때문에 해석이 가능한 범위인 경계조건( $\Omega$ )을 설정 할 수 있으며, 경계조건이 확장되거나 축소될 때 정보 변화량을  $\overline{F}(x)$ 로 정의 할 수 있다. 단어의 밀도와 경계조건에 따른 정보량 변화는 개별단어의 의미변화에 따른 확률을 이용하여 나타낼 수 있다. 이에 식 (5)는 개별단어의 확률과 밀도의 관계를 나타낸 것을 의미하며, 식 (6)은 경계조건 변화에 따른 단어가 가지는 정보량 변화를 개별단어의 확률을 이용하여 나타낸 것이다.  $x \in V$ 와  $x \in \Omega$ 은 단어의 의미인 정보량은 단어가 나타낼 수 있는 총 정보량과 경계조건에 부합하는 정보량의 총 크기보다 작은 것을 의미한다.

$$\sum_{\Gamma} P_{\Gamma} d(x,t)_{\Gamma} = \langle d(x,t) \rangle \quad (x \in V) \quad (5)$$

$$\sum_{\Gamma} P_{\Gamma} \overline{F}^m(x)_{\Gamma} = \langle \overline{F}^m(x) \rangle \quad (x \in \Omega) \quad (6)$$

where,  $d(x,t)$  : configurations of internal energy and mass density within  $V$ ,

$\overline{F}^m(x)$  : configurations of internal energy and mass flux within  $\Omega$ ,

$V$  : volume,

$\Omega$  : boundary

문장이 전달될 때 정보손실에 따른 불확정성은 MEP법칙을 따르기 때문에 (Young, 1971) 최적해를 구하는 한 방법인 라그랑지 승수법을 이용하여 나타낼 수 있다. 식 (7)과 식 (8)은 라그랑지 승수법을 이용하여 문장의 밀도와 경계조건에 따른 정보량을 나타낸 것을 의미한다. 식 (9)는 라그랑지 승수를 이용하여 밀도에 의해서 가질 수 있는 정보량과 경계에 따른 정보량의 총합으로 단어의 정보량을 나타내는 것을 의미한다.

$$\frac{\delta \ln \left( \sum_{\Gamma} \exp(A_{\Gamma}) \right)}{\delta \lambda(x)} = \langle d(x,t) \rangle \quad (x \in V) \quad (7)$$

$$\frac{\delta \ln \left( \sum_{\Gamma} \exp(A_{\Gamma}) \right)}{\delta \eta(x)} = \langle \overline{F}^m(x) \rangle \quad (x \in \Omega) \quad (8)$$

$$A_{\Gamma} = \int_V \lambda(x) d(x,t)_{\Gamma} + \int_{\Omega} \eta(x) \overline{F}^m(x)_{\Gamma} \quad (9)$$

where,  $\lambda(x), \eta(x)$  : Lagrange multipliers

식 (10)은 단어를 정의할 수 있는 최소한의 정보량과 경계조건에 따른 단어의 정보량 변화의 관계를 충분히 짧은 시간에 변하는 단어의 의미를 이용하여 나타내고 있다. 식 (11)은 식 (10)을  $t=0$ 에서  $t=\tau$ 까지 비교적 짧은 시간동안 경계조건 변화에 의해 발생한 단어의 정보변화량을 단어의 의미를 설명할 수 있는 최소한의 정보량으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\delta d(x,t)_{\Gamma}}{\delta t} = -\nabla F_{\Gamma} + Q_{\Gamma} \quad (10)$$

$$d(x,0)_{\Gamma} = \frac{1}{2} [d(x,0)_{\Gamma} + d(x,\tau)_{\Gamma}] - \frac{\tau}{2} \frac{\delta d(x,t)_{\Gamma}}{\delta t} \quad (11)$$

where,  $Q$  : source term

식 (12)는 동일한 경계조건일 때 단어를 정의하기 위해 필요한 최소 정보량을 간략하게 나타낸 것이다. 시간에 의해 변하는 단어의 최소 정보량을 경계조건에 따른 단어의 정보량으로 표현한 식 (10)과 충분히 짧은 시간에서 단어를 정의할 수 있는 최소한의 정보량이 변하는 정도를 나타낸 식 (11)을 단어가 가질 수 있는 총 정보량을 표현한 식 (9)에 대입하면 식 (13)으로 나타낼 수 있다. 식 (13)의 첫 번째와 두 번째 항은 단어가 가질 수 있는 총 정보량에 따른 단어에 대한 밀도의 총 합을 의미하며, 세 번째 항은 경계조건이 변함에 따른 단어의 정보량을 의미한다. 이때 충분히 짧은 시간이기 때문에  $\tau$ 는 0이 되어서 경계조건이 변함에 따라 단어의 최소한의 정보량이 변하는 것은 두 번째 항에서 고려하고 있기 때문에 세 번째 항은 중복이 되어 생략이 가능하며, 이를 식 (14)로 나타낼 수 있다.

$$d_{\Gamma(t)} = d(x,t)_{\Gamma} \quad (12)$$

$$A_{\Gamma} = \frac{1}{2} \int_V \lambda(d_{\Gamma(0)} + d_{\Gamma(\tau)}) - \frac{\tau}{2} \int_V (\overline{F}_{\Gamma} \nabla \lambda + \lambda \overline{Q}_{\Gamma}) + \int_{\Omega} \left( \frac{\lambda \tau}{2} + \eta \right) \overline{F}_{\Gamma}^m \quad (13)$$

$$A_{\Gamma} = \frac{1}{2} \int_V \lambda(d_{\Gamma(0)} + d_{\Gamma(\tau)}) - \frac{\tau}{2} \int_V (\overline{F}_{\Gamma} \nabla \lambda + \lambda \overline{Q}_{\Gamma}) \quad (14)$$

시장에서는 자본, 물자, 노동력 등이 경제조건에 따른 구속을 받지 않으며 이동이 가능하다 (Ayres, 1994; Jaynes, 1992). 또한 자본, 물자, 노동력 등은 통화를 이용하여 정량적 표현이 가능하며, 자본, 물자, 노동력을 통화로 정량화함으로써 서로의 관계를 규정할 수 있다. 따라서 시장의 상태를 나타내는 시장의 구성요소를 통화로 표현하고 종합하여 통화의 변화량으로 시장의 상태를 나타낼 수 있다 (Drăgulescu and Yakovenko, 2000). 상품은 자본, 노동력 등을 이용하여 만들 수 있으며, 이에 상품의 가치를 통화를 이용하여 정량적으로 나타낼 수 있다. 이러한 상품에서의 가치는 기본적으로 자본, 노동력 등 알려진 인자에 의해서 영향을 받을 뿐 아니라, 예측이 어려운 시장의 구성 요인들에 의해 영향을 받기 때문에 상품의 가격은 실제 발생한 가격과 예상한 가격이 일치하지 않는 불확정성 현상이 발생한다 (Hicks, 1931; Calton, 1978; Jeff, 1998; Anshuman et al., 2003; McMAHON and Mrozek, 2003). 그리고 상품의 가치에 영향을 미치는 요인들은 정보이며, 요인들의 상태는 통화로 이용하여 표현이 되고, 상품에 가격에 포함됨으로, 상품의 가격변화를 통해 상품의 가격이 가지는 불확정성을 정량적으로 나타낼 수 있다 (식 (15)). 이에 정보이론에서 이용하고 있는 엔트로피 모델을 확장하여, 상품의 가격의 불확정성 예측이 가능할 것이다. 또한 정보의 불확정성은 MEP를 따르고 있으므로 시장의 경제 조건에 따라 상품가격에 대한 불확정성도 MEP를 따를 것이라 가정하고, 과거의 상품 가격변화에 따른 엔트로피와 차후 발생할 상품의 가격과 관계를 모색한다.

$$C(d) - C(u) = S_c \quad (15)$$

where,  $C(d)$  : demand on price,

$C(u)$  : supply on price,

$S_c$  : uncertainty in market

## 2. 월별 가격확률을 이용한 엔트로피 모델

시간에 따른 가격변화의 특징을 확률분포를 구성하여 엔트로피 모델에 응용함으로써 농산물가격 변화의 불확정성을 정량화한 농산물가격정보엔트로피 (agricultural product price fluctuation information entropy, APPFIE)를 산정하는 모델을 구성 하였으며, Fig. 1은 모델을 구성하는 순서도이다.

순서도에서 첫 번째 단계는 원 가격자료를 가격크기 단위를 조절하여 가공하는 것이다. 이를 표현한 함수가 식 (16)이며, 원 가격자료를 가격단위크기구간에 따라 대표가격으로 변환하는 함수이다. 단 가격크기 단위 조절에 따라 불확정성을 정량화한 APPFIE의 민감도가 변한다.

$$a_i' = kx = [a_i], \text{ if } kx \leq a_i < k(x+1) \quad (16)$$

where,  $a$  : raw data of prices,

$a'$  : representative value of prices,

$k$  : size of the unit interval,

[ ] : Gauss' notation

순서도 Fig. 1에서 모델을 구성하기 위해 두 번째 단계는 시간 경과에 따른 각 가격별 변동에 대한 경우의 수를 구성하는 것이다. 열을 대표하는 n-1시간의 가격이 행을 대표하는 n시간의 가격으로 변동할 때 경우의 수는 1씩 증가한다.

모델구성에서 세 번째 단계는 하는 확률분포구성으로써 식 (17)을 이용한다.

$$P_{ij} = \frac{\exp(b_{ij})}{\sum_m \sum_n \exp(b_{mn})} \quad (17)$$

where,  $b$  : study of cases about price changes,

$P$  : probability about price fluctuations

순서도에서 모델구성의 마지막 단계는 농산물가격 불확정성을 구하는 것이다. 이는 불확정성을 예측하는 정보이론의 엔트로피 모델인 식 (4)에 가격의 확률분포를 적용함으로써, 농산물가격의 불확정성을 정량화한 값인 APPFIE를 산정하는 모델로 확장하였고, 식 (18) 같이 구성할 수 있다.

$$S_c = - \sum_i \sum_j P_{ij} \log P_{ij} \quad (18)$$

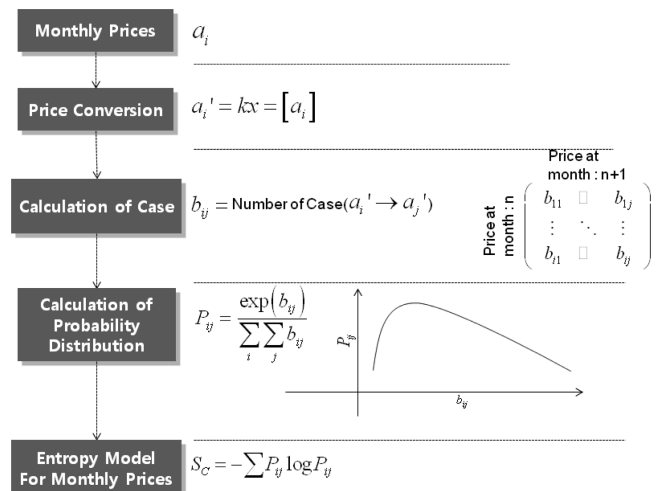


Fig. 1 Flow diagram showing the stages in the measuring of APPFIE

where,  $S_c$  : value of agricultural product price fluctuation information entropy

### III. 구현 및 결과

#### 1. 자료

농산물 가격변동의 불확정성은 농산물유통공사에서 제공하는 시장가격을 토대로 계측하였다. 농산물유통공사에서 월별 가격을 제공하는 59개 농산물 중에는 가격이 누락된 품종이 있기 때문에 농산물 전체를 대상으로 가격 변동에 대한 불확정성 계측을 하여 모델의 유효성을 검증하는데 어려움이 있었다. 이에 59개 농산물에 대해 층화표집방법을 이용하여 16개 품목을 추출하였다 (Table 1).

Table 1 Description of selected agricultural products (1996-2010)

Item	Place of Production	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation
bean	domestic	3355.37	1032.54	0.31
rice	domestic	1961.66	154.26	0.08
carrot	domestic and imported	948.08	362.42	0.38
chinese cabbage	domestic	421.90	203.63	0.48
chives	domestic (spring onion)	2074.26	880.94	0.43
eggplant	domestic and imported	1833.02	761.21	0.42
ginger	domestic	3550.63	1891.87	0.53
welsh onion	domestic	1144.18	510.33	0.45
hot pepper	domestic (green chilli)	3551.77	1541.63	0.43
onion	domestic and imported	666.94	257.712	0.39
sesame leaf	domestic and imported	5902.35	2138.12	0.36
tomato	domestic and imported	2655.17	929.32	0.35
apple	domestic (fuji)	3165.06	1068.96	0.34
pear	domestic (mitaka)	2353.03	775.85	0.33
chrysanthemum	domestic	5758.01	2141.09	0.37
peanut	domestic	4722.34	1584.53	0.34

unit: won / kg-month

#### 2. 농산물가격 변화의 불확정성

농산물가격정보엔트로피(APPFIE)는 가격에 영향을 주는 요인 중 계측이 어려운 인자를 종합적 고려하여 정량화 한 값이다. 농산물 가격 변동이 크다는 것은 농산물 가격 예측이 불확실하다는 것을 의미하기 때문에, APPFIE는 농산물 가격 변동폭과 비례할 것이다. 이를 확인하기 위해 APPFIE와 농산물 가격의 변화율을 비교하였다 (Fig. 2(a)). 농산물 가격 변화율은 조사기간 내 농산물의 최고가격과 최저가격의 차를 표준화 한 값이다. 3년간의

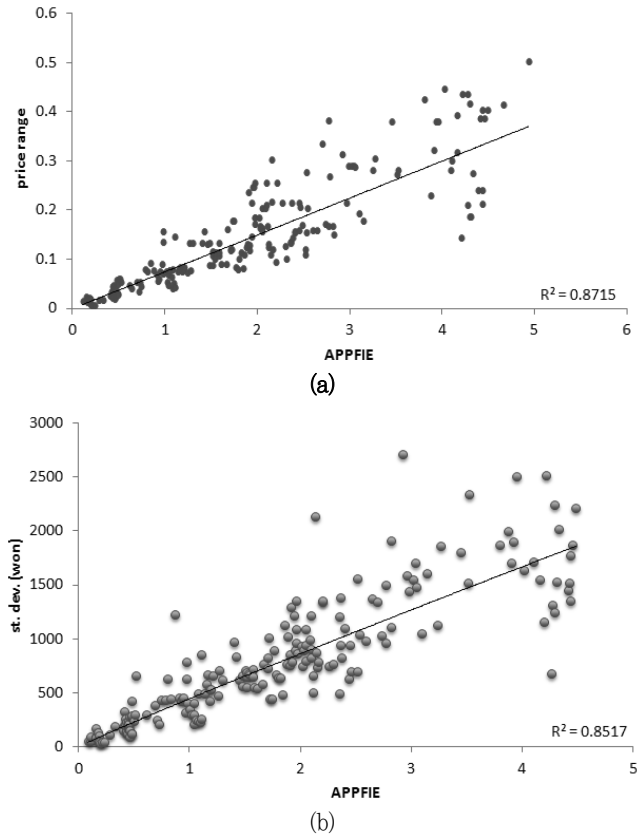


Fig. 2 Comparison of the agricultural product price fluctuation information entropy (APPFIE) with rate of price changes (a) and standard deviation (b)

농산물 가격 자료를 바탕으로 APPFIE와 가격 변화율을 비교한 결과  $R^2$ 은 0.872, 변량계수는 0.217~0.749로 나타났다. 동일한 조건으로 APPFIE와 농산물 가격 표준편차를 비교한 결과  $R^2$ 은 0.852, 변량계수는 0.021~0.986로 나타났다 (Fig. 2(b)). 따라서 농산물 가격의 불확정성을 의미하는 APPFIE는 실제 가격의 변동과 상당한 관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 변량계수의 결과, 가격범위와 표준편차는 불확정성 값이 커짐에 따라 값의 분포 범위가 커지고 있는 피라미드 모양의 산포형태를 나타내고 있다.

#### 3. 불확정성을 이용한 가격편차 예측

농산물 가격에 영향을 주는 요인 중 계측이 어려운 영향을 종합적으로 고려한 값의 크기인 농산물 가격 정보 엔트로피 (APPFIE)는 미래의 농산물 가격 변동과 연관이 크다고 판단된다. 이에 APPFIE를 계산하기 위한 자료의 기간과 비교할 농산물의 가격 자료의 기간을 달리하면서 일정한 기준시점을 중심으로 과거의 APPFIE와 미래의 가격에 대한 표준편차의 상관성을 분석하였다

**Table 2 Comparison of the APPFIE with standard deviation for various data term**

APFIE (used years)	st. dev. (predict years)	$R^2$	Coefficient of variation		
			min.	max.	total
5	5	0.866	0.026	0.979	0.686
	4	0.867	0.013	1.040	0.709
	3	0.856	0.011	1.030	0.747
	2	0.821	0.200	1.071	0.799
4	4	0.860	0.021	1.021	0.733
	3	0.789	0.135	0.723	0.652
	2	0.819	0.031	0.894	0.754
3	3	0.877	0.025	0.979	0.775
	2	0.857	0.140	0.996	0.796

(Table 2).

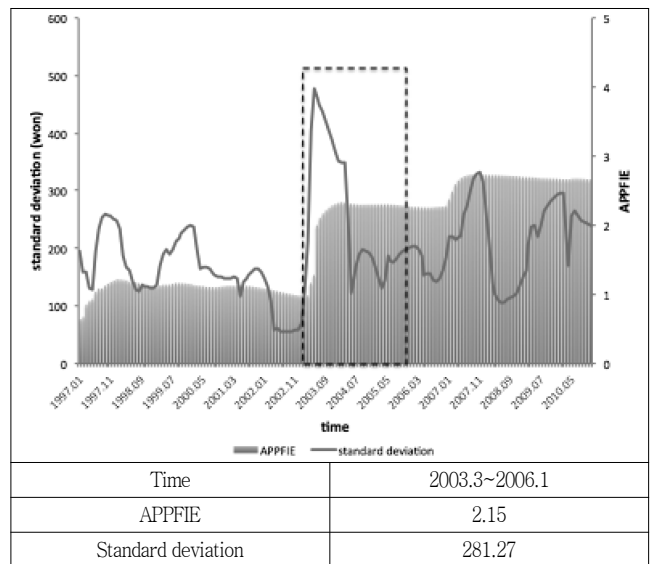
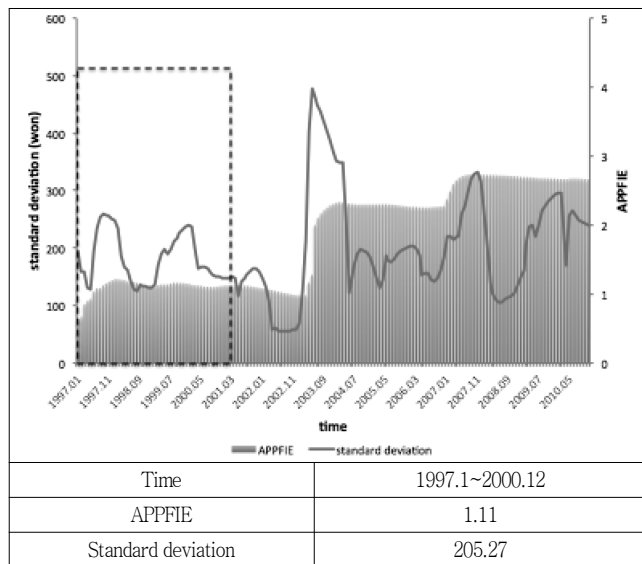
Table 2의 1번째 열은 불확정성 및 표준편차의 예측기간은 5년이고, 불확정성 예측시작 년도보다 표준편차의 예측년도가 4년 빠름을 의미한다. 즉 1996년부터 2000년까지의 가격자료의 불확정성 예측 값과 2000년부터 2004년까지 가격자료의 표준편차를 1년씩 증가시키며 비교하였다. 회귀분석에 의한 결과,  $R^2$ 은 0.789~0.899이었고 변량계수의 분포는 0.652~0.799이었다. 대체적으로 APPFIE가 높아짐에 따라 표준편차가 커졌으며, 표준편차 값의 분포 또한 커지는 피라미드 모양의 산포형태를 보였다. 이로부터 가격 확률분포를 이용한 엔트로피 모델을 이용하여 축적되어 있는 가격자료에 대한 정보를 종합한 불확정성과 장기적인 가격의 편차는 유사성이 있고 판단할 수 있다.

상관관계가 상대적으로 작은 값을 보이는 구간은, 이전 가격에

비해 상승 혹은 하락한 가격이 지속될 때  $R^2$ 값이 상대적으로 작은 값을 보이는 것으로 관측되었다. 표준편차의 예측구간이 작을수록 지속되는 가격이 미치는 영향력은 커지며, 불확정성에 따른 표준편차 값이 산발적으로 분포되기 때문이다. 이는 불확정성 예측구간을 5년으로 고정하고 표준편차의 예측구간을 5년에서 2년으로 변경함에 따라  $R^2$ 이 작아지고 변량계수의 값이 커지는 것에서 확인할 수 있다.

**Table 3 Uncertainty of individual agricultural products (1996~2010)**

Agricultural product	APPFIE	Standard deviation	Coefficient of variation
rice	0.19	154.26	0.08
bean	0.24	1032.54	0.31
chinese cabbage	0.68	203.63	0.48
welsh onion	0.69	510.33	0.45
carrot	0.70	362.42	0.38
onion	0.77	257.712	0.39
eggplant	1.41	761.21	0.42
chives	1.78	880.94	0.43
tomato	1.80	929.32	0.35
pear	1.88	775.85	0.33
peanut	2.17	1584.53	0.34
apple	2.23	1068.96	0.34
hot pepper	2.49	1541.63	0.43
sesame leaf	3.05	2138.12	0.36
ginger	4.05	1891.87	0.53
chrysanthemum	4.18	2141.09	0.37



**Fig. 3 Comparison of the APPFIE with the price of orion (1997~2010)**

#### 4. 개별 농산물 가격변화와 불확정성 비교

품종 별 농산물가격의 불확정성을 1996년~2010년도의 월별 농산물 가격자료를 이용하여 계산하였다 (Table 3). 국가목록등재 대상 농산물인 쌀의 불확정성 값은 0.19, 콩의 불확정성 값은 0.24로 다른 농산물에 비해 불확정성이 상대적으로 낮았고, 국가 목록등재 대상 아닌 생강과 국화의 불확정성 값은 4.05, 4.18로 다른 농산물에 비해 불확정성이 상대적으로 높았다. 국가목록에 등재되어 국가가 적극적으로 가격에 개입하는 쌀 같은 품목은 가격의 변동폭이 낮고, 바로 불확정성으로 반영되고 있음을 확인할 수 있다. 배추는 가격의 폭락과 폭등이 잦은 농산물로 인식되어 있지만 불확정성 계층치가 작았다. 이는 배추가격의 상승과 하락은 비록 주기에 차이는 있지만, 반복되는 현상이며, 그 변동폭이 비교적 일정하다는 것을 의미한다.

Table 3에서 제시한 APPFIE는 농산물 가격변화정보를 가지고 있기 때문에 개별 농산물 가격변동을 예상할 수 있을 것이다. 이의 적용성을 확인하기 위해 1년 전부터 현재까지의 양파가격 자료로부터 얻은 APPFIE와 현 시점의 가격의 비교를 하였으며, 그 결과를 도시하였다 (Fig. 3). 양파 불확정성을 이용하여 2003년에 폭등하는 가격을 예측할 수는 없었지만, 가격폭등 후 불확정성은 상대적으로 증가되는 것을 확인할 수 있다. APPFIE는 기존의 가격변화 정보에 대한 값이므로 새로운 사건의 발생은 예측할 수 없지만, 사건이 다시 발생할 경우에는 예측이 가능 할 것으로 생각된다. 따라서 엔트로피 모델은 가격변동 예측모델로써 이용이 가능할 것이다.

#### IV. 결 론

농산물은 긴 생육기간과 예측이 어려운 기후 등에 의해 발생하는 불확정성으로 인해 생산량의 추정이 어렵다. 게다가 농산물의 낮은 가격 탄력성, 수입물량의 증대 등으로 인해 농산물 가격의 예측은 매우 어렵다. 따라서 농산물 가격을 형성하는 여러 요인 중 불확정한 요인들을 계량적으로 고려하는 방안이 필요하다. 본 연구에서는 정보이론에서 이용하는 엔트로피 모델을 확장하여, 농산물 가격에 영향을 미치는 불확정한 요인들의 정보를 종합하여 정량화하는 농산물 가격 정보 엔트로피 (APPFIE) 모델을 제시하고, 그 활용성을 검증하였다.

적용결과 APPFIE는 동일한 기간 농산물 가격 변동율과 유사한 거동 ( $R^2[0.789, 0.899]$ )을 하고 APPFIE가 커짐에 따라 농산물 가격들의 표준편차 산포도도 커지는 경향을 보였다. 또한 과거의 농산물 가격으로 계산한 APPFIE와 미래의 농산물 가격 변동폭을 비교한 결과  $R^2$ 가 0.872, 표준편차와는  $R^2$ 이 0.886을 얻었다. 따라서 본 연구결과 농산물가격의 변동 정보로부터 불확

정성 요인을 정량화하여 얻은 엔트로피 값은 표준편차 및 가격 범위를 종합적으로 고려하고 있었을 뿐만 아니라 미래에 발생할 표준편차와도 유의함을 보인다고 할 수 있다.

과거 농산물 가격 정보를 이용하여 측정한 불확정의 정도 (APPFIE)는 농산물 가격을 결정하는 여러 요인들의 불확실한 정도를 계량화 한 값이다. 따라서 정보이론의 엔트로피 모델을 확장하여 농산물가격에 적용이 가능할 것이며, 농산물가격 변동에 대한 엔트로피 모델은 차후 가격변동 예측모델로써 확장되어 기존 모델이 가지고 있었던 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 농민이 작물재배를 시작할 때 농산물에 의해 얻을 수 있는 소득에 대한 안정성 여부와 재배하고 있는 농산물의 종류를 변경할 때 수익위험성 여부 등에 대한 지표의 토대로 APPFIE를 이용할 수 있을 것이다.

이 논문은 2011년도 농업진흥청 (4대강 유역 농업복합단지 계획·운영 모델 개발)의 지원을 받아 수행된 연구임.

#### REFERENCES

1. Anshuman, D. C., 2003. Managing Demand Uncertainty in Supply Chain Planning. *Computers and Chemical Engineering* 27: 1219-1227
2. Ayres, R. U., 1994. Information, Entropy, and Progress: A New Evolutionary Paradigm. *American Institute of Physics*.
3. Boltzmann, L., 1974. The Second Law of Thermodynamic. *Populare Schriften, Essay3, Imperial Academy of Science* (Original work published 1886).
4. Carlton, D. W., 1978. Market Behavior with Demand Uncertainty and Price Inflexibility. *The American Economic Review* 68(4): 571-587.
5. Costas, A., 1996. Private Information, Money, and Growth: Indeterminacy, Fluctuations, and the Mundell-Tobin Effect. *Journal of Economic Growth* 1: 309-332.
6. Dewar, R., 2002. Information theory explanation of the fluctuation theorem, maximum entropy production and self-organized criticality in non-equilibrium stationary states. *J. Phys. A*: 1-21.
7. Drăgulescu, A., and V. M. Yakovenko, 2000. Statistical mechanics of money. *The European Physical Journal B* 17: 723-729.
8. Evans, R. B., 1969. A Proof that Essergy is the only

- Consistent Measure of Potential Work. *Dartmouth College*.
9. Fisher, M. L., J. H. Hammond, W. R. Obermeyer and A. Raman. 1994. In An Uncertainty world. *Harvard business Review*: 83-93.
  10. Hicks, J. R., 1931. The Theory of Uncertainty and Profit. *Economica* 32: 170-189.
  11. Hornborg, A. 2003. Cornucopia or Zero-Sum Game? The Epistemology of Sustainability. *Journal of World-Systems Research* 9(2): 3-14.
  12. Jaynes, E. T., 1957. Information Theory and Statistical Mechanics. *Physical Review* 106 (4): 620-630.
  13. Jaynes, E. T., 1992. The Gibbs Paradox. *Kluwer Academic Publishers*: 1-22.
  14. Jeff, F., 1998. Information and volatility linkages in the stock, bond, and money markets. *Journal of Financial Economics* 49: 111-137.
  15. Jung, N. S., and J. J. Lee., 2006. A Cultural Property Priority Assessment Using Information Measure Technique. *Journal of the Korean Society of Rural Planning* 48(1): 41-48 (in Korean).
  16. Kaminsky, G. L., S. Lizondo, and C. M. Reinhart. 1998. Leading indicators of currency crises. *IMF Staff Papers* 45(1): 1-48.
  17. Kleidon, A. and R. Lorenz. 2005. Entropy Production by Earth System Processes. *UCS* 2: 1-20.
  18. Kim, T. H., and J. H. Seung, 2009. Early warning system of signal approach about World grain price. *Journal of Rural Development* 32(3): 71-84 (in Korean).
  19. Kim, K. S., J. H. Kim., and D. H. Ahn., 2010. Identify critical point for development about early warning system of agricultural product price. *Journal of Rural Development* 33(4): 19-41 (in Korean).
  20. Lee, J. M., N. S., Jung and J. J. Lee. 2007. A Rural Amenity Priority Assessment Model Using Information Measure Technique. *Journal of the Korean Society of Rural Planning* 49(4): 73-79 (in Korean).
  21. Leff, H. S., 1990. Maxwell's Deamon, Power, and Time. *American Journal of Physics* 58: 135-141.
  22. Maxwell J. C., 1967. Letter to Peter Guthrie Tait. *Cambridge University Press*: 213-215.
  23. McMAHON, G. F. and J. R. Mrozek. 1997. Economics, entropy and sustainability. *Hydrological Sciences Journal* 42(4): 501-512.
  24. Schrodinger, E., 1984. Statistical Thermodynamics. *Dover Publications*.
  25. Schürmann, T. and I. Hoffmann. 2009. A Closer Look at the Uncertainty Relation of Position and Momentum. *Foundations of Physics* 39(8): 958-963.
  26. Shannon, C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423 and 623-629.
  27. Spinler, S. and A. Huchzermeier. 2006. The valuation of options on capacity with cost and demand uncertainty. *European journal of Operational Research* 171: 915-934.
  28. Suh, K., T. G., Kim and J. J., Lee. 2003. Reliability Analysis for Price Forecasting of Chinese Cabbage. *Journal of the Korean Society of Rural Planning* 50(3): 71-79 (in Korean).
  29. Suh, K., J. J. Lee, Y. M. Huh, H. J. Kim and H. J. Yi. 2004. Analysis of the Effect of Shipping Control depending on the Limited Storage Life of Agricultural Products. *Journal of the Korean Society of Rural Planning* 10(3): 53-58.
  30. Tribus, M. and McIrvine, E. C., 1971. Energy and Information. *Scientific American* 225: 179-188.
  31. Young, J. F., 1971. Information Theory. *Wiley Interscience*.