

# Economic Value Analysis of Asian Dust Forecasts Using Decision Tree-Focused on Medicine Inventory Management

Seung-Chul Yoon · Ki-Kwang Lee<sup>†</sup>

School of Business Administration, Dankook University

## 의사결정트리를 활용한 황사예보의 경제적 가치 분석-의약품 재고관리문제를 중심으로

윤승철 · 이기광<sup>†</sup>

단국대학교 경영학부

This paper deals with the economic value analysis of meteorological forecasts for a hypothetical inventory decision-making situation in the pharmaceutical industry. The value of Asian dust (AD) forecasts is assessed in terms of the expected value of profits by using a decision tree, which is transformed from the specific payoff structure. The forecast user is assumed to determine the inventory level by considering base profit, inventory cost, and lost sales cost. We estimate the information value of AD forecasts by comparing the two cases of decision-making with or without the AD forecast. The proposed method is verified for the real data of AD forecasts and events in Seoul during the period 2004~2008. The results indicate that AD forecasts can provide the forecast users with benefits, which have various ranges of values according to the relative rate of inventory and lost sales cost.

**Keywords** : Decision Tree, Inventory Problem, Asian Dust Forecasts, Information Value Analysis

### 1. 서 론

최근 심각한 기후변화 추세에 의해 이상고온, 집중호우, 대형 태풍, 황사 등 이상기후가 예전보다 빈번히 발생하고 있다. 이에 따른 국민 개개인의 피해뿐만 아니라 농업, 어업, 유통업, 제조업, 보건 및 레저산업 등 기상과 밀접한 연관이 있는 기상민감산업들의 피해도 증가하고 있는 추세이다. 기상현상에 따른 피해를 저감시키기 위해서는 악기상의 발생이전에 실시하는 예방책이 중요한데, 이 때 악기상 발생에 대한 기상예보의 정확도는 피해 저감을 위한 필수 요소 중 하나이다.

기상예보의 중요성을 경제적 가치로 환산하기 위한 연

구가 지난 40여 년간 진행되어 왔는데, 초기에는 주로 기상예보를 일반재화와 동일하게 간주하고 시장주의에 입각한 가치 또는 가격 산정방법이 연구되었다[1-4]. 그러나, 이와 같은 방법은 경쟁제가 아닌 공공재로서의 성격이 큰 기상예보에는 적합하지 않다는 주장이 있어왔다. 이에 사용자의 의사결정 및 실제 기상현상 발생여부에 따라 청산액이 달라진다는 가정하에 주로 분할표(contingency table)를 사용하여 가치스코어(value score)를 산출하는 방법이 제안되어 최근까지 활발하게 연구되고 있다[6, 8, 9, 11, 15, 18, 19, 21, 23]. 가치스코어 모형은 과거 농업과 같은 단순 의사결정문제에는 적용 가능하였으나, 산업구조 및 의사결정구조의 복잡도가 높아지면서 최근에는 복잡한 의사결정문제를 기상정보를 활용하여 효과적이고 효율적으로 해결하고자 하는 연구분야가 대두되고 있다 [7, 12, 16, 17, 20, 22].

본 연구에서는 황사예보를 활용한 관련 의약품 재고 관리 문제에 대해 의사결정트리를 활용하여 의사결정문제를 구조화하고 이를 가치스코어라는 상대적 가치가 아닌 실제 손익 가치를 도출하고자 한다. 의료산업에서 기상예보의 가치를 도출하는 기존 연구는 주로 기상현상이 특정 관심질병에 미치는 영향을 분석하는 것이 주류를 이루었다[5, 10, 13, 14, 24]. 예를 들어, 황사발생으로 인한 호흡기 또는 안과 관련 질환의 증가 정도를 분석하거나, 기온에 따른 사망률의 상관관계 등을 도출함으로써 황사 또는 기온예보의 가치를 간접적으로 추론하는 방식이다. 그러나, 이와 같은 연구방법은 기상예보의 실제 가치를 도출하기에는 무리가 있다.

따라서, 본 연구에서는 가치스코어 모형에서 다루기 힘든 복잡한 구조의 의사결정문제에 적용이 가능하고 기상예보의 실제 가치를 도출할 수 있는 방법으로 의사결정트리를 활용하고자 한다. 이를 위해 기온, 강수, 태풍, 안개 등 여러 가지 기상현상 중 황사현상을 대상으로 기존 연구들[13, 14, 24]에서 밝혀진 친식이나 결막염 등의 황사에 대한 민감도가 높은 질환의 의약품에 대한 재고관리 문제를 가정하였다. 24시간 전 황사예보를 통해 익일의 관련 의약품 재고수준을 결정하는 문제로서 다음 날 실제 황사발생 여부 및 재고수준에 따라 손익수준이 결정된다. 이 때, 과거 황사예보의 정확도에 따라 기대수익을 계산함으로써 황사예보에 따라 재고수준을 결정했을 때와 그렇지 않을 때의 손익분석을 수행하여 그 결과를 비교함으로써 가정된 시나리오에서 황사예보의 실제 기대가치를 산정하였다.

## 2. 의약품 재고수준 결정문제

### 2.1 이익-손실 모형

본 연구에서 황사현상의 발생여부에 따라 관련 질환의 의약품 수요량이 영향을 받는다고 가정한다면 의약품 재고수준 결정 시나리오는 <Table 1>과 같이 분할표로 이익 및 손실 상황을 모형화할 수 있다.

의약품 산업에 있어서 해당 수요량이 황사의 발생여부에 따라 영향을 받고, 황사발생 예측 여부에 따라 의사결정자는 최소(Min), 최대(Max) 및 그 중간(Medium) 수준의 의약품을 재고수준으로 설정한다고 가정한다. 이때, 실제 황사발생 여부 및 재고수준에 따라 이익 또는 손실이 발생하게 될 것이다. 의사결정자가 다음 날 최소 수준의 재고만을 준비하는 경우, 실제 익일 황사가 발생하지 않는다면 최소 수요만큼의 기본이익  $B$ 를 얻게 될 것이나, 황사가 발생한다면 추가 수요량을 맞추지 못함으로써 판매손실(loss of sales)이 발생하게 될 것이다. 판매손

<Table 1> Contingency Table

	Inventory Level		
	Min	Medium	Max
AD Event	Base profit -Loss of sales ( $B-aP$ )	Base profit +Additional profit -Loss of sales ( $B+0.5P-0.5aP$ )	Base profit +Additional profit ( $B+P$ )
No AD	Base profit( $B$ )	Base profit -Inventory loss ( $B-0.5L$ )	Base profit -Inventory loss ( $B-L$ )

실은 기업의 특성에 따라 다양하게 설정하게 되는데, 본 연구에서는 추가이익  $P$ 에 대한 일정 비율( $a$ )에 해당하는  $aP$ 로 표현한다. 최소 수준의 재고준비와 반대로 의사결정자가 익일 재고로서 최대 수준을 결정한 경우, 실제 해당일에 황사가 발생한다면 기본이익  $B$ 에 추가 수요 발생에 의한 추가이익  $P$ 를 얻을 수 있는 반면에 황사가 발생하지 않는다면 이에 따른 추가 수요가 없는 관계로  $L$ 만큼의 재고손실을 얻게 될 것이다. 최소 및 최대 수준의 평균값인 중간 수준의 재고를 준비하는 경우에는 황사 발생 여부에 따라 위 최소 및 최대 수준에 의해 결정되는 손익의 평균값으로 결정될 것이다.

<Table 1>의 상황에서는  $B, P, L$  및  $a$ 의 네 가지 변수가 모형에 포함되는데, 보다 용이한 분석을 위해 기본이익  $B$ 는 0으로 설정하고 ‘ $P/L$  비율’이라는 개념을 도입하여 ‘ $P/L$  비율’을  $x$ 로 나타내면  $L$ 을  $P/x$ 로 표현함으로써 <Table 1>을 아래 <Table 2>와 같이 나타낼 수 있다.

<Table 2> Simplified Contingency Table

	Inventory Level		
	Min	Medium	Max
AD Event	-Loss of sales ( $-aP$ )	Additional profit -Loss of sales ( $0.5P-0.5aP$ )	Additional profit ( $P$ )
No AD	Base profit (0)	Inventory loss ( $0.5P/x$ )	Inventory loss ( $P/x$ )

<Table 2>와 같이 변환함으로써 <Table 1>의 네 가지 변수들을 세 개로 축소하고  $a$ 와  $L$ 을 추가이익  $P$ 에 대한 상대적 수치로 표현함으로써 향후 민감도 분석을 수행할 때 추가이익  $P$ 를 기준으로 상대비교가 가능하도록 하였다.

### 2.2 의사결정트리 변환

<Table 2>의 내용에서 악기상의 발생 여부를 미리 예측해주는 표본정보(황사예보)를 얻어 이에 따라 의사결정을 할지 여부를 결정하는 상황을 추가 가정한다면 <Figure

1>과 같이 두 번의 의사결정 및 두 번의 확률적 상황이 포함된 의사결정트리로 변환가능하다. 즉, <Figure 1>에서 상자 형태의 노드(node)는 의사결정상황을 나타내며 의사결정 대안으로서 최소(Min), 중간(Medium) 및 최대(Max) 재고수준이 있다. 원 형태의 노드는 확률적 사건발생상황을 나타내며, 재고수준의 의사결정 대안별로 황사 발생(Asian Dust event) 여부에 따라 얻을 수 있는 이익 또는 손실규모는 트리의 가지(branch) 맨 끝에 표현된다. 원 형태의 확률사건노드에서는 각 확률적 사건별로 발생확률이 지정되고, 이에 따라 상자 형태의 의사결정노드에서는 각 의사결정 대안별로 기댓값이 결정되며, 이에 따라 기댓값이 가장 큰 의사결정 대안이 최적결정으로 선정된다.

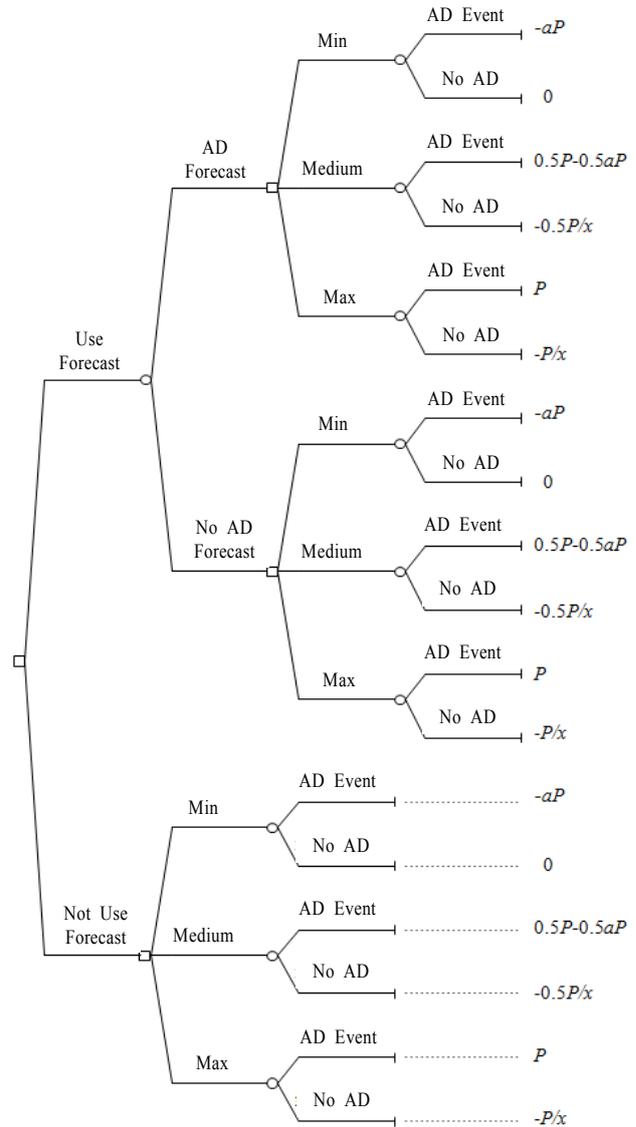
### 3. 기상예보(황사예보)의 기대가치

기상예보의 기대가치(expected value of sample information : EVSI)는 기상예보에 의한 최적결정의 기대가치 및 기상예보 없이 행한 최적결정의 기대가치의 차이로 나타낼 수 있는데, 기상예보로서 황사예보를 활용하는 본 연구에서는 기상예보에 의한 최적결정은 <Figure 1>의 'Use Forecast(황사예보 활용)' 가지에서 결정되며 기상예보 없이 행한 최적결정은 'Not Use Forecast(황사예보 미활용)' 가지에서 결정된다.

먼저 'Not Use Forecast(황사예보 미활용)' 가지에서의 최적결정은 황사발생(AD Event) 및 황사미발생(No AD)에 대한 확률을 구하여 재고수준의 최소(Min), 중간(Medium), 최대(Max)에 의한 손익가치의 기댓값 즉, 평균을 구하여 그 값이 가장 큰 재고수준을 최적결정으로 선정하면 된다. 황사발생여부의 확률은 과거 기상관측자료로부터 구할 수 있는데, 예를 들어 2005년에 황사가 12번 발생하였다면 황사발생 확률  $P(o_1) = 12/365 = 0.033$ , 황사미발생 확률  $P(o_0) = 1 - P(o_1) = 1 - 0.033 = 0.967$ 로 구할 수 있다. 황사 발생 여부 확률이 주어지면 각 재고수준 의사결정에 대한 기댓값을 구할 수 있는데, 예를 들어 재고수준 최대에 해당하는 Max가지의 기댓값은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$EV(Max) = P \times P(o_1) - P/x \times P(o_2) = 0.033P - 0.967P/x$$

'Use Forecast(황사예보 활용)' 가지에서의 최적결정 역시 황사예보발표 여부 즉, 'AD Forecast' 및 'No AD Forecast'의 확률 및 이에 따른 황사 발생여부 확률을 구하여 각 가지의 기댓값을 구하면 선정할 수 있다. 기상예보를 통한 황사 발생여부에 대한 확률은 베이저안 정리(Bayesian theorem)를 적용하여 구할 수 있다. 황사발생



<Figure 1> Decision Tree Transformed from Simplified Contingency Table

을 예측하는 기상예보를  $f_1$ , 황사가 발생하지 않을 것이라고 예측하는 기상예보를  $f_0$ 라고 하고, 실제 황사가 발생했을 때  $o_1$ , 실제로 황사가 발생하지 않았을 때를  $o_0$ 라고 하면, 예보에 따른 황사발생 확률은 조건부확률  $P(o_j|f_i)$ ,  $i = 0, 1, j = 0, 1$ 의 형태로 표현된다. 즉, 기상예보의 조건부 확률  $P(f_1|o_1), P(f_1|o_0), P(f_0|o_1), P(f_0|o_0)$ 를 구할 수 있는데, 앞서 구한 사전확률  $P(o_1)$  및  $P(o_0)$ 와 함께 아래와 같은 베이저안 정리를 통하여 사후확률을 구할 수 있다. 즉, 기상예보가 황사발생을 예측하였을 때 실제 황사가 발생할 확률  $P(o_1|f_1)$  및 기상예보가 황사발생을 예측하지 못하였을 때 실제 황사가 발생할 확률  $P(o_1|f_0)$ 은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$P(o_1|f_1) = \frac{P(f_1|o_1)P(o_1)}{P(f_1|o_1)P(o_1) + P(f_1|o_0)P(o_0)} \quad (1)$$

$$P(o_1|f_0) = \frac{P(f_0|o_1)P(o_1)}{P(f_0|o_1)P(o_1) + P(f_0|o_0)P(o_0)} \quad (2)$$

또한, 기상예보가 황사발생을 예측하였지만 실제 황사가 발생하지 않은 확률  $P(o_0|f_1)$  및 기상예보가 황사를 예측하지 않고 실제로도 황사가 발생하지 않은 확률  $P(o_0|f_0)$ 도 아래와 같이 산출가능하다.

$$P(o_0|f_1) = 1 - P(o_1|f_1) \quad (3)$$

$$P(o_0|f_0) = 1 - P(o_1|f_0) \quad (4)$$

마지막으로 기상예보가 황사발생을 예측할 확률 및 예측하지 않을 확률  $P(f_1)$  및  $P(f_0)$ 도 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$P(f_1) = P(f_1|o_1)P(o_1) + P(f_1|o_0)P(o_0) \quad (5)$$

$$P(f_0) = P(f_0|o_1)P(o_1) + P(f_0|o_0)P(o_0) \quad (6)$$

이와 같이 하여 <Figure 1>의 ‘Use Forecast(황사예보활용)’ 가지에서의 확률적 상황에 대한 확률을 모두 구할 수 있고 이를 통해 각 의사결정에 대한 기대값을 산출한다면 황사예보를 활용하였을 경우의 최적결정을 선정하고 이에 대한 최적기대치 역시 구할 수 있을 것이다. 결론적으로, <Figure 1>의 위쪽 가지에 해당하는 ‘Use Forecast(황사예보활용)’에 대한 기대가치와 아래쪽 가지에 해당하는 ‘Not Use Forecast(황사예보 미활용)’에 의한 기대가치를 각각 구하여 그 차이를 계산함으로써 황사예보 자체의 경제적 가치를 산출해 낼 수 있다. 이 때, 이익  $P$ 를 상수로 가정하고 판매손실 비율에 해당하는  $a$ 값 및  $P/L$ 비율 즉,  $x$ 값의 다양한 조합에 의한 기상예보의 가치를 산출한다면 각 경우에 해당하는 기업들은 이에 맞추어 해당 기상예보의 가격을 산출할 수 있고 이를 통해 예보정보의 공급가격을 객관화할 수 있는 토대를 마련할 수 있다.

#### 4. 실제 황사예보자료 기반 분석결과

우리나라의 연간 황사발생 빈도가 분석을 하기에는 부족한 측면이 있어 다년간의 황사발생 및 관련예보 자료가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 2004년도부터 2008년도까지 5년간의 서울지역에 대한 황사 및 예보자료를 기상청으로부터 제공받아 이를 분석에 활용하였다. <Table 3>은 황사가 빈번하게 발생하는 3월부터 5월까지의 황사가 발생하였거나 황사예보가 발령된 해당일에 대한 자료를 나타낸다. AD Event에서 1은 황사발생, 0은 황

사미발생을 의미하며, AD Forecast에서 1은 황사예보발령, 0은 황사예보를 하지 않았음을 나타낸다. 12hr 및 24hr은 각각 12시간 전 예보 및 24시간 전 예보를 의미한다.

<Table 3> Data of Asian Dust(AD) in Seoul During 5 Years (2004~2008)

YY-MM-DD	AD Event	AD Forecast	
		12hr.	24hr.
2004-04-23	1	1	0
2005-03-17	1	1	0
2005-04-07	1	1	1
2005-04-10	1	1	0
2005-04-14	1	1	1
2005-04-15	1	1	1
2005-04-20	1	1	1
2005-04-21	1	1	1
2005-04-22	1	1	1
2005-04-28	1	1	0
2005-04-29	1	1	1
2005-11-06	1	1	0
2005-11-07	1	0	0
2006-03-10	0	1	0
2006-03-11	1	1	1
2006-03-13	1	1	0
2006-03-18	0	1	0
2006-03-25	0	1	0
2006-03-27	0	1	0
2006-03-28	1	0	0
2006-04-07	1	1	1
2006-04-08	1	1	0
2006-04-09	1	1	1
2006-04-13	0	1	1
2006-04-17	0	1	1
2006-04-18	1	1	1
2006-04-23	1	1	0
2006-04-24	1	1	1
2006-04-25	0	0	1
2006-04-30	1	1	1
2006-05-01	1	1	1
2007-03-06	1	1	0
2007-03-25	0	1	0
2007-03-27	1	1	0
2007-03-28	1	0	0
2007-03-31	1	1	0
2007-04-01	1	1	1
2007-04-02	1	0	1
2007-04-21	0	1	1
2007-05-04	0	1	0
2007-05-08	1	1	1
2007-05-09	1	0	0
2007-05-25	1	1	1
2007-05-26	1	0	0
2008-03-02	1	1	1
2008-03-03	1	0	1
2008-03-15	0	1	0
2008-03-16	1	1	1
2008-04-03	1	1	0
2008-04-04	1	0	0
2008-05-21	0	1	0
2008-05-22	0	0	1
2008-05-28	0	1	0
2008-05-29	0	1	1
2008-05-30	1	1	1

<Table 3>의 자료로부터 3월부터 5월까지 5년간 총 460일에 대해 아래 <Table 4> 및 <Table 5>와 같이 12시간 및 24시간 예보에 대한 실제 황사 발생여부를 정리할 수 있다.

<Table 4> Frequency Data for 12hr Forecast

	$f_1$	$f_0$	sum
$o_1$	30	9	39
$o_0$	14	407	421
sum	44	416	460

<Table 5> Frequency Data for 24hr Forecast

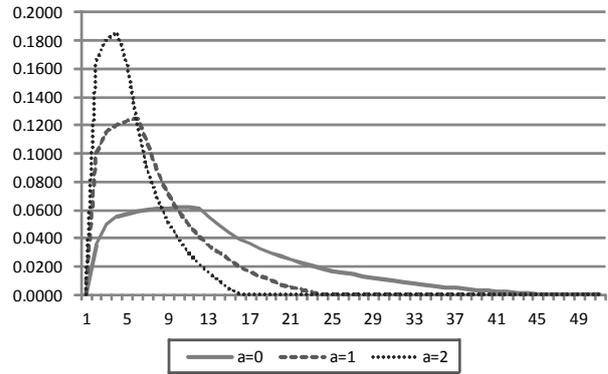
	$f_1$	$f_0$	sum
$o_1$	22	17	39
$o_0$	6	415	421
sum	28	432	460

<Table 4> 및 <Table 5>의 빈도수로부터 식 (1)에서 식 (6)까지를 계산함으로써 추가이익 대비 판매손실비용  $a$  및 재고손실 대비 추가이익비용  $x$ 의 조합에 따른 우리나라 기상청이 제공하는 12시간 및 24시간 황사예보의 기대가치는 <Figure 2> 및 <Figure 3>과 같이 도출할 수 있다. 그림에서 가로축은  $x$ 값을, 세로축은 황사예보활용에 대한 기대가치를 나타낸다.

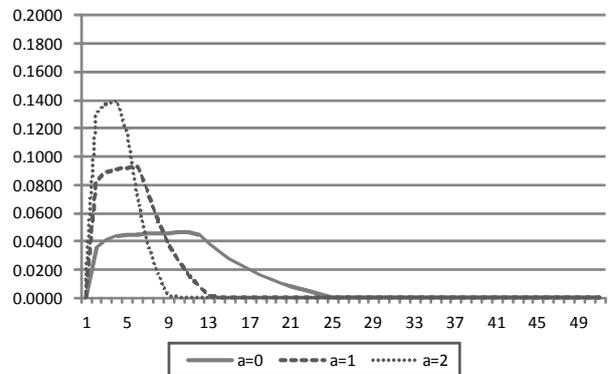
<Figure 2> 및 <Figure 3>으로부터 추가이익 대비 판매손실비용( $a$ )이 클수록 기상예보의 기대가치도 커지는 경향을 나타낼 수 있다. 즉, 재고부족으로 판매가 불가능한 경우의 손실비용이 큰 경우에 관련 기상예보를 적극 활용하는 것이 유리함을 의미한다. 한편, 재고비용 대비 기본이익을 나타내는  $P/L$ 의 값에 따라 기상예보의 가치도 달라지는데,  $a=0$ 인 경우는  $P/L$ 값이 10일 때 최대였고  $a=1$ 인 경우는  $P/L=5$ ,  $a=2$ 인 경우는  $P/L=3$ 일 때 기상예보의 가치가 각각 최대였다. 마지막으로 12시간 기상예보가 24시간 기상예보에 비해 동일 조건에서 더 높은 가치를 나타낼 수 있다. 이는 정확도 측면에서 당연한 결과일 수 있지만, 관련된 가치를 명확하게 정량화하여 비교할 수 있다는 점에서 본 연구의 결과에 의미가 있다고 판단된다.

### 5. 결론

본 연구는 황사 관련 의약품의 재고관리에 있어서 기상예보 즉, 황사예보의 활용가치를 의사결정트리를 활용



<Figure 2> Expected Value of 12hr AD Forecasts



<Figure 3> Expected Value of 24hr AD Forecasts

하여 정량화하였다. 이를 위해 황사관련 기상예보를 의약품 재고관리 의사결정에 활용하여 재고수준을 최대, 중간, 최소 중 하나를 결정하게 되는 시나리오를 가정하였다. 이때, 제공되는 기상예보의 과거 정확도에 따라 본 시나리오에 있어서 기상예보의 활용가치가 결정되는데 베이스 정리를 통해 관련 예보의 기대가치를 산출하였다. 재고관리 시나리오에서는 표준 재고량 및 수요에 의한 기본이익 대비 과다재고에 의한 재고비용 및 재고부족에 의한 판매손실비용을 고려하였으며, 이들의 다양한 상대적 비율에 따른 황사예보의 기대가치를 산출함으로써 본 연구의 활용가능성을 제고시켰다.

본 연구에서 사용한 자료는 기상청이 제공한 2004년도부터 2008년도까지 5년간의 황사예보 및 실제 황사발생여부와 관련된 자료이다. 이들 자료를 바탕으로 의사결정트리 분석을 수행한 결과, 판매손실비용이 상대적으로 큰 제품에 대해서는 황사예보의 활용가치도 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 또한, 재고비용 대비 기본이익의 상대적 비율의 값에 따라 예보가치에 차이를 보였는데, 판매손실비용에 따라 최고 가치를 갖게 되는 비율이 서로 달랐다. 마지막으로 12시간 전 예보가 24시간 전

예보에 비해 활용기대가치가 높았다.

## Acknowledgement

이 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A5A2A01019262).

## References

- [1] Antonovitz, F. and Roe, T., The value of a rational expectations forecast in a risky market : a theoretical and empirical approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 1984, Vol. 66, p 717-723.
- [2] Babcock, B.A., The value of weather information in market equilibrium. *American Journal of Agricultural Economics*, 1990, Vol. 72, p 63-72.
- [3] Baron, D., Price uncertainty, utility, and industry equilibrium in pure competition. *International Economics Review*, 1970, Vol. 11, p 63-480.
- [4] Bradford, D.F. and Kelajian, H.H., The value of information for crop forecasting in a market system : some theoretical issues. *Review of Economic Studies*, 1977, Vol. 44, p 519-531.
- [5] Chen, Y.S., Sheen, P.C., Chen, E.R., Liu, Y.K., Wu, T.N., and Yang, C.Y., Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipei, Taiwan. *Environmental Research*, 2004, Vol. 95, p 151-155.
- [6] Epstein, E.S. and Murphy, A.H., Use and value of multiple-period forecasts in a dynamic model of the cost-loss ratio situation. *Monthly Weather Review*, 1988, Vol. 116, p 746-761.
- [7] Han, C.H., Lee, J.W., and Lee, K.K., Analyzing information value of temperature forecast for the electricity demand forecasts. *Korean Management Science Review*, 2009, Vol. 26, No. 1, p 77-91.
- [8] Katz, R.W. and Murphy, A.H., Quality/value relationship for imperfect weather forecasts in a prototype multistage decision-making model. *Journal of Forecasting*, 1990, Vol. 8, p 75-86.
- [9] Katz, R.W. and Murphy, A.H. Ed., *Economic Value of Weather and Climate Forecasts*, Cambridge and New York : Cambridge University Press, 1997.
- [10] Lee, J.T., Son, J.Y., and Cho, Y.S., A comparison of mortality related to urban air particles between periods with Asian dust days and without Asian dust days in Seoul, Korea, 2000~2004. *Environmental Research*, 2007, Vol. 105, p 409-413.
- [11] Lee, J.W. and Lee, K.K., A decision-making strategy to maximize the information value of weather forecasts in a customer relationship management(CRM) problem of the leisure industry. *Korean Management Science Review*, 2010, No. 27, No. 1, p 33-43.
- [12] Lee, K.K., Decision-making based on uncertain information in a beer distribution game using the Taguchi method. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2010, Vol. 33, No. 3, p 162-168.
- [13] Lee, K.K., Correlation analysis about the effect of Asian dust storm and related forecasts on asthma disease. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2012, Vol. 35, No. 3, p 234-239.
- [14] Lee, K.K., The fluctuation patterns of conjunctivitis cases by Asian dust storm(ADS) : Focused on the ADS density and the accuracy of ADS forecast. *Korean Management Science Review*, 2013, Vol. 30, No. 1, p 91-102.
- [15] Lee, K.K. and Lee, J.W., The effect of meteorological information on business decision-making with a value score model. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2007, Vol. 30, No. 2, p 89-98.
- [16] Murphy, A.H., Decision making and the value of forecasts in a generalized model of the cost-loss ratio situation. *Monthly Weather Review*, 1985, Vol. 113, p 362-369.
- [17] Murphy, A.H., Katz, R.W., Winkler, R.L., and Hsu, W.-R., Repetitive decision making and the value of forecasts in the cost-loss ratio situation : a dynamic model. *Monthly Weather Review*, 1985, Vol. 113, p 801-813.
- [18] Murphy, A.H. and Wilks, D.S., A case study of the use of statistical models in forecast verification : precipitation probability forecasts. *Weather and Forecasting*, 1998, Vol. 13, p 795-810.
- [19] Murphy, A.H. and Winkler, R.L., A general framework for forecast verification. *Monthly Weather Review*, 1987, Vol. 115, p 1330-1338.
- [20] Murphy, A.H. and Ye, Q., Optimal decision making and the value of information in a time-dependent version of the cost-loss ratio situation. *Monthly Weather*

- Review*, 1990, Vol. 118, p 939-949.
- [21] Mylne, K.R., Decision-making from probability forecasts based on forecast value. *Meteorological Applications*, 2002, Vol. 9, p 307-315.
- [22] Stewart, T.R., Pielke, R., and Nath, R., Understanding user decision making and the value of improved precipitation forecasts-lessons from a case study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2004, Vol. 85, p 223-235.
- [23] Wilks, D.S., A skill score based on economic value for probability forecasts. *Meteorological Applications*, 2001, Vol. 8, p 209-219.
- [24] Yang, C.Y., Chen, Y.S., Chiu, H.F., and Goggins, W.B., Effects of Asian dust storm events on daily stroke admissions in Taipei, Taiwan. *Environmental Research*, 2005, Vol. 99, p 79-84.