*Journal of the Ergonomics Society of Korea*
Vol. 25, No. 4 pp.41-49, November 2006 

# 한글에서의 정성적 확률 표현의 정량적 변환

**박경수 · 신수환 · 이재인**

**한국과학기술원 산업공학과**

# A Conversion of Qualitative Probabilistic Expressions into Numerical Probabilities in Korean

Kyung Soo Park, Soo Hwan Shin, Jane Lee

Department of Industrial Engineering, KAIST, Daejeon, 305-701

**ABSTRACT**

In a decision making process, the ambiguity of qualitative probabilistic expressions may result in a wrong conclusion. For this reason there had been many studies of quantifying qualitative probabilistic expressions in English-speaking countries. In this research, quantification of Korean qualitative probabilistic expressions is conducted through 4-step questionnaires. The numerical data of 78 verbal phrases were collected in the first questionnaire and classified in two categories (i.e., uncertainty and frequency). In each category, qualitative probabilistic expressions were divided into eleven groups according to the similarity of the numerical values. In the second questionnaire, subjects selected a representative expression for each group, which totaled 11. In the third questionnaire each subject was asked to rank eleven expressions from 1 to 11 with 1 indicating the highest probability. At last, subjects conducted pairwise comparisons to obtain relative weights, which are used to convert into the numerical probability scale.

Keyword: Probabilistic phrases, Quantifying languages, Qualitative expression, Conversion, Probabilistic expression

## 1. 서 론

확률은 정량적 혹은 정성적인 표현으로 제시될 수 있다. 정량적인 형태의 가장 대표적인 예는 일기 예보에서의 강수 확률에서 찾아볼 수 있다. 예를 들면, '내일은 비가 올 수도 있습니다.' 라는 표현보다는 '내일의 강수 확률은 60%입니다.' 라는 표현이 훨씬 명확한 의미 전달이 가능하다. 이는 예측에서 불확실성을 묘사하는데 사용되는 정성적인 표현들은 정보 수용자에 따라서 매우 다양한 범위의 의미로 해석이 되어 정확한 정보를 제공하지 못할 수 있기 때문이다(Murphy & Brown, 1983).

이와는 대조적으로 일상적인 대화를 할 때는, 어떤 사안에 대한 주관적인 확률을 정량적인 표현보다는 정성적인 표현을 통해서 나타내는 것이 일반적이다. 왜냐하면 정성적인 표현은 사람들이 생각하는 방법이며, 정량적인 표현보다 사람들이 인지하고 있는 불확실성을 더 잘 표현할 수 있기 때문이다(Budescu & Wallsten, 1987; Wallsten & Budescu, 1990; Hamm, 1991). 최근의 연구 결과에 따르면 의사 결정 과정에서 사람들은 불확실성의 확률에 대한 정보를 수용할 때에는 정량적인 표현을 선호하는 반면에, 제공할 때에는 정성적인 표현을 선호한다는 것을 알 수 있다(Brun & Teigen, 1988; Erev & Cohen, 1990; Wallsten et al., 1993).

앞서 나왔듯이 정성적인 표현이 말하는 사람의 입장에서는 더 편한 것이 사실이지만, 그만큼 듣는 사람의 입장에게

교신저자: 신수환
주 소: 305-701 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 전화: 042-869-3152, E-mail: shwanydot@hotmail.com

는 혼동을 일으킬 가능성이 크다는 것을 무시할 수 없다. 정량적인 확률 표현을 정성적인 표현으로 바꾸는 데에서는 상대적으로 일관성이 있었지만, 정성적인 확률 표현의 해석에 있어서는 전문가들 사이에서조차 상당한 의견의 불일치가 있었다(Beyth-Marom, 1982). 이는 의사 결정자가 확률에 관한 정보를 제공하는 사람이 의도한 것보다 더 넓은 의미의 구문으로 해석을 하려 한다는 Fillenbaum et al.(in press)의 주장을 더욱 설득력 있게 해준다.

이러한 이유로 확률을 전달할 때 수치적인 형태로 제시를 하면 비수치적으로 제시할 때 생길 수 있는 오해는 줄여주겠지만, 지금까지의 말하기 방법을 바꿔야 한다는 점에서 큰 어려움이 존재한다. 때문에 정성적인 표현과 정량적인 표현의 절충안이 제기되었는데, 수치적인 형태로 척도화 된 정성적인 확률 표현의 제시가 그것이다. 이런 맥락에서 금융 분야의 분석가들은 그들의 고객에게, 일반적으로 사용하는 정성적인 확률 표현을 일정한 범위의 확률을 지시하는 특정한 척도를 제공하는 것이 추천되기도 하였다(Olsen & O'Neill, 1988).

기존의 정량화 작업에 대한 논문들을 분석해 보면 대부분의 확률 표현들은 전반적으로 비슷한 수준의 수치를 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 그러므로 이제는 체계적으로 정량화된 정성적인 확률 표현을 제시해야 하고, 사람들이 그 결과에 대해 얼마나 만족하는 지에 대한 검증이 필요하게 되었다(Mosteller & Youtz, 1990).

이에 대한 연구가 1997년에 Tavana et al.에 의해서 이루어졌다. 이들은 기존의 연구들을 통해서 정량화된 정성적인 확률 표현들을 비슷한 확률 값을 가지는 11개의 그룹으로 구분하였다. 첫 번째 설문에서는 각 그룹을 대표하는 단어를 선택하게 하여 대표적인 정성적 확률 표현을 선정하였다. 그리고, 선정된 11개의 대표적인 확률 표현들을 무작위로 배열한 후 응답자들에게 확률이 높은 순서대로 상대적인 순위를 매기게 하였다. 세 번째 설문에서는 상대적인 순위가 정해진 확률 표현들을 쌍대 비교를 통하여 각 확률 표현들의 상대적인 가중치를 계산하였다. 마지막으로 이차 최소 자승법을 통해 각 확률 표현의 상대적인 가중치를 정량적인 확률의 값으로 환산을 하였다.

이같이 외국에서는 오랜 기간 동안에 걸쳐 정성적인 확률 표현의 정량화 작업에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔지만, 국내에서는 아직까지 한글 확률 표현에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Tavana et al.(1997)의 논문에서 쓰인 방법론을 한글의 정성적인 확률 표현에 적용해 보았다.

확률 표현은 크게 불확실성을 나타내는 표현과 빈도를 나타내는 표현으로 구분이 되는데, 정확한 의미의 전달을 위해서는 이 표현들은 각각의 용도에 맞게 써야 한다. 즉, 빈도를 표현해야 하는 상황에서 불확실성을 의미하는 확률 표현을 사용하는 것은 정확한 의미 전달을 방해할 수 있다. 기존의 연구에서는 이러한 구분이 없이 정량화를 수행하였지만, 본 연구에서는 불확실성을 나타내는 확률 표현과 빈도를 나타내는 확률 표현으로 구분하여 진행하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 실험 개요

본 실험은 4단계에 걸친 설문 조사를 통해서 진행되었다. 첫 번째 설문에서는 78개의 정성적 확률 표현에 대한 정량적인 수치를 응답하게 하였다. 첫 번째 설문의 결과를 토대로 78개의 단어들을 빈도를 나타내는 표현과 불확실성을 나타내는 표현으로 구분한 뒤, 각각 11개의 그룹으로 구분하였다. 두 번째 설문에서는 11개의 그룹에서 각 그룹을 대표한다고 생각하는 단어를 한 개씩 선택하도록 하였다. 세 번째 설문에서는 선택된 11개의 단어들을 무작위로 배열해 놓은 상태에서 상대적인 순위를 매기게 하였다. 네 번째 설문에서는 11개의 확률 표현들을 쌍대 비교하게 하였다. 응답자들의 부담을 덜어주기 위해서 11개의 단어를 두 부분으로 나누어서 조합의 수를 30개로 줄였다. 네 번째 설문을 통해서 나온 각 확률 표현들의 상대적인 가중치를 로그 함수와 지수 함수를 통해 확률로 변환시켰다.

### 2.2 피실험자

60명의 석사 및 박사 과정에 재학중인 대학원생들이 설문조사에 응답하였다. 나이는 23~35세이고, 평균은 27.78세였다.

### 2.3 실험 절차

#### 2.3.1 단어 수집 및 선정

정량화 작업에 쓰일 정성적인 확률 표현을 수집하기 위해 기존의 논문에서 사용된 영어 단어들을 번역하여 사용하였다. 그러나 명확하게 한글로 번역이 되지 않는 표현들은 제외시켰고, 영어에는 존재하지 않지만 한글에는 존재하는 표현들을 포함시켰다. 수집된 총 300여 개의 표현들 중에서 잘 쓰이지 않거나 어색한 표현들은 제외하고 78개의 표현들을 선정하였다.

#### 2.3.2 1단계 설문

1단계 설문에서는 선정된 확률 표현에 대해서 피실험자가

**표 1**. 1단계 설문을 통한 78개 확률 표현들에 대한 피실험자들의 확률 추정치

| 표 현 | MEDIAN | IQR | 표 현 | MEDIAN | IQR |
|---|---|---|---|---|---|
| 항상 | 100 | 5 | ~할 가능성이 매우 높은 | 90 | 5 |
| 거의 항상 | 90 | 15 | ~할 가능성이 높은 | 76 | 10 |
| | | | ~할 가능성이 조금 높은 | 75 | 10 |
| 매우 빈번한 | 88.5 | 10 | ~할 가능성이 조금 낮은 | 30 | 10 |
| 빈번한 | 70 | 20 | ~할 가능성이 낮은 | 20 | 20 |
| 빈번하지 않은 | 30 | 10 | ~할 가능성이 매우 낮은 | 5 | 5 |
| 전혀 빈번하지 않은 | 10 | 5 | | | |
| | | | 불가능하지 않은 | 40 | 32.5 |
| 드물지 않게 | 57.5 | 30 | 불확실하지 않은 | 60 | 36.25 |
| 드물게 | 20 | 11.25 | 불확실한 | 22.5 | 36 |
| 매우 드물게 | 5 | 5 | 매우 불확실한 | 10 | 16.25 |
| | | | | | |
| 매우 자주 | 90 | 10 | 의심의 여지가 없는 | 98.5 | 6.25 |
| 자주 | 70 | 20 | 의심스럽지 않은 | 80 | 20 |
| 뜸하게 | 20 | 15 | 다소 의심스러운 | 37.5 | 22.5 |
| 매우 뜸하게 | 10 | 5 | 의심스러운 | 30 | 20 |
| | | | 매우 의심스러운 | 10 | 15 |
| 대개는 | 80 | 10 | | | |
| 보통은 | 70 | 21.25 | 매우 가능한 | 90 | 15 |
| 종종 | 60 | 20 | 다소 가능한 | 70 | 25 |
| 가끔 | 37.5 | 21.25 | 가능한 | 60 | 20 |
| 이따금 | 30 | 10 | 불가능한 | 5 | 8.25 |
| 어쩌다 | 10 | 10 | 전혀(절대) 불가능한 | 0 | 1 |
| | | | | | |
| 매우 흔히 있는 | 90 | 10 | ~할 확률이 매우 높은 | 95 | 5 |
| 흔히 있는 | 60 | 21.25 | ~할 확률이 높은 | 80 | 15 |
| 흔하지 않은 | 20 | 20 | ~할 확률이 조금 높은 | 75 | 10 |
| 전혀 흔하지 않은 | 5 | 6.25 | ~할 확률이 조금 낮은 | 30 | 11.25 |
| | | | ~할 확률이 낮은 | 20 | 20 |
| 희귀한 | 5 | 7 | ~할 확률이 매우 낮은 | 5 | 8 |
| 매우 희귀한 | 2 | 4 | | | |
| | | | 매우 그럴듯한 | 90 | 10 |
| 확실한 | 95 | 10 | 그럴듯한 | 70 | 20 |
| 거의 확실한 | 90 | 10 | 다소 그럴듯한 | 60 | 26.25 |
| 확실하지 않은 | 40 | 30 | 그럴듯하지 않은 | 20 | 15 |
| | | | 전혀(절대) 그럴듯하지 않은 | 5 | 7.25 |
| 매우 있을법한 | 89 | 10 | | | |
| 있을법한 | 70 | 16.25 | 반반의 | 50 | 0 |
| 조금 있을법한 | 60 | 20 | 절반의 | 50 | 0 |
| 거의 있을법한 | 51 | 31.25 | | | |
| 있을법하지 않은 | 10 | 10 | 매우 자신이 있는 | 90 | 5 |
| 전혀(절대) 있을법하지 않은 | 2 | 5 | 자신이 있는 | 80 | 11.25 |
| | | | 자신이 없는 | 30 | 20 |
| 매우 가능성이 있는 | 90 | 10 | 매우 자신이 없는 | 10 | 15 |
| 다소 가능성이 있는 | 70 | 20 | | | |
| 가능성이 있는 | 60 | 20 | 가망없는 | 1 | 5 |
| 가능성이 없는 | 10 | 15 | 그렇지 않은 | 10 | 15 |
| 전혀 가능성이 없는 | 2.5 | 5 | 절대(전혀) 그렇지 않은 | 0 | 2.75 |

*IQR(Inter Quartile Range): 자료의 산포를 나타내는 하나의 척도로써 1사분위수와 3사분위수 사이의 거리를 의미한다.

생각하는 확률의 정도 혹은 빈도의 정도를 0과 100 사이의 숫자 형태로 응답을 받았다. 가능성이 많거나 빈도가 많을 때는 100에 가깝게, 가능성이 적거나 빈도가 적을 때에는 0에 가까운 수치를 응답하게 하였다. 빈도의 경우에는 100번 중에 어느 정도의 횟수로 일어날 가능성이 있는지에 대한 판단을 하도록 요구하였다.

### 2.3.3 2단계 설문

2단계 설문에서는 응답자들에게 각 그룹을 대표한다고 생각되는 단어를 1개씩 선택하게 하였다. 1개의 단어만 존재하는 그룹은 설문에 나타내지 않았다.

### 2.3.4 3단계 설문

3단계 설문에서는 2단계 설문에서 선택된 11개의 단어들을 대상으로 응답자들에게 상대적인 순위를 매기게 하였다. 중복된 순위는 허용되지 않았고 확률이 높은 것부터 오름차순으로 순위를 배정하였다.

### 2.3.5 4단계 설문

4단계 설문에서는 확률 표현들의 체계적인 확률 수치를 제시하기 위하여 쌍대 비교를 통한 상대적 가중치를 구하였다. 각 응답자들은 제시된 표현들을 비교하여 어떤 확률 표현이 어느 정도의 강도로 더 높은 가능성을 가지는지에 대해 판단한 후 응답하였다. 응답자들의 편의를 위하여 '절반의'를 기준으로 확률이 높은 부분과 낮은 부분으로 나누어 각 부분의 조합으로만 비교하게 하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 1단계 설문 결과

각 확률 표현 단어들에 대한 중앙값과 Inter Quartile Range(IQR)이 표 1에 나타나 있다. 여기서 표준 편차 대신 IQR을 사용한 이유는 IQR이 극값을 가지는 단어들(항상, 절대 불가능한 등)에 대해서 표준 편차보다 덜 민감하기 때문이다(Mosteller & Youtz, 1990).

그림 1은 '확실한', '불확실한', '절대 그렇지 않은' 등의 3가지 표현들의 응답 분포도를 나타낸 그림이다. 극값에 해당하는 '확실한'과 '절대 그렇지 않은'은 피실험자들의 응답이 비교적 한 곳에 몰려있지만, '불확실한'의 응답 분포는 0%에서 70%까지 넓은 범위에 고르게 나타나고 있다. 응답 분포가 넓게 나타나는 단어는 다음 단계에서 진행하게 될 체계적인 정량화 작업에 적절하지 않은 단어이기 때문에 2단계 설문부터는 제외한 채 진행하였다.

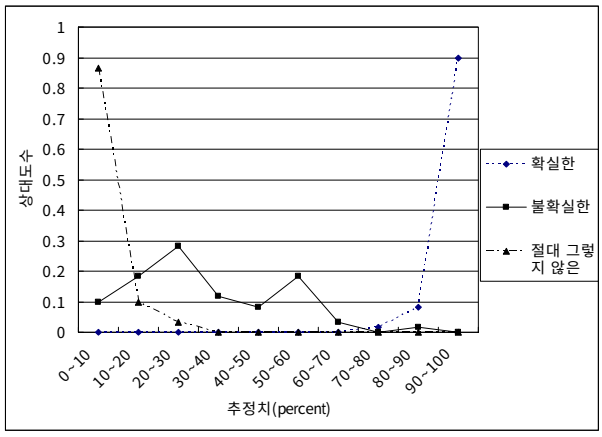


**그림 1.** 3가지 확률 표현의 응답 분포

그림 2는 각 단어들의 중앙값과 IQR에 대한 산포도를 나타낸 것이다. 전체적으로 확률 표현들이 나타내는 확률 값들이 극값에서 중간으로 갈수록 IQR도 커지는 것을 알 수 있다. IQR이 커진다는 것은 그 단어에 대한 응답 분포가 넓어 사람들이 다양하게 해석하고 있다는 것을 의미한다. IQR이 30%를 넘는 단어들은 '확실하지 않은', '거의 있을법한', '불가능하지 않은', '불확실하지 않은', '불확실한', '드물지 않게' 등인데, 이 단어들의 특징은 부정 혹은 이중 부정의 성격을 가지고 있다는 것이다. IQR이 30%를 넘는 단어들과, 30%를 넘지는 않지만 동일한 그룹 내의 단어들에 비교해서 상대적으로 크다고 판단되는 단어들은 모두 2차 설문부터 제외하였다.

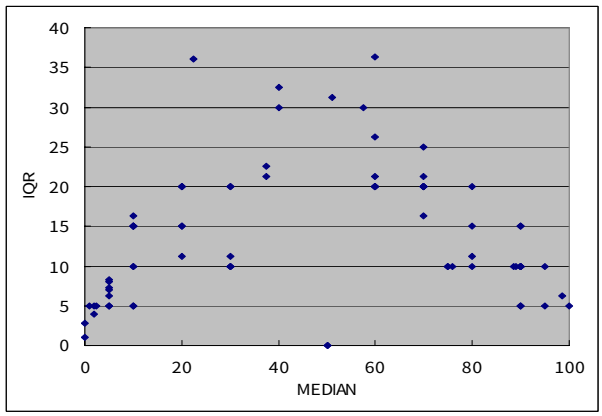


**그림 2.** 80개 확률 표현 추정값의 중앙값 vs. IQR 그래프

### 3.2 Grouping

2단계 설문을 실시하기 전에, 1단계 설문의 결과를 바탕으로 각 카테고리에 해당하는 확률 표현을 총 11개의 그룹으

로 구분을 하였다. 구분을 하기 위해서 표 1에 제시된 각 확률의 Median 값을 사용하였다. 대부분의 Median 값들이 10의 배수의 형태이기 때문에, 각 Median 값을 일의 자리에서 반올림하여 같은 근사값을 가지는 확률 표현들을 동일한 그룹에 배정하였다. 표 2와 표 3에는 확률 표현들이 11개의 그룹으로 구분된 결과가 나타나 있다.

### 3.3 2단계 설문 결과

표 2와 표 3은 Grouping의 결과와 함께, 2단계 설문에 대한 결과를 나타내주고 있다. 3단계 설문을 진행하기 위해 응답자들이 가장 많이 선택한 단어를 그룹별로 한 개씩 선택을 하였는데, 한 그룹 내에서 두 개 이상의 표현이 비슷한 응답치를 얻었을 경우에는 IQR이 더 작은 표현을 선택하였다. 3단계 설문에서 쓰이게 될 표현들은 굵은 글씨로 표시가 되어 있다.

**표 2.** 빈도를 나타내는 확률 표현들의 그룹핑 및 2단계 설문 결과

| 확률 표현 |
|---|
| **전혀(절대) ~ 않는** |
| 전혀 빈번하지 않은, 어쩌다, 희귀한, **매우 드물게**, 매우 뜸하게, 전혀 흔하지 않은 |
| **드물게**, 흔하지 않은, 뜸하게 |
| **이따금** |
| **가끔** |
| **절반의**, 반반의 |
| **흔히 있는** |
| 보통은, **자주**, 빈번한 |
| **대개는** |
| 매우 빈번한, **거의 항상**, 매우 자주, 매우 흔히 있는 |
| **항상** |

**표 3.** 불확실성을 나타내는 확률 표현들의 그룹핑 및 2단계 설문 결과

| 확률 표현 |
|---|
| 전혀(절대) 있을법하지 않은, 절대(전혀) 그렇지 않은, **절대(전혀) 불가능한,** 전혀(절대) 그럴듯하지 않은 |
| ~할 확률이 매우 낮은, 그럴듯하지 않은 **~할 가능성이 매우 작은,** 있을법하지 않은 |
| ~할 확률이 낮은, **~할 가능성이 작은** |
| **의심스러운** |
| **다소 의심스러운** |
| **절반의,** 반반의 |
| **조금 있을법한** |
| **있을법한** |
| 자신이 있는, ~할 확률이 높은, **~할 가능성이 큰** |
| **거의 확실한**, 매우 가능성이 있는, 매우 있을법한, ~할 확률이 매우 높은, 매우 그럴듯한, ~할 가능성이 매우 큰, 매우 자신이 있는 |
| **확실한,** 의심의 여지가 없는 |

### 3.4 3단계 설문 결과

표 4와 표 5에는 각 확률 표현들의 평균 순위, 순위의 표준 편차, Maximum, Minimum의 값들이 나타나있다. 표 4를 보면 '항상', '거의 항상', '대개는', '자주', '흔히 있는'의 표현들은 '절반의' 보다 많은 빈도를 나타내는 단어들임을 알 수 있다. '가끔', '이따금', '드물게', '매우 드물게', '절대 ~ 않는'은 '절반의' 보다 적은 빈도를 나타내는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 표 5에서는 '확실한', '거의 확실한', '~할 가능성이 큰', '있을법한', '조금 있을법한'이 '절반의' 보다 큰 확실성을

**표 4.** 3단계 설문 결과 - 빈도를 나타내는 확률 표현들의 평균 순위

| 확률 표현 | 평균 | 표준 편차 | Min | Max |
|---|---|---|---|---|
| 항상 | 1.00 | 0 | 1 | 1 |
| 거의 항상 | 2.00 | 0 | 2 | 2 |
| 대개는 | 3.18 | 0.4045 | 3 | 4 |
| 자주 | 3.82 | 0.4045 | 3 | 4 |
| 흔히 있는 | 5.36 | 0.6742 | 5 | 7 |
| 절반의 | 5.73 | 0.4671 | 5 | 6 |
| 가끔 | 7.00 | 0.4472 | 6 | 8 |
| 이따금 | 8.09 | 0.5394 | 7 | 9 |
| 드물게 | 9.09 | 0.5394 | 8 | 10 |
| 매우 드물게 | 9.73 | 0.6467 | 8 | 10 |
| 전혀 ~ 않는 | 11.00 | 0 | 11 | 11 |

**표 5.** 3단계 설문 결과 – 불확실성을 나타내는 확률 표현들의 평균 순위

| 확률 표현 | 평균 | 표준 편차 | Min | Max |
|---|---|---|---|---|
| 확실한 | 1.00 | 0 | 1 | 1 |
| 거의 확실한 | 2.00 | 0 | 2 | 2 |
| ~할 가능성이 큰 | 3.00 | 0 | 3 | 3 |
| 있을법한 | 4.00 | 0 | 4 | 4 |
| 조금 있을법한 | 5.36 | 0.8419 | 5 | 8 |
| 절반의 | 5.86 | 0.3631 | 5 | 6 |
| 다소 의심스러운 | 7.21 | 0.5789 | 7 | 8 |
| 의심스러운 | 7.93 | 0.9972 | 5 | 10 |
| ~할 가능성이 작은 | 8.71 | 0.7263 | 7 | 9 |
| ~할 가능성이 매우 작은 | 9.93 | 0.2673 | 9 | 10 |
| 전혀(절대) 불가능한 | 11.00 | 0 | 11 | 11 |

나타내는 것을 알 수 있다. 그리고 '다소 의심스러운', '의심스러운', '~할 가능성이 작은', '~할 가능성이 매우 작은', '전혀(절대) 불가능한'은 '절반의' 보다 작은 확실성을 나타내는 것으로 나타났다. 단어들의 상대적인 순위는 1차 설문 결과의 상대적인 순서와 일치하고 있다.

## 3.5 4단계 설문 결과

11개의 확률 표현을 두 부분으로 나누어 각 부분마다 15개 조합의 쌍대 비교를 하여 나온 상대적 가중치가 표 6과 표 7, 표 8과 표 9에 나타나 있다. 모든 피실험자의 일관성 비율(Consistency Ratio)이 0.1보다 작은 것으로 나타나, 피실험자들이 일관성을 유지하며 쌍대 비교를 수행하였음을 알 수 있다.

**표 6.** 4단계 설문 결과 - 빈도를 나타내는 확률 표현의 상대적인 가중치 Part 1

| 확률 표현 | Mean relative weight | Min. | Max. |
|---|---|---|---|
| 전혀 ~ 아닌 | 0.033 | 0.028 | 0.044 |
| 매우 드물게 | 0.057 | 0.052 | 0.065 |
| 드물게 | 0.095 | 0.086 | 0.110 |
| 이따금 | 0.147 | 0.120 | 0.196 |
| 가끔 | 0.231 | 0.214 | 0.249 |
| 절반의 | 0.434 | 0.375 | 0.477 |

**표 7.** 4단계 설문 결과 - 빈도를 나타내는 확률 표현의 상대적인 가중치 Part 2

| 확률 표현 | Mean relative weight | Min. | Max. |
|---|---|---|---|
| 절반의 | 0.032 | 0.028 | 0.045 |
| 흔히 있는 | 0.060 | 0.046 | 0.062 |
| 자주 | 0.096 | 0.076 | 0.126 |
| 대개는 | 0.144 | 0.128 | 0.170 |
| 거의 항상 | 0.255 | 0.227 | 0.294 |
| 항상 | 0.410 | 0.365 | 0.457 |

**표 8.** 4단계 설문 결과 - 불확실성을 나타내는 확률 표현의 상대적인 가중치 Part 1

| 확률 표현 | Mean relative weight | Min. | Max. |
|---|---|---|---|
| 전혀(절대) 불가능한 | 0.037 | 0.028 | 0.051 |
| ~할 가능성이 매우 작은 | 0.061 | 0.049 | 0.070 |
| ~할 가능성이 작은 | 0.102 | 0.090 | 0.120 |
| 의심스러운 | 0.155 | 0.134 | 0.182 |
| 다소 의심스러운 | 0.232 | 0.206 | 0.244 |
| 절반의 | 0.411 | 0.385 | 0.434 |

**표 9.** 4단계 설문 결과 - 불확실성을 나타내는 확률 표현의 상대적인 가중치 Part 2

| 확률 표현 | Mean relative weight | Min. | Max. |
|---|---|---|---|
| 절반의 | 0.033 | 0.029 | 0.037 |
| 조금 있을법한 | 0.051 | 0.047 | 0.055 |
| 있을법한 | 0.080 | 0.070 | 0.102 |
| ~할 가능성이 큰 | 0.144 | 0.129 | 0.172 |
| 거의 확실한 | 0.252 | 0.230 | 0.291 |
| 확실한 | 0.439 | 0.425 | 0.452 |

## 3.6 확률의 추정

인간 신뢰도 분석에서 어떤 자극에 대한 심리적인 척도는 확률적인 척도와 로그의 관계에 있다고 본다(Pontecorvo, 1965). 이 개념을 바탕으로 하여 4단계 설문의 결과인 각 표현들의 상대적 가중치를 이용해 함수 변환을 통하여 확률을 추정하였다. '항상'(빈도)과 '확실한'(불확실성)은 100%, '절반의'는 50%, '절대 ~ 않는(아닌)'은 0%의 고정점(anchor point)으로 정한 후 지수함수를 이용하여 함수 변환을 하였다. 표 10과 표 11에는 빈도를 나타내는 확률 표현들의 확률 추정치(Calculated probability), 표 12와 표 13에는 불확실성을 나타내는 확률들의 확률 추정치가 나타나 있다. 이러한 일련의 과정을 거쳐서 정성적인 확률 표현

**표 10.** 함수 변환을 통한 빈도를 나타내는 확률의 추정 Part 1

| 확률 표현 | Mean relative weight | Calculated probability (%) | Suggested Probability (%) | Change |
|---|---|---|---|---|
| 전혀 ~ 아닌 | 0.033 | 0.00 | 0 | – |
| 매우 드물게 | 0.057 | 9.42 | 10 | +0.58 |
| 드물게 | 0.095 | 19.07 | 20 | +0.93 |
| 이따금 | 0.147 | 27.56 | 30 | +2.44 |
| 가끔 | 0.231 | 36.77 | 40 | +3.33 |
| 절반의 | 0.434 | 50.00 | 50 | – |

**표 11.** 함수 변환을 통한 빈도를 나타내는 확률의 추정 Part 2

| 확률 표현 | Mean relative weight | Calculated probability (%) | Suggested Probability (%) | Change |
|---|---|---|---|---|
| 절반의 | 0.032 | 50.00 | 50 | – |
| 흔히 있는 | 0.060 | 61.20 | 60 | −1.20 |
| 자주 | 0.096 | 70.07 | 70 | −0.07 |
| 대개는 | 0.144 | 78.24 | 80 | +1.76 |
| 거의 항상 | 0.255 | 89.99 | 90 | +0.01 |
| 항상 | 0.410 | 100.00 | 100 | – |

을 정량적으로 제시한 결과가 표 14에 나타나 있다.

**표 12.** 함수 변환을 통한 불확실성을 나타내는 확률의 추정 Part 1

| 확률 표현 | Mean relative weight | Calculated probability (%) | Suggested Probability (%) | Change |
|---|---|---|---|---|
| 전혀(절대)불가능한 | 0.037 | 0.00 | 0 | – |
| ~할 가능성이 매우 작은 | 0.061 | 10.00 | 10 | – |
| ~할 가능성이 작은 | 0.102 | 20.42 | 20 | −0.42 |
| 의심스러운 | 0.155 | 29.22 | 30 | +0.78 |
| 다소 의심스러운 | 0.232 | 37.75 | 40 | +2.25 |
| 절반의 | 0.411 | 50.00 | 50 | – |

**표 13.** 함수 변환을 통한 불확실성을 나타내는 확률의 추정 Part 2

| 확률 표현 | Mean relative weight | Calculated probability (%) | Suggested Probability (%) | Change |
|---|---|---|---|---|
| 절반의 | 0.033 | 50.00 | 50 | – |
| 조금 있을법한 | 0.051 | 57.33 | 60 | +2.67 |
| 있을법한 | 0.080 | 65.52 | 70 | +4.48 |
| ~할 가능성이 큰 | 0.144 | 77.05 | 80 | +2.95 |
| 거의 확실한 | 0.252 | 88.42 | 90 | +1.58 |
| 확실한 | 0.439 | 100.00 | 100 | – |

**표 14.** 빈도와 불확실성을 나타내는 확률 표현의 최종 확률 추정치

| 확률 표현(빈도) | Probability(%) | 확률 표현(불확실성) |
|---|---|---|
| 전혀(절대) ~ 않는 | 0 | 전혀(절대) 불가능한 |
| 매우 드물게 | 10 | ~할 가능성이 매우 작은 |
| 드물게 | 20 | ~할 가능성이 작은 |
| 이따금 | 30 | 의심스러운 |
| 가끔 | 40 | 다소 의심스러운 |
| 절반의 | 50 | 절반의 |
| 흔히 있는 | 60 | 조금 있을법한 |
| 자주 | 70 | 있을법한 |
| 대개는 | 80 | ~할 가능성이 큰 |
| 거의 항상 | 90 | 거의 확실한 |
| 항상 | 100 | 확실한 |

### 3.7 Validation

#### 3.7.1 방법

표 14에 제시된 결과의 타당성을 얻기 위해서 본 실험에는 참가하지 않은 다양한 계층의 피실험자들을 대상으로 설문을 하였다. 설문의 형태는 총 22개의 확률 표현 단어들에 대해서 피실험자들이 생각하는 각각의 확률을 0과 100 사이의 하한 값과 상한 값을 이용해서 범위의 형태로 응답을 하는 것이다. 각 확률 표현들에 대한 특정한 숫자가 아닌 범위의 형태로 응답을 요구한 이유는 Acceptability function (Raegan et al., 1989)을 이용하기 위해서다. 주어진 확률에서의 함수 값(Acceptability Proportion)은 각각의 피실험자가 응답한 범위에 주어진 확률 값이 포함되는 응답자의 비율이다. 이 값이 크게 나타나는 구간을 피실험자들이 보편적으로 생각하는 확률로 생각할 수 있다. 따라서 표 14에 제시된 최종 확률 추정치에서 가장 높은 Acceptability Proportion을 갖는지의 여부로 validation을 판정하였다. 확률 구간은 0, 1~5, 6~10, 11~15, … , 86~90, 91~95, 96~99, 100과 같이 5% 단위로 나누어서 Acceptability Proportion을 계산하였다.

#### 3.7.2 설문 대상

본 실험에 참여하지 않았던 사람들을 대상으로 validation을 실시하였다. 실험자들은 총 31명 이었으며 연령 분포는 22~36세였고, 직업은 학생, 군인, 교사, 주부 등으로 본 실험에서보다 다양해졌다.

#### 3.7.3 결과

표 15와 표 16에는 22개의 확률 표현들에 대한 Acceptability function의 값(Acceptability Proportion)이 가장 크게 나타난 확률 구간과 그 값이 나타나있다. 1~4단계 설문을 통해 추정된 각 확률의 값이 Acceptability function의 최고 구간에 모두 포함되는데, 이는 많은 응답자들이 확률 추정 값과 비슷한 정도의 확률로 생각하고 있다는 것을 말해준다. 그림 3에는 22개의 확률 표현들 중, 불확실성을 나타내는 3가지 확률 표현들의 각 확률 구간별 Acceptability Proportion이 나타나 있다. '절대(전혀) 불가능한'은 0%, '다소 의심스러운'은 36~40%, '확실한'은 100%에서 가장 높은 Acceptability Proportion이 나타난다.

## 4. 결론 및 검토

본 연구는 기존의 외국 논문에서 사용된 방법론을 한글 확률 표현에 적용해서 진행되었다. 체계적인 정량화 작업을 위해서 계획된 총 4차례의 단계별 설문을 실시하였으며, 이 과정에서 각 확률 구간을 대표하는 11개의 확률 표현들의 확률 값이 추정되었다. 본 결과의 타당성을 얻기 위해 추가

**표 15.** 불확실성을 나타내는 확률 표현의 Acceptability 최고 구간과 그 구간에서의 Proportion

| 추정된 확률(%) | 확률 표현 | Acceptability | |
|---|---|---|---|
| | | 최고 구간 | Proportion |
| 0 | 전혀(절대)불가능한 | 0 | 0.95 |
| 10 | ~할 가능성이 매우 작은 | 6~10 | 0.86 |
| 20 | ~할 가능성이 작은 | 16~20 | 0.76 |
| 30 | 의심스러운 | 26~30 | 0.67 |
| 40 | 다소 의심스러운 | 36~40 | 0.67 |
| 50 | 절반의 | 46~50 | 1.00 |
| 60 | 조금 있을법한 | 56~60 | 0.52 |
| 70 | 있을법한 | 66~70 | 0.71 |
| 80 | ~할 가능성이 큰 | 76~80 | 0.90 |
| 90 | 거의 확실한 | 86~90 | 0.90 |
| 100 | 확실한 | 100 | 0.95 |

**표 16.** 빈도를 나타내는 확률 표현의 Acceptability 최고 구간과 그 구간에서의 Proportion

| 추정된 확률(%) | 확률 표현 | Acceptability | |
|---|---|---|---|
| | | 최고 구간 | Proportion |
| 0 | 절대(전혀)~않은 | 0 | 0.95 |
| 10 | 매우 드물게 | 6~10 | 0.81 |
| 20 | 드물게 | 16~20 | 0.71 |
| 30 | 이따금 | 26~30 | 0.67 |
| 40 | 가끔 | 26~30, 36~40 | 0.43 |
| 50 | 절반의 | 46~50 | 1.00 |
| 60 | 흔히 있는 | 56~60 | 0.86 |
| 70 | 자주 | 66~70 | 0.90 |
| 80 | 대개는 | 76~80 | 0.86 |
| 90 | 거의 항상 | 86~90 | 0.95 |
| 100 | 확실한 | 100 | 0.81 |

적인 설문을 통하여 검증을 실시하였으며, 그 결과 본 실험에서 얻은 결론은 타당한 것으로 나타났다.

최근의 연구 결과에 따르면 '기존의 체계화 되지 않은 정성적인 확률 표현'과 '체계적으로 정량화 된 정성적인 확률 표현', '수치 형태의 확률 표현'들 중에서 사람들은 두 번째 형태의 확률 표현을 가장 선호하는 것으로 나타났다(Tavana et al., 1997). 그러므로 본 연구의 결과를 인지하고 있는 상태에서 대화를 한다면, 사람마다 다르게 생각하는 정성적인 확률 표현으로 인해 의사 전달 및 결정 과정에서 생기게

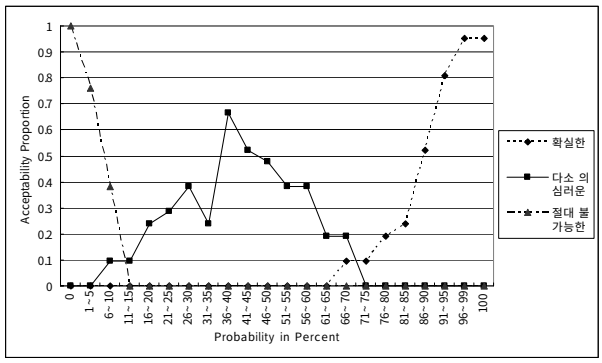


**그림 3**. 확률 표현 '확실한', '다소 의심스러운', '절대(전혀)불가능한'의 Acceptability Proportion 그래프

되는 오해의 소지가 줄어드는 효과를 기대해볼 수 있다. 특히 국가적 차원의 중요한 정책 결정을 해야 할 때, 정성적인 확률 표현의 애매모호함으로 인해 야기될 수 있는 그릇된 정책 도출을 방지하는데 기여할 수 있을 것이다. 한편, 응답자의 빈도나 불확실성에 관한 응답을 요구하는 설문지를 만들 때, 제시하는 보기들이 겉으로만 다를 뿐 실질적으로는 비슷한 정도를 나타내거나 보기들 사이의 정도가 균일하지 못하게 제시되는 경우가 비일비재 하다. 이런 경우에 본 연구의 결과를 설문지에 활용한다면 보다 더 표준화되고 균일한 보기를 제시할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

Beyth-Marom, R., How probable is probable? A numerical translation of verbal probability expressions, *Journal of Forecasting*, 1, 257-269, 1982.

Brun, W. and Teigen, K. H., Verbal probabilities: ambiguous, context-dependent, of both?, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 41, 390-404, 1988.

Budescu, D. V. and Wallsten, T. S., Dyadic decisions with numerical and verbal probabilities, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 46, 240-263, 1990.

Budescu, D. V. and Wallsten, T. S., Subjective estimation of precise and vague uncertainties, *Judgmental Forecasting*, 63-81, 1987.

Erev, I. and Cohen, B. L., Verbal versus numerical probabilities: efficiency, biases, and the preference paradox, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 45, 1-18, 1990.

Fillenbaum, S., Wallsten, T. S., Cohen, B. and Cox, J. A., Some effects of available vocabulary and communication task on the understanding and use of nonnumerical probability expressions, *American Journal of Psychology*, in press.

Hamm, R. M., Selection of verbal probabilities: a solution for some

problems of verbal probability expression, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 48, 193-223, 1991.

Mosteller, F. and Youtz, C., Quantifying probabilistic expressions, *Statistical Science*, 5, 2-30, 1990.

Murphy, A. H. and Brown, B. G., Forecast terminology: Composition and interpretation of public weather forecasts, *Bulletin of The American Meteorological Society*, 64, 13-22, 1983.

Olsen, R. A. and O'Neill, M. F., `The interpretation of probabilistic phrases used to provide financial advice, *Journal of Professional Services Marketing*, 4, 67-74. 1988.

Pontecorvo, A. B., A method of predicting human reliability, *Annals of Reliability and Maintainability*, 4, 337-342, 1965.

Raegan, R. T., Mosteller, F. and Youtz, C., The quantitative meanings of verbal probability expressions, *Journal of Applied Psychology*, 74, 433-442, 1989.

Tavana, M., Kennedy, D. T. and Mohebbi, B., An Applied study using the analytic hierarchy process to translate common verbal phrases to numerical probabilities, *Journal of Behavioral Decision Making*, 10, 133-150, 1997.

Wallsten, T. S., Budescu, D. V. and Zwick, R., Comparing the calibration and coherence of numerical and verbal probability judgment, *Management Science*, 39, 176-190, 1993.

## 저자 소개

❖ 박 경 수 ❖ kspark@kaist.ac.kr
미국 미시간대학교, Industrial & Systems Engineering 박사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 교수
관심분야: 인간공학, 감성공학

❖ 신 수 환 ❖ shwanydot@hotmail.com
연세대학교 컴퓨터산업공학과 학사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 석사과정
관심분야: 감성공학, Human reliability analysis

❖ 이 재 인 ❖ inibest@kaist.ac.kr
한국과학기술원 산업공학과 박사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 박사과정
관심분야: Human reliability analysis, Human error, 감성공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 09월 20일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 11월 21일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 11월 23일