

# Economic Analysis of an Internet Portal, 'NANOIN'

Heung-Kyu Kim\*

## Abstract

In this research, economic analysis of Integrated Information System for Nano-convergence Industry (hereafter 'NANOIN'), which was developed and has been in operation by Organization of Nano-convergence Industrial Cooperation, is conducted. For this purpose, the research has been carried out in the following order. First, NANOIN user's maximum willingness-to-pay is estimated using contingent valuation method, the number for NANOIN users is estimated using Bass Diffusion Model, and annual benefit from NANOIN is estimated. Next, annual cost from NANOIN is estimated using annual budget for NANOIN related planned activities. Finally, economic value of NANOIN is evaluated using economic analysis applied to the estimated annual NANOIN benefit and cost. From the economic analysis, it is found that NANOIN has some economic value. It is expected that the procedures suggested in this research can help to systematically evaluate economic value for public goods which have not only uncertain benefit from user's side but also uncertain demand just like NANOIN.

▶ Keyword : Contingent Valuation Method, Bass Diffusion Model, Economic Analysis

## I . Introduction

나노융합산업협력기구에서는 국가 나노융합산업의 지속적인 발전 및 지식생태계 조성을 목적으로 나노융합산업통합정보시스템(이하 나노인)을 2012년 12월부터 운영하고 있다. 이후 회원들의 개선의견 수렴·반영을 통해 2014년 09월 홈페이지 리뉴얼 작업을 완료한 바 있다.

본 연구에서는 나노인의 경제적 타당성 분석을 실시하고자 한다. 이를 위하여 먼저 조건부 가치 측정법(Contingent Valuation Method, CVM)과 배스의 확산모형(Bass Diffusion Model)을 이용하여 회원이 지불할 용의가 있는 최대 지불 용의액(Willingness To Pay, WTP)과 향후 회원 수를 추정하여 나노인의 연도별 편익을 예측하고자 한다. 다음 나노융합산업협력기구에서 나노인 기반 구축 및 운영 활성화를 위하여 이미 투입한 사업비와 향후 투입할 사업비를 이용하여 연도별 비용을 예측하고자 한다. 이후 연도별 편익과 비용을 이용하여 나노인의 경제적 타당성을 분석하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2절에서는 조건부 가치 측정법, 배스의 확산모형, 그리고 경제적 타당성 분석기법에 관하여 개략적으로 살펴본다. 다음 제3절에서는 이러한 기법을 이용한 본 연구의 절차에 대하여 소개한다. 이후 제4절에서는 나노인의 경제적 타당성 분석의 결과를 제시한다. 마지막으로 제5절에서는 본 연구의 결과를 요약·정리한다.

## II . Theoretical Background

### 2.1 Contingent Valuation Method

#### 2.1.1 조건부 가치 측정법의 개요

조건부 가치 측정법은 설문조사를 할 때 가상시나리오를 통해 가상시장을 만들며, 특별하게 고안된 설문지는 공공재나 비시장

• First Author: Heung-Kyu Kim, Corresponding Author: Heung-Kyu Kim  
\*Heung-Kyu Kim (heungkyu@dankook.ac.kr), School of Business Administration, Dankook University.  
• Received: 2016. 06. 20, Revised: 2016. 06. 24, Accepted: 2016. 06. 27.  
• This research was funded by Dankook University in 2014.

재화의 공급수준 변화에 대해 가상적인 상황을 설정하고 여러 조건을 달아 응답자들을 가상적인 상황에 결합시킨다. 이러한 조건하에서 응답자들은 공공재나 비시장재화 공급의 가상적인 변화에 대해 어느 정도 지불의사가 있는지를 대답하게 된다.

설문조사에서 응답자가 진술한 가치를 최대 지불 용의액의 추정치로 사용하는 조건부 가치 측정법의 타당성에 대해 많은 검토가 있었다. 주요 연구사례를 검토해보면, 조건부 가치 측정법으로부터 얻은 가치는 실제 최대 지불 용의액 값과 같거나 25% 이내의 범위에서 더 크다는 결론에 도달하여 조건부 가치 측정법의 타당성은 어느 정도 검증되었다(Mitchell and Carson, 1989).

조건부 가치 측정법은 [Fig. 1]에 나타낸 바와 같은 5단계를 거쳐 수행된다(Yoo and Chae, 2001).

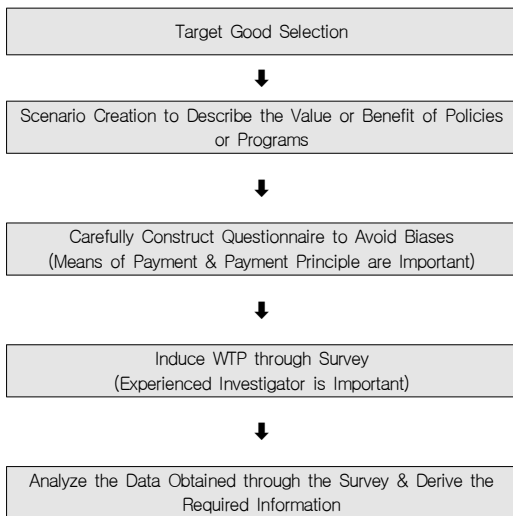


Fig 1. 5 Steps in CVM

한편, [Fig. 1]의 3단계에서 사용되는 설문지에서의 설문문항 형태는 <Table 1>과 같이 주로 4가지가 이용된다.

Table 1. Question Formats in CVM

Format	Description
Open-ended Question	Direct Respondent to Answer for Maximum WTP
Bidding Method	Repeat Process of Asking WTP for Random Amount until Convergence to Certain Amount
Payment Card	While Presenting Expenses for Other Goods, Have Respondent to Answer for Maximum WTP
Two-Choice Question	Ask Respondent whether there is WTP a Certain Amount and Have Him or Her to Answer Yes/No

2.1.2 조건부 가치 측정 모형: 효용격차모형

본 연구에서 적용하는 조건부 가치 측정은 Hanemann(1984)의 효용격차모형에 기반하며, 효용격차모형은 다음과 같은 절차를 따르고 있다.

우선 제시된 금액에 대해 지불의사가 있는 지 여부를 묻는 질문에 대한 응답을 모형화한다. 즉, ‘예’ 또는 ‘아니오’의 이산 응답을 모형화한 후 최우추정법을 통해 관련된 모수들을 추정한다. 이후 분포의 성격을 이용하여 최대 지불 용의액의 평균값을 계산한다. 응답자가 자신의 효용함수를 정확하게 알고, 주어진 화폐소득( $m$ )과 개인의 특성벡터( $S$ )에 근거하여 비시장재화의 상태( $j$ )에 대해 느끼는 효용은 Eq.(1)과 같은 간접효용함수  $u$ 로 표현될 수 있다.

$$u = u(j, m; S), j = 0, 1 \dots \text{Eq.(1)}$$

여기서,  $j = 0$ 은 비시장재화를 이용할 수 없거나 비시장재화가 공급되지 않는 상태를 의미하며  $j = 1$ 은 비시장재화를 이용할 수 있거나 비시장재화가 공급되는 상태를 의미한다. 그런데 연구자에게는 응답자가 측정대상 비시장재화의 상태 변화를 선택 또는 거부하는 데 있어 관측이 불가능한 부분이 존재하므로, 간접효용함수는 Eq.(2)와 같이 관측 가능한 확정적인 부분  $v(j, m; S)$ 과 관측 불가능한 확률적 부분  $\epsilon_j$ 로 구성된다.

$$u(j, m; S) = v(j, m; S) + \epsilon_j \dots \text{Eq.(2)}$$

한편, 간접효용함수에 영향을 미치는 확률적 성분인  $\epsilon_j$ 는  $j$ 에 독립적이면서 동일한 분포를 갖는(independently and identically distributed) 확률변수로 이의 평균은 영의 값을 가진다.

각 개인이 효용을 최대화한다고 가정하면 각 개인은 Eq.(3) 혹은 Eq.(3')의 조건을 만족할 때, “당신은 비시장재화의 이용을 위해 또는 비시장재화를 공급받기 위해  $A$ 원을 지불할 의사가 있습니까?”란 질문에 대해 “예”라고 대답하면서  $A$ 원을 기꺼이 지불함으로써 효용을 최대화하게 된다.

$$v(1, m - A; S) + \epsilon_1 \geq v(0, m; S) + \epsilon_0 \dots \text{Eq.(3)}$$

또는

$$v(1, m - A; S) - v(0, m; S) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1 \dots \text{Eq.(3')}$$

이제 “예”라고 응답할 확률은 Eq.(4)와 같이 효용의 격차  $\Delta v(A)(= v(1, m - A; S) - v(0, m; S))$  혹은 오차항의 격차  $\eta(= \epsilon_0 - \epsilon_1)$ 의 함수로 나타낼 수 있다.

$$\Pr\{\Delta v(A) \geq \eta\} = F_\eta[\Delta v(A)] \dots \text{Eq.(4)}$$

여기서,  $F_\eta(\cdot)$ 는  $\eta$ 의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)이며, “예”란 응답은  $\Delta v \geq 0$ 일 때 관측되며, “아니오”란 응답은  $\Delta v < 0$ 일 때 관측된다.

지금부터  $C$ 로 표기할 최대 지불 용의액은 확률변수로서 이의 cdf를  $G_C(A)$ 로 정의하면, “예”라고 응답할 확률은 Eq.(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Pr\{C \geq A\} = 1 - G_C(A) \quad \dots \text{Eq.(5)}$$

따라서 Eq.(4)와 Eq.(5)로부터 Eq.(6)을 얻을 수 있다.

$$1 - G_C(A) = F_\eta[\Delta v(A)] \quad \dots \text{Eq.(6)}$$

Eq.(6)은 이산반응모형 Eq.(4)를 적합시키는 것이 곧 최대 지불 용의액의 cdf  $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것임을 나타내며, 이 때  $C$ 는  $j = 0$ 의 상태에서  $j = 1$ 의 상태로 변화하기 위한 최대 지불 용의액이 된다.

$C$ 가 음의 값도 가질 수 있을 경우,  $C$ 의 평균  $C^+$ 은 Eq.(7)과 같이 계산된다.

$$\int_0^\infty [1 - G_C(A)] dA - \int_{-\infty}^0 G_C(A) dA \quad \dots \text{Eq.(7)}$$

**2.1.3 조건부 가치 측정 모형: 단일경계모형**

“당신은 비시장재화의 이용을 위해 또는 비시장재화를 공급 받기 위해  $A_i$ 원을 지불할 의사가 있습니까?”란 질문에 대해  $i$  번째 응답자가 응답하는 상황은 Eq.(8)과 같이 2개의 변수를 도입하여 묘사할 수 있다.

$$\begin{cases} I_i^Y = 1 \text{ (응답이 예)} \\ I_i^N = 1 \text{ (응답이 아니오)} \end{cases} \quad \dots \text{Eq.(8)}$$

이 경우 효용극대화를 추구하는  $N$ 명의 표본을 가정할 경우 로그-우도함수는 Eq.(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{i=1}^N \{ I_i^Y \ln [1 - G_C(A_i)] + I_i^N \ln G_C(A_i) \} \quad \dots \text{Eq.(9)}$$

통상적인 관례에 따라,  $F_\eta(\cdot)$ 를 로지스틱(logistic) cdf로 정형화하고 이것을  $\Delta = a - bA$ 와 결합하면 최대 지불 용의액의 cdf  $G_C(\cdot)$ 는 Eq.(10)의 형태를 취하게 된다.

$$[1 + \exp(a - bA)]^{-1} \quad \dots \text{Eq.(10)}$$

따라서 최대 지불 용의액의 평균  $\overline{WTP}$ 은 Eq.(11)과 같이 계산된다.

$$\frac{a}{b} \quad \dots \text{Eq.(11)}$$

**2.1.4 조건부 가치 측정 모형: 스파이크모형**

지금까지는 조건부 가치 측정 모형을 둘러싼 중요한 논의와 일반적인 조건부 가치 측정 모형에 대하여 살펴보았는데, 이제는 나노인과 같이 회원가입이 공짜인 인터넷 포털의 최대 지불 용의

액의 성격에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

이러한 인터넷 포털의 회원 중 상당수는 우연히 회원가입을 하였으나, 이의 필요성을 느끼지 못해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해 거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다. 따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이러한 모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완할 필요가 있다.

단일경계 모형에서 제시금액에 대해 지불의사가 없다고 밝힌 응답자를 대상으로 영의 최대 지불 용의액을 가지는지 여부를 식별하는 질문을 추가하여 응답을 얻게 되면 지불의사가 없다고 응답한 자료는 영의 최대 지불 용의액과 영보다 크면서 제시금액보다 작은 양의 최대 지불 용의액을 가진 자료로 구분된다. 이렇게 캐어 묻기 질문을 통해 영의 최대 지불 용의액이 식별될 수 있으므로 분석모형은 자료와의 일관성을 확보할 수 있도록 영의 최대 지불 용의액을 명백하게 반영해야 한다.

현재까지 영의 최대 지불 용의액을 반영할 수 있도록 조건부 가치 측정에 관한 문헌에서 제안되고 응용된 모형은 크게 최대 지불 용의액의 분포함수가 영에서 스파이크(spike)를 허용하도록 하는 스파이크 모형(Kriström, 1997; Yoo and Kwak, 2002)과 영의 최대 지불 용의액을 가질 확률 분포와 양의 최대 지불 용의액을 가질 확률 분포를 볼록결합(convex combination) 형태로 결합하는 혼합 모형(Werner, 1999; Yoo et al., 2001; Yoo, 2004)이 대표적이다. 영의 최대 지불 용의액은 인터넷 포털이 응답자의 후생에 전혀 기여하지 못할 때, 즉 다음과 같은 소득계약 하의 소비자 효용극대화 문제의 모서리 해(corner solution)로서 도출될 수 있으므로 경제적 행위에 부합한다고 할 수 있다.

$$\max_{y, Z} [U(y, Z, h) | y + Z \leq m] \quad \dots \text{Eq.(12)}$$

여기서,  $U(\cdot)$ 는 효용함수,  $y$ 는 나노인 사업에 대한 최대 지불 용의액,  $Z$ 는 다른 지출,  $h$ 는 개인특성을 나타내는 벡터, 그리고  $m$ 은 소득을 나타낸다.

영의 값을 가진 최대 지불 용의액 자료의 분석을 위해서는 다수의 회원들이 인터넷 포털에 대해 전혀 지불할 의사가 없다는 사실을 고려해야만 한다. 즉, 경제적 타당성 분석 등에 사용될 수 있는 최대 지불 용의액의 평균을 구하기 위해서는 최대 지불 용의액의 분포를 구해야 하고, 최대 지불 용의액의 분포를 구하기 위해서는 최대 지불 용의액의 분포는 영의 값을 갖는 응답자 그룹과 양의 최대 지불 용의액을 갖는 응답자 그룹으로 양분되는 점이 반드시 고려되어야 한다. 만약 영의 최대 지불 용의액 응답을 무시하고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 된다. 즉, 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, 최대 지불 용의액 자료와 같이 영의 값과 양의 값을 함께 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화(specification)에 있어서 어려움이 존재한다. 이제 스파이크 모형에 대해 정형화할 수 있는데,

Eq.(8)의 두 번째 부분에 있는 “아니오”의 응답은 영의 최대 지불 용의액과 제시금액(A)보다 작은 양의 최대 지불 용의액으로 구분되므로, Eq.(13)과 같이  $I_i^N$ 은 다시  $I_i^{NY}$ 와  $I_i^{NN}$ 로 세분화될 수 있다.

$$\begin{cases} I_i^{NY} = 1 \text{ (응답이 아니오 - 예)} \\ I_i^{NN} = 1 \text{ (응답이 아니오 - 아니오)} \end{cases} \dots \text{Eq.(13)}$$

앞에서와 마찬가지로 최대 지불 용의액의 누적분포함수를  $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 최대 지불 용의액의 평균  $\overline{WTP}$ 을 추정할 수 있다.

스�파이크 모형에서,  $\theta = (a, b)$ 일 때 최대 지불 용의액  $WTP$ 의 누적분포함수  $G_C(\cdot; \theta)$ 는 Eq.(14)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1}, & A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1}, & A = 0 \\ 0, & A < 0 \end{cases} \dots \text{Eq.(14)}$$

따라서 단일경계 스파이크 모형에 대한 로그우도함수는 Eq.(15)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{i=1}^N \ln \left\{ \begin{matrix} I_i^Y [1 - G_C(A_i)] + \\ I_i^{NY} [G_C(A_i) - G_C(0)] + \\ I_i^{NN} G_C(0) \end{matrix} \right\} \dots \text{Eq.(15)}$$

여기서, 스파이크는  $\frac{1}{\ln[1 + \exp(a)]}$  로 정의되며, 이는 표본에서 영의 최대 지불 용의액을 갖는 응답자의 비중이 된다. 한편, 최대 지불 용의액의 평균  $\overline{WTP}$ 은 Eq.(16)과 같이 계산된다.

$$\frac{1}{b} \ln[1 + \exp(a)] \dots \text{Eq.(16)}$$

### 2.2 Bass Diffusion Model

베스의 확산모형에서는 해당 제품이나 서비스의 확산과정을 혁신과 모방으로 나누어 설명하고 있다(Bass, 1969).

기간  $t$ 에서의 판매량을  $S_t$ , 기간  $t-1$ 까지의 누적구매자수를  $Y_{t-1}$ , 그리고 시장규모, 즉 잠재구매자수를  $N$ 으로 나타내면 베스의 확산모형은 Eq.(17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_t = \left( p + q \frac{Y_{t-1}}{N} \right) (N - Y_{t-1}) \dots \text{Eq.(17)}$$

여기서,  $p$ 는 비구매자  $(N - Y_{t-1})$ 에 의한 수용을 나타내

는 혁신계수, 그리고  $q$ 는 기간  $t-1$ 까지의 누적구매자  $Y_{t-1}$ 과 기간  $t$ 에서의 비구매자  $(N - Y_{t-1})$ 와의 상호작용에 의한 수용을 나타내는 모방계수이다.

따라서 베스의 확산모형에서 혁신계수  $p$ 는 해당 제품이나 서비스가 사람들의 선택에 영향을 미치는 정도를, 그리고 모방계수  $q$ 는 사람들이 얼마나 모방하고 싶어 하는지를 나타낸다고 할 수 있다. 즉, 혁신계수  $p$ 는 광고효과나 외부영향에 따라 움직이는 계수라고 할 수 있고, 모방계수  $q$ 는 입소문에 의한 내부영향에 따라 움직이는 계수라고 할 수 있다.

베스의 확산모형에 따른 누적구매자수와 신규구매자수는 [Fig. 2]와 같이 나타낼 수 있다(Mahajan et al., 1990). 즉, 베스의 확산모형에서 해당 제품이나 서비스의 초기에는 혁신계수  $p$ 에 의한 영향이 크고([Fig. 2]에서 굵은 점선) 모방계수  $q$ 에 의한 영향은 작은([Fig. 2]에서 얇은 점선) 반면에, 시간이 경과함에 따라 혁신계수  $p$ 에 의한 영향은 작아지고 모방계수  $q$ 에 의한 영향은 커짐을 알 수 있다.

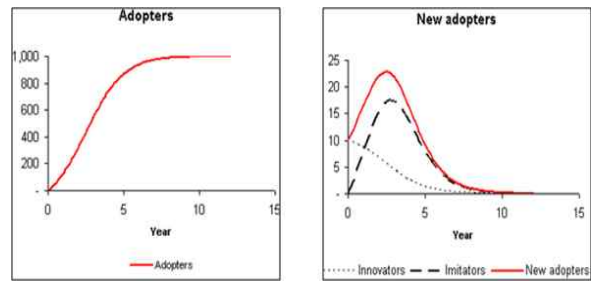


Fig 2. Cumulative and New Adopters

해당 제품이나 서비스에 관한 자료에서 Eq.(18)과 같이 기간  $t$ 에서의 구매자수  $S_t$ 를 종속변수로, 그리고 기간  $t-1$ 까지의 누적구매자수  $Y_{t-1}$ 을 독립변수로 하여 잠재구매자수  $N$ , 혁신계수  $p$ , 그리고 모방계수  $q$ 를 추정할 수 있다.

$$S_t = pN - (p - q) Y_{t-1} - \frac{q}{N} Y_{t-1}^2 \dots \text{Eq.(18)}$$

한편, Eq.(18)의 모집단 회귀Eq.(Population Regression Line)을 추정하기 위한 자료가 큰 경우 최소자승법(Ordinary Least Squares Method)을 이용하여 파라미터  $pN$ ,  $-(p - q)$ , 그리고  $-\frac{q}{N}$ 를 추정하고, 이로부터 최종적으로 잠재구매자수  $N$ , 혁신계수  $p$ , 그리고 모방계수  $q$ 를 추정할 수 있다.

### 2.3 Economic Analysis

경제적 타당성 분석기법으로는 순현재가치(Net Present Value, NPV), 편익/비용(Benefit/Cost, B/C) 비율, 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR) 등이 있는데, 일반적으로 이해

가 용이하고 사업규모의 고려가 가능한 편익/비용 비율 분석기법을 많이 사용하는 경향이 있다.

먼저 순현재가치란 Eq.(19)에 나타낸 바와 같이 사업에 수반된 모든 편익과 비용을 기준년의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며  $NPV \geq 0$ 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \dots \text{Eq.(19)}$$

여기서,  $B_t$ 는 시점  $t$ 에서의 편익,  $C_t$ 는 시점  $t$ 에서의 비용,  $r$ 은 할인율(이자율), 그리고  $n$ 은 내구연도(분석연도)를 나타낸다.

다음 편익/비용 비율이란 Eq.(20)에 나타낸 바와 같이 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로  $B/C \geq 1$ 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$B/C = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \dots \text{Eq.(20)}$$

내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)이란 Eq.(21)에 나타낸 바와 같이 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} \quad \dots \text{Eq.(21)}$$

지금까지 살펴본 각 평가지표의 장·단점 등을 개략적으로 비교한 결과는 <Table 2>에 나타낸 바와 같다.

Table 2. Comparisons between Economic Analysis Methods

Method	Pros	Cons
NPV	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Presents Clear Criteria for Selecting Alternatives</li> <li>·Presents PV of Future Benefits</li> <li>·Consider Marginal NPV</li> <li>·Useful for Other Analysis Methods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Difficult to Determine Discount Rate</li> <li>·Difficult to Understand</li> <li>·Possible Errors when Ranking Alternatives</li> </ul>
B/C	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Easy to Understand</li> <li>·Considers Program Size</li> <li>·Considers Periods for Costs &amp; Benefits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Difficult to Tell Costs from Benefits</li> <li>·Possible Errors when Selecting Mutually Exclusive Alternatives</li> <li>·Difficult to Identify Social Discount Rate</li> </ul>
IRR	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Measures Program Profitability</li> <li>·Easy to Compare with Other Alternatives</li> <li>·Easy to Understand Process &amp; Results</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Not Consider Program Size</li> <li>·Possible to Obtain Several IRR's</li> </ul>

### III. Research Procedures

#### 3.1 Contingent Valuation Method

나노인 사업의 경제적 편익 추정을 위하여 본 연구에서 조건부 가치 측정법을 적용한 실증 연구절차는 [Fig. 3]에 나타낸 바와 같다.

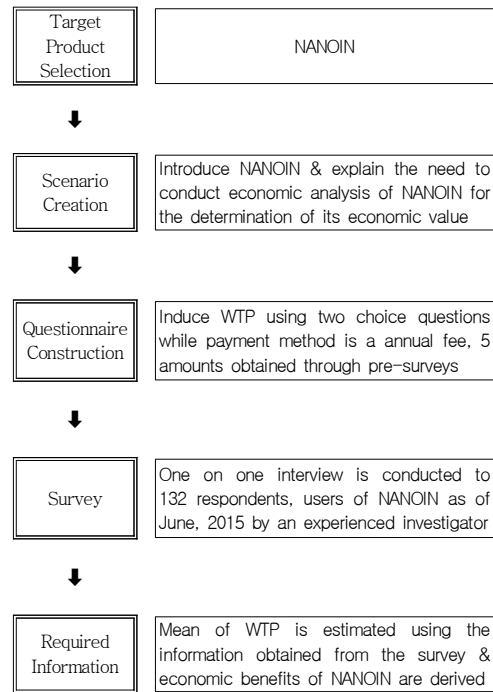


Fig 3. Research Procedure for CVM

본격적인 설문조사를 위한 첫 단계로서 대상재화와 이에 대한 조건부 시장을 설정해야 하기에, 설문지는 조건부 시장의 일반적 상황부터 만들어 갔다. 즉, 본격적인 최대 지불 용의액에 관한 질문에 앞서 나노인 사업을 추진함에 따라 생기게 되는 이득을 설명하면서 기꺼이 추가적으로 지불하고자 하는 금액에 대해 질문하였다.

다음 조건부 시장의 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이므로 평가하고자 하는 나노인에 대한 응답자의 친숙성을 고려하여 연회비를 지불수단으로 하였다.

또한 현실시장에서 소비자들의 행동을 결정하는 유형 혹은 국민투표에서 투표하는 유형과 유사한 양분선택형 질문법으로 지불의사를 유도하였다. 즉, 구매하고자 하는 물건의 시장 가격이 1,000원일 때, 합리적 소비자라면 그 물건의 사용으로부터 얻게 될 효용이 1,000원보다 크거나 같으면 물건을 구매할 것이고, 그렇지 않다면 구매하지 않을 것이다. 또한 특정법안에 대해 국민투표를 할 때 투표자는 그 법안에 내용이 좋으면 '예'라는 응답을, 싫으면 '아니오'란 응답을 할 것이다. 이렇게 양분 선택형 질문은 단 1회에 걸쳐서 미리 설정된 금액을 “공공재

공급의 대가로 지불할 용의가 있는가?”라고 물어보면, 응답자가 “예/아니오”로 한번만 대답하는 방식이다. 이 때 예상되는 지불 의사액에 의거하여 설문하고자 하는 금액들이 결정되며, 이들 중 임의로 한 가지 금액을 각 응답자에게 제시한다. 다만 각 금액은 비슷한 수의 응답자들에게 배당되고 응답자는 제시된 금액이 본인의 지불 의사액보다 같거나 작으면 “예”라고 대답하고, 높으면 “아니오”라고 대답하게 된다. 이렇게 얻어진 자료를 이용하여 제시된 금액과 “예”라고 대답한 응답자의 비율을 분석함으로써 최대 지불 용의액의 평균을 측정하게 된다.

본 연구에서는 지불의사 유도방법으로서 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편이나 설문조사원 편에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적으면서 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택형 질문법을 이용하였다.

다음 제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 최대 지불 용의액의 평균에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로, 사전 설문조사를 통해 지불 의사액의 범위를 구하여 5개의 제시금액, 즉 5,000원, 10,000원, 20,000원, 50,000원, 100,000원을 결정하였다.

또한 설문방법은 개별면접설문, 전화설문, 우편설문 등이 있는데, 비용이 많이 소요된다는 단점이 있지만 응답자가 충분히 이해할 수 있도록 일대일 개별면접 설문을 실시하였다.

한편, 표본추출 및 면접조사는 모집단의 대표성을 확보하기 위하여 나노인 회원 중 단순무작위추출에 의하여 응답자132명을 선정하였다. 이중 전체 응답자의 약 48%에 해당하는 62명이 나노인 사업에 대해 지불의사가 전혀 없다는 의견을 밝혔는데, 이러한 상황은 최대 지불 용의액에 관한 설문조사 자료에서 흔히 관측된다고 한다(Yoo et al., 2001). 따라서 스파이크모형을 이용하여 최대 지불 용의액의 평균을 추정하였다.

### 3.2 Bass Diffusion Model

전술한 바와 같이 본 연구에서는 베스의 확산모형을 이용하여 언제 얼마만큼의 사람이 나노인을 받아들일까를 예측하였다.

한편, 나노인의 경우 나노인 구축 후 경과기간이 짧아 Eq.(18)에 나타난 모집단 회귀식을 추정하기 위한 자료가 거의 없는 문제점이 있다. 따라서 많은 제품이나 서비스의 경우 혁신계수  $p$ 는 0.04, 그리고 모방계수  $q$ 는 0.30 근처의 값을 갖는 것으로 알려져 있으므로, 이를 이용하여 나노인 회원 수의 확산과정을 추정하였다(Sultan et al., 1990).

### 3.3 Economic Analysis

순현재가치, 편익/비용 비율, 그리고 내부수익률은 그 분석 기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 나노인 사업의 경제적 타당성을 분석하기에는 적당하지 않은 경우가 있을 수 있으므로 본 연구에서는 순현재가치, 편익/비용 비율, 내부수익률을 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석하였다.

## IV. Data Analysis

### 4.1 Contingent Valuation Method

Stata SE 12에서 Spike Module을 이용하여 얻은 스파이크 모형의 추정결과는 <Table 3>에 나타난 바와 같다.

Table 3. Estimates for Spike Model

Variable	Estimates
Constant	.0813149 (0.47)
Suggested Amount	-.0000186 (-5.39)*
Spike	.4796825 (11.21)*
No. of Obs.	132
Log-likelihood	-138.97048
Wald Statistic (p-value)	29.08 (0.0000)

\* denotes that it is statistically significant with 1% significance level.

스�파이크 모형의 추정결과로부터 계산된 최대 지불 용의액의 평균은 <Table 4>에 나타난 바와 같이 약 39,539원인데, 이는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다.

Table 4. Mean of WTP

WTP	NANOIN	
	Estimates	t-value
Mean	39539.13	5.18*

\* denotes that it is statistically significant with 1% significance level.

### 4.2 Bass Diffusion Model

나노인은 2011년 후반부터 1년여 기간 동안 시범운영을 거친 후 2012년 12월 정식 개통을 하였으며 2014년 말 현재 총 회원 수는 1,566명에 이르고 있다.

Table 5. Variations in NANOIN Users

Year	Users (Person)	
	New Users	Cumulative Users
2012	687	687
2013	499	1,188
2014	379	1,566

<Table 5>의 자료에 베스의 확산모형에서 혁신계수  $p$ 는 0.04, 모방계수  $q$ 는 0.30을 가정·최소자승법을 적용하여, 즉,  $\min_N \sum_{t=2012}^{2014} (S_t - \hat{S}_t)^2$ 이 되는 잠재구매자수  $N$ 을 추정한 결과는 9,216명이다. 이로부터 향후 18년 동안 신규 회원 수 및 누적회원 수를 추정한 결과는 <Table 6>에 나타난 바와 같다.

Table 6. Estimation of Variations in 'NANOIN' Users

Year	Users (Person)	
	New Users	Cumulative Users
2015	696	2,262
2016	790	3,052
2017	859	3,911
2018	888	4,799
2019	867	5,666
2020	797	6,462
2021	689	7,152
2022	563	7,715
2023	437	8,152
2024	325	8,477
2025	234	8,711
2026	164	8,874
2027	112	8,987
2028	76	9,063
2029	51	9,114
2030	34	9,149
2031	23	9,172
2032	15	9,187

### 4.3 Economic Analysis

먼저 조건부 가치 측정법을 이용하여 도출한 최대 지불 용액의 평균인 39,539원과 전체 회원에 관한 <Table 5>와 <Table 6>의 자료를 이용하여 나노인 사업의 연간 편익을 추정할 수 있으며, 이는 <Table 7>과 같이 나타낼 수 있다.

Table 7. Estimation of Annual Benefits

Year	The Number of Users (Person)	Benefit (Won)
2012	687	27,163,293
2013	1,188	46,972,332
2014	1,566	61,918,074
2015	2,262	89,437,218
2016	3,052	120,673,028
2017	3,911	154,637,028
2018	4,799	189,747,661
2019	5,666	224,027,974
2020	6,462	255,501,018
2021	7,152	282,782,928
2022	7,715	305,043,385
2023	8,152	322,321,928
2024	8,477	335,172,103
2025	8,711	344,424,229
2026	8,874	350,869,086
2027	8,987	355,336,993
2028	9,063	358,341,957
2029	9,114	360,358,446
2030	9,149	361,742,311
2031	9,172	362,651,708
2032	9,187	363,244,793

다음 나노인 사업에서는 2010~2014년에 해당하는 1단계 5개년에 걸쳐 총 1,700,000,000원의 사업비가 투입되었으며, 각

연도별 사업추진 내용 및 사업비는 <Table 8>에 나타낸 바와 같다.

Year	Content	Budget (Won)
1 <sup>st</sup> year (2010)	·NANOIN Infrastructure ·H/W, S/W Purchases & Installations	300,000,000
2 <sup>nd</sup> year (2011)	·NANOIN Infrastructure ·H/W, S/W Purchases & Installations ·KMS, CRM, CMS, Portal Site	650,000,000
3 <sup>rd</sup> year (2012)	·System beta open ·Service Usage Analysis & Responses ·User Requirement Collection & Stabilization ·Integrated Management Related Processing & Support ·System Open(2012.12)	400,000,000
4 <sup>th</sup> year (2013)	·System Operation Monitoring ·H/W, S/W Purchases & Installations ·System Equipment Stabilization & Management ·Failure Protection & Maintenance	150,000,000
5 <sup>th</sup> year (2014)	·System Improvement ·Design Improvement ·System Operation Monitoring ·System Equipment Stabilization & Management ·Failure Protection & Maintenance	200,000,000
Total		1,700,000,000

또한 시스템 유지비로 향후 매년 100,000,000원(인건비 30,000,000원, 시스템 유지보수 70,000,000원)을 지출할 계획으로 알려져 있다. 따라서 나노인 사업이 시작된 2010년부터 나노인 구축 후 20년간인 2032년까지의 총 비용을 추정하면 <Table 9>에 나타낸 바와 같다.

Table 9. Estimation of Annual Costs

Year	Cost (Won)
2010	300,000,000
2011	650,000,000
2012	400,000,000
2013	150,000,000
2014	200,000,000
2015	100,000,000
2016	100,000,000
2017	100,000,000
2018	100,000,000
2019	100,000,000
2020	100,000,000
2021	100,000,000
2022	100,000,000
2023	100,000,000
2024	100,000,000
2025	100,000,000
2026	100,000,000
2027	100,000,000
2028	100,000,000
2029	100,000,000
2030	100,000,000
2031	100,000,000
2032	100,000,000

경제적 타당성 분석을 위한 제반 가정 및 전제는 다음과 같다(Korea Development Institute, 2008).

먼저 편익의 발생기간은 2012년 나노인 구축 후 20년까지로 설정함으로써 경제성 분석 기간은 나노인 사업 시작연도인 2010년부터 2032년까지의 22년간이다. 다음 편익과 비용의 평가는 2014년 12월 시점으로 하였다. 이때 사회적 할인율은 5.0%를 적용하였다.

나노인 사업에 대한 경제적 타당성 분석 결과는 <Table 10>에 제시되어 있는데, 순현재가치, 편익/비용 비율, 그리고 내부수익률은 모두 각각 0, 1.0, 그리고 5.0%를 초과하여 본 사업은 경제적 타당성을 확보한다고 할 수 있다. 한편, 경제성 분석에서의 편익 및 비용의 흐름은 <Table 11>에 나타난 바와 같다.

Table 10. Economic Analysis of 'NANOIN'

	NPV (Won)	B/C	IRR
Value	101,000,000	1.03	5.42%

Table 11. Cost and Benefit Streams from 'NANOIN'

(Unit : Million Won)

Year	Benefit		Cost		Net Benefit	
	Value	Present Value	Value	Present Value	Value	Present Value
2010			312	379	-312	-379
2011			666	771	-666	-771
2012	27	30	406	448	-379	-418
2013	47	49	151	158	-104	-109
2014	62	62	200	200	-138	-138
2015	89	85	100	95	-11	-10
2016	121	110	100	91	21	19
2017	155	134	100	86	55	48
2018	190	156	100	82	90	74
2019	224	176	100	78	124	97
2020	256	191	100	75	156	116
2021	283	201	100	71	183	130
2022	305	206	100	68	205	139
2023	322	208	100	64	222	143
2024	335	206	100	61	235	144
2025	344	201	100	58	244	143
2026	351	195	100	56	251	140
2027	355	188	100	53	255	135
2028	358	181	100	51	258	130
2029	360	173	100	48	260	125
2030	362	166	100	46	262	120
2031	363	158	100	44	263	115
2032	363	151	100	42	263	109
Total	5,272	3,227	3,435	3,066	1,737	101

## V. Conclusions

정부주도로 많은 사업이 전개되는 오늘날 공공재의 경제적 가치를 평가하는 것은 매우 중요한 문제이다.

본 연구에서는 나노융합산업협력기구에서 구축·운영하고 있는 나노융합산업통합정보시스템에 대하여 조건부 가치 측정법과 베스의 확산모형을 이용하여 이의 경제적 편익을 추정해보았다. 다음 나노융합산업통합정보시스템의 연도별 사업추진 내용 및 사업 비로부터 이의 경제적 비용을 추정해보았다. 이로부터 경제적 타당성 분석기법을 이용하여 나노융합산업통합정보시스템의 경제적 가치를 평가하여 보았다. 그 결과 나노융합산업통합정보시스템은 경제적 타당성을 확보한다고 할 수 있었다.

한편, 본 연구에서 이용한 방법론은 수혜대상자의 편익은 물론 수요자체가 불확실한 공공재의 경제적 가치를 평가하는 데에 유

용하게 사용될 수 있으리라 기대된다.

double bounded dichotomous choice contingent valuation surveys". *Applied Economics Letters* 9: 929-932

## REFERENCES

- [1] , General Guidelines for Pre-feasibility Study, Korea Development Institute, 2008
- [2] Bass, F. M.(1969), "A New Product Growth Model for Consumer Durables", *Management Science*, pp.65-74
- [3] Hanemann, W. M. 1984. "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses". *American Journal of Agricultural Economics* 66: 332-341
- [4] Kriström, B. 1997. "Spike models in contingent valuation". *American Journal of Agricultural Economics* 79: 1013-1023
- [5] Mahajan, V., Muller, E. and Bass, F. M. 1990. "New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research". *Journal of Marketing* 54: 1-26
- [6] Mitchell, R. C. and Carson., R. T. 1989. *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington, D.C.: Resources for the Future
- [7] Sultan, Fareena, Farley, John U., and Lehmann, Donald R.(1990), "A Meta-Analysis of Applications of Diffusion Models", *Journal of Marketing Research*, pp.70-76
- [8] Werner, M. 1999. "Allowing for Zeros in Dichotomous-Choice Contingent-Valuation Models". *Journal of Business & Economic Statistics*, 17: 479-486
- [9] Yoo, S. H. 2004. "A Note on a Bayesian Approach to a Dichotomous Choice Environmental Valuation Model". *Journal of Applied Statistics*, 31: 1203-1209
- [10] Yoo, S. H. and Chae, K. S. 2001. "Measuring the economic benefits of the ozone pollution control policy in Seoul: results of a contingent valuation survey". *Urban Studies*, 38: 49-60
- [11] Yoo, S. H., Kwak, S. J., and Kim, T. Y. 2001. "Modelling willingness to pay responses from dichotomous choic contingent valuation surveys with zero observations". *Applied Economics*, 33: 523-529
- [12] Yoo, S. H. and Kwak, S. J. 2002. Using a spike model to deal with zero response data from

## Authors



Heung-Kyu Kim received the B.S. degree in Management Science from KAIST in 1991, M.S. degree in Industrial Engineering from KAIST in 1993, and Ph.D. degree in Industrial Engineering from Purdue University in 2002.

Dr. Kim joined the faculty of School of Business Administration at Dankook University in 2003. He is currently a Professor in School of Business Administration, Dankook University. He is interested in operations research, economic analysis, and R&D performance evaluation.