광역시 지역주민의 원전계속운전 수용성 결정요인 분석
- 머신러닝과 CVM 기법의 적용 -

Analysis of Public Acceptability for Continued Nuclear Power Plant Operation
- Based on Machine Learnings and CVM -

박 호 정 (고려대학교 식품자원경제학과 및 KU·KIST 그린스쿨 교수 - 주저자)
조 성 진 (에너지경제연구원 연구위원 – 공동저자)
류 호 준 (환경정책평가연구원 연구원 - 교신저자)

Abstract

Hojeong Park / Sungjin Cho / Hojoon Ryu

There are growing interests in decision-making on continued operation of aged nuclear power plants. This paper attempts at identifying factors which may influence on acceptability of public for the continued nuclear power plants. The affecting factors on the decision-making are mainly explored by ID3 algorithm which results are verified through CART and CHAID algorithms. The data were based on a survey of local residents in metropolitan cities. The analysis shows that the vicinity factor have the greatest impact factor on the continued operation of aged nuclear power plants with other factors including respodents' perception on nuclear, job and income. The resulting factors are then employed for CVM analysis to estimate willingness to pay (WTP) for the continued operation of aged nuclear power plants. The CVM finding is that individual WTP is 570KRW per month in order to secure the continuation of nuclear power.

Keywords: Machine Learning, Continued Nuclear Power, ID3, CVM, WTP

I. 서 론

원자력발전(이하 '원전')은 2000년대 중반 고유가 시기에 대체 발전원이자 온실가스 감축수단으로서 각광을 받았지만 후쿠시마 사고 이후 안전관리와 계속운전 논의의 대상이 되었다. 원전계속운전은 설계수명이 지난 원전 중 안정성 및 성능 조건이 만족될 경우, 연장 가동하는 것을 의미한다. 기저부하 발전원으로서 안정적 전력공급에 기여할 뿐만 아니라, 신규 원전 건

설에는 막대한 예산과 시간이 소요된다는 측면에서 상당수 원전 이용국은 설계수명 이상으로 원전을 계속 운전하는 것을 선호한다. 2016년 기준 영국은 1970년대와 80년대에 건설된 AGR (개량 가스 냉각형 원자로) 등 총 15기의 원전을 운영하고 있는데, 이 중 총 14기의 원전이 계속 운전 승인을 받은 상태이다 (WNA, 2016). 2016년 기준 캐나다는 총 19기 가동원전 중 15기 원전이 개보수 및 성능보강을 통해 설계수명을 연장하고 있다. 총 99기의 원전이 가동 중인 미국에서는 원전 수명연장제도는 계속운전 허가제가 아닌 운영허가갱신 제도로 운영하고 있다. 원전운영허가의 표준기간은 40년이며, 규제기관의 안전성 규제요건을 충족하는 경우에는 20년 단위로 운영허가 기간이 갱신되는데, 2016년까지 총 83기 원전에 대해 갱신승인이 이루어졌다 (NRC, 2016).

우리나라도 계속운전을 정책 옵션 중의 하나로 간주하고 있다. 그 이유는 우리나라의 원전 보유기수가 세계 6위에 위치할 정도로 많은 수량을 보유하고 있으며, 발전량은 국내 총 발전량의 약 30%를 차지하고 있기 때문이다. 그러나 최근 원전 안전에 대한 관심이 증가하면서 원전 폐쇄, 신규건설, 방폐장 설치 및 계속운전 등에 대한 논의기 부각되고 있다. 이에 대한 논의 가운데, 원전의 안전은 지역주민의 수용성을 변화시킬 수 있는 주요 요인 중 하나로서 다양한 사례를 반영하여 연구되어지고 있다. 대표적인 연구는 이나현 외(2017)의 연구에서는 부안군 방폐장 유치 사례를 바탕으로 지역주민의 수용성 변화가 안전성에 의하여 변화될 수 있음을 고려하여 연구와 김주경 외(2013)의 후쿠시마 사고, 원전부품 비리 등의 위험요인을 반영한 원자력 수용성 분석에 대한 연구가 있다.

원전 계속운전과 관련된 연구는 소비자의 원전 이용에 관한 수용성 및 인지요인을 분석한 연구, 그리고 경제성 평가와 공익적 가치를 분석한 연구로 구분할 수 있다. Wittenben et al. (2012)는 원전계속운전에 직접적으로 영향을 미치는 요소로서 원전에 대한 인식제고를 주목하고 있다. 국내에서 원전 수용성을 분석한 연구로는, 후쿠시마 사태의 국내 원전 수용성 영향을 분석한 정주용 외(2011), 그리고 후쿠시마와 한반도 지진발생 빈도 증가가 원전인식에 미치는 영향을 분석한 오영석 외(2016)를 들 수 있다. 경제성 평가 연구로는 원전계속운전의 최적의사결정을 동태계획법(Dynamic Programming, DP)으로 분석한 Rowthwell et al.(1997)이 있으며, Rust et al.(1995) 역시 동태모형을 활용하여 Three Mile Island(TMI) 사건 전후로 발전사의 수익 변화를 비교 연구하였다. 원전의 공익적 가치는 주로 지불의사액(Willingness To Pay, WTP)을 추정하는 방식으로 이루어진다. Jun et al.(2010)은 원전에 관한 세부 정보(원전의 안정성, 경제적 환경적 편익, 과거 사고사례 등)를 제공한 그룹과 제공하지 않은 그룹을 구분하여 현재 원전 규모를 유지하기 위한 추가 비용으로서 WTP를 가상가치평가법(Contingent Valuation Method, CVM)으로 분석하였다. 이창훈 외 (2013)는 다양한 CVM 모형(단일경계, 이중경계, 스파이크 등)을 활용하여, 원전 사고위험 해소에 대한 WTP를 분석한 바 있다. 원전계속운전과 이에 대한 수용성 관련 연구가 지속적으로 이루어지고 있으나 수용성 변화에 미치는 주요 요인

을 선별하였다는 한계점이 있다.

본 연구는 기존 연구에서 활용되지 않은 머신러닝 방법론 중 ID3알고리즘 기반의 의사결정나무 모형을 이용하여 우리나라 주요 광역시 지역주민의 원전계속운전 수용성에 미치는 요인을 분석하였다. 아울러 원전계속운전의 찬성 및 반대의 의사를 표명하는 개별 그룹 내에 가장 수용성변화가 이루어지기 힘든 대상의 속성을 특정화 하고자 하였다. 이는 데이터의 모든 변수를 고려하여 CVM을 활용한 분석에 유의미한 변수를 객관적으로 선별하는데 유용한 방법이다. CVM을 통한 원전계속운전의 WTP를 추정하되, 엔트로피-의사결정나무 모형을 활용하여 원전계속운전에 대한 일반인의 인식에 가장 큰 영향을 미치는 요인과 중요 순위를 분석하였다. 엔트로피-의사결정나무 모형에 이용되는 알고리즘은 ID3(Quinlan, 1986)이며, 결과 검정을 위하여 CART(Classification And Regression Tree; Breiman et al., 1984) 알고리즘과 CHAID (Chi-square A.I.D; Kass, 1980)알고리즘을 추가로 병행하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 분석에 사용된 엔트로피-의사결정나무 모형과 CVM 모형을 Ⅱ장에서 소개하며, 설문조사 설계에 대한 설명 및 분석모형의 실증분석을 Ⅲ장에서 다룬다. Ⅳ장에서 요약 및 결론을 제시하도록 한다.

Ⅱ. 분석 모형

1. 엔트로피-의사결정나무 모형

엔트로피-의사결정나무 모형(Decision Making Tree, DMT)[1]은 머신러닝(Machine Learning) 지도학습(Supervised Learning) 기법 중의 하나로서, 관심변수의 결정인자를 파악하고 분류하는데 유용한 알고리즘이다. 연속형[2] 출력변수를 나타내는 회귀나무모형(Regression Tree Model, RTM)과 범주형[3] 출력변수를 나타내는 범주나무모형(Classification Tree Model, CTM)으로 나누어지며, 본 연구에서 활용한 데이터는 범주형 자료이므로 CTM을 이용하였다.

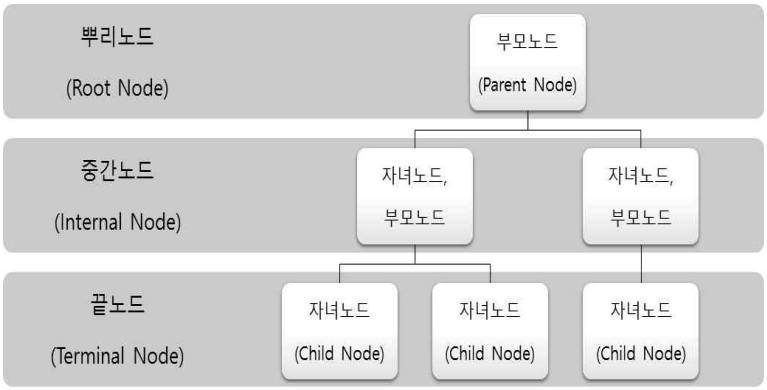
경제학에서도 의사결정나무모형을 활용한 다양한 연구가 이루어지고 있는데, 예를 들어 도산예측모형(조준희 외, 2007), 부동산 가격예측모형 (최상일 외, 2011), 질병확산 방지 모형 (Brennan et al., 2006), 금융위기로 인한 자산 위험성 평가 모형 (Galindo et al., 2000) 등이 있다.

의사결정나무 모형의 장점을 살펴보면 첫째, 각각의 변수들이 나타내는 특징을 바탕으로 분

---

1) 불규칙성이 존재하는 데이터 속에서 구조적 패턴으로 나타나는 주요 인자 확인과 주요 인자의 순위화하는 방법 중 하나이며(I.H.Witten, 2016), 구조적 패턴 분석 시 엔트로피지수를 활용한다.
2) 연령 또는 소득수준과 같이 수치에 따른 각 집단을 구분하는 변수를 의미한다.
3) 설문 표본들의 출신지, 성별과 같은 집합을 측정한 변수를 의미한다.

석하고자하는 변수에 미치는 영향도에 따라 개별 변수들의 순위를 직관적으로 발견하는데 유용하다(Quinlan, 1986). 둘째, 유효한 데이터를 선별하는데 있어서 연구자의 임의적 판단이 아닌 알고리즘 연산결과에 따라 변수를 자동적으로 선별할 수 있다. 셋째, 엔트로피 의사결정나무 분석과정에서 주요 변수를 선별하는데 적용되는 각각의 기준을 바탕으로 수용성변화가 가장 이루어지기 힘든 대상의 속성을 특정화할 수하는데 용이하다. 한계점으로는 사용하는 데이터의 표본크기에 따라 때로 결과가 매우 민감하게 반응할 수 있다는 점과 이산화 시킨 연속형 변수에 대한 분석을 진행하기 위하여 범주형 변수로 변화시켜야 한다는 점이 있다.



자료 : Mitchell(1997)을 참고하여 재구성

〈그림 1〉 의사결정나무 모형 구성

의사결정나무모형은 엔트로피 지수(Entropy Index)를 기준으로 결정되는 노드(node)와 이들 노드를 연결하는 가지(branch)들로 구성된다. 가지는 가까운 유형의 노드들을 순차적으로 연결시켜주는 역할을 하며, 모든 가지가 연결된 최종적인 형태가 의사결정나무가 된다. 모형의 설계 시 노드는 그 중요도 순위에 따라 부모노드. 자녀노드로 구분되며, 가지가 전개되는 단계에 따라 뿌리노드, 중간노드, 끝노드로 구분한다. 따라서 각 노드 사이에 분리, 정지, 종결의 기준을 설정하는 것에서 시작되며, 그 기준점은 엔트로피 연산 결과에 의해 결정된다. 아래에서는 ID3와 CART, CHAID 알고리즘을 소개하도록 한다.

ID3 알고리즘은 범주형 자료 분석에 활용되며 엔트로피[4] 지수를 주로 이용한다. 엔트로피 지수란 분석 대상이 되는 데이터 내의 유사성(순수도)의 수준을 의미하며, 이 지수가 높을수록 낮은 순수도를, 지수가 낮을수록 높은 순수도를 의미한다. 엔트로피 지수를 이해하기 위해서는 우선 정보함수(Information Function)의 개념부터 살펴보아야 한다. 일반적으로 어떤 사건

4) 엔트로피는 열역학 제2법칙을 설명하는 요소로서 자연 상태의 물질을 다른 에너지로 변환하여 이용하였을 때, 그 분자 배열이 매우 불규칙적으로 되는 무질서도(disorder)의 상태를 의미한다. 또한 정보과학에서 엔트로피는 각 메시지의 불확실성을 정보의 평균값으로 연결하여 해석한다 (Gleick, 2011, p.280).

(event)의 정보가치는 사건의 발생확률과 반비례의 관계를 갖는다(Shanon, 1951; Renyi, 1961). 발생 개연성이 높은 사건에 관한 정보의 가치는 낮지만, 발생확률이 작은 사건의 경우에는 추가적인 정보가 가져다주는 가치가 크기 때문이다. 식(1)은 관찰된 개별 요소의 정보량을 산출하는 것으로서 S는 표본의 수를 나타내며, 소문자 s_i는 $i=1,\ldots,m$의 사건개수를 나타낸다. 예를 들어 표본개수(응답자 수)가 100이며, 사건은 A와 B의 두 개가 있다고 하면 $m=2$가 된다. 이때 사건A에 해당하는 표본이 30이라면 $s_1=30$, 사건B에 대한 표본이 70이라면 $s_2=70$이 된다. 여기서 m은 전체 정보량의 수(전체 표본에서 정답을 찾아가는데 사용하는 질문 수)를 의미하기도 한다. 확률이 $p=s_i/S$로 주어진 가운데 정보가치와 발생확률 간의 역의 관계를 상정하면, 정보함수는 $n=\log_2(1/p)$ 또는 $n=-\log_2 p$이므로 엔트로피 지수를 식(1)처럼 계산할 수 있다.

$$E(S)=E(s_1,s_2\ldots,s_m)=-\sum_{i=1}^{m}\frac{s_i}{S}\log_2\frac{s_i}{S}. \tag{1}$$

즉, 식(1)은 정보가치의 기댓값을 나타내며, 이 엔트로피 지수를 활용하여서 앞에서 언급한 의사결정나무 모형의 뿌리노드를 결정한다. 뿌리노드는 가장 높은 지수값을 갖는 요소로 선정되며, 이후 다음 순위의 자녀노드를 계산해야 한다. 자녀노드가 될 수 있는 후보 요소의 집합이 C이며, 각 요소 $i\in C$, $i=1,\ldots,n$의 하위속성의 개수가 l로서 $k=1,\ldots,l$이라면 식(2)의 엔트로피 지수를 이용하여 정보이득(Information Gain)을 계산한다.

$$IG(S,C_i)=E(S)-\sum_{j=1}^{l}\frac{c_{ij}}{C_i}E(c_{ij}). \tag{2}$$

위에서 $E(c_{ij})$는 식 (1)을 이용하여 구한다. 뿌리노드에 연결되는 자녀노드는 max $\{IG(S,C_1),\ldots IG(S,C_n)\}$에 해당되는 요소로 결정되는데, 이는 정보 측면에서 노드의 가치가 가장 큰 요소를 선택하는 것을 의미한다.

ID3와 함께 자주 사용되는 CART 알고리즘은 순수도를 측정하기 위하여 엔트로피 지수 대신에 지니지수(Gini Index)인 $G(p)$를 이용한다. 지니지수는 특정 집합 내에 분석하고자 하는 요소 외의 이질적 요소의 비율(불순도)을 측정하는 지표로서 지수가 낮게 나타날수록 낮은 불순도를 의미하는데, 산출 수식은 수식(3)과 같다. 1은 지니지수 산출 대상인 노드의 부모노드이며, 지니지수의 총 정보이득을 나타내는 지니이득(Gini Gain)은 식(4)와 같다.

$$G(p) = 1 - \sum_{n=1}^{n} f(p_{np})^2. \quad (3)$$

$$GG(p) = 2((p_{1y}(1-p_{1y})\frac{s}{n}) + (p_{2y}(1-p_{2y})\frac{n-s}{n})). \quad (4)$$

한편, CHAID 알고리즘은 카이제곱(Chi-square)과 AID(Automatic Interaction Detection)[5]의 합성 방법론으로 알려져 있다. 이 알고리즘은 통계량이 높거나 자유도가 낮은 경우 관찰하고자 하는 노드들의 이질성이 거의 없다는 것을 가정하는데, 뿌리노드와 자녀노드 사이에 상당한 변동이 발생될 요인이 없는 경우에 유용하다. 그러므로 카이제곱값이 적게 나올수록 노드간의 상호연관성이 존재한다고 볼 수 있다. 이를 표현한 식(5)의 f_0는 실제도수를 의미하며, f_e는 각 인자들 간의 상관관계를 고려하여 기대되는 값을 나타내는 기대도수이다.

$$X^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}. \quad (5)$$

아래 실증분석에서는 위의 세 가지 방법으로 식별된 원전계속운전의 의사결정에 영향을 미치는 주요 요소를 정리한 후, 이들 요소를 CVM 분석에 활용하도록 한다.

2. CVM

CVM은 후생경제학의 이론적 근거를 바탕으로 비시장재의 가치를 평가하는 방법으로서, 비시장재의 양적 또는 질적 변화 시 이에 대응하여 지불하고자 하는 추가 비용으로서 WTP를 추정하는데 활용된다. Hanemann(1984)의 효용격차모형(Utility Difference Model)에 따르면, 설문 응답자의 간접효용함수(Indirect Utility Function)는 비시장재의 상태가 $s=0$에서 $s=1$로 변할 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$u(s,i;c) = v(s,i;c) + \epsilon_s, \quad s = 0, 1. \quad (6)$$

위 수식은 효용함수를 설문조사를 통해 추정할 경우, 확률적 요소를 고려할 필요가 있음을 의미하며, 수식에서 확률적 요소는 ϵ_s로 제시하였다. 응답자가 비시장재의 양적 또는 질적 향상을 위해 B의 금액을 지불할 의사가 있는지 물어보는 경우, 아래의 수식이 성립한다.

---

5) 다양한 변수가 혼합된 집합 내에서 통계적 상관관계를 갖는 요소를 선별한다.

$$u(1, i-B; c) \geq u(0, i; c). \tag{7}$$

위 수식은 비시장재의 상태 변화 시에 지불금액 B가 지출된다 하더라도 상태가 변화되기 이전의 효용보다 크거나 같음을 의미한다. 식(6)을 활용하면 $v(1, i-B; c)+\epsilon_1 \geq v(0, i; c)+\epsilon_0$이므로, 이 조건을 만족하는 경우 지불의사가 있게 된다. 제시금액 B를 수용할 확률이 P_1이며 $\delta = \epsilon_0 - \epsilon_1$로 정의한다면, δ의 누적분포함수인 $F_\delta(\cdot)$는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_1 = \Pr[v(1, i-B; c)+\epsilon_1 \geq v(0, i; c)+\epsilon_0]. \tag{8}$$

$$P_1 = F_\delta(\triangle v), \ \triangle v \equiv [v(1, i-B; c) \geq v(0, i; c)]. \tag{9}$$

만일 응답자가 제시금액에 대한 지불의사를 수용하는 응답을 하였다면, 지불의사금액 m의 확률은 아래 식(10)과 같이 구할 수 있다. 이 때 G_m은 해당 확률변수의 누적분포함수이므로 $G_m(B)$는 제시금액 B가 지불의사금액 m보다 클 확률을 의미한다. 이는 확률효용이론의 관점에서 응답자의 효용을 극대화하는 선택으로 이해할 수 있다(Haab and McConnell, 2003).

$$\Pr[Yes] = \Pr[m \geq B] = 1 - G_m(B). \tag{10}$$

본 연구에서 CVM 분석은 「NOAA 패널 리포트」(Arrow, 1993)가 제시하는 이중경계 양분선택형(Double Bounded Dichotomous Choice, DBDC)을 활용하였다. DBDC의 제시금액 산출을 위하여 첫 번째 제시금액을 B라고 가정할 경우 B를 수용한 응답자에게는 B_u를, B를 거부한 응답자에게는 B_d를 제시한다(단, $B_d < B < B_u$이며 보통 B_u는 B의 2배, B_d는 B의 0.5배를 취한다). DBDC는 제시금액 수용여부에 따라, 예-예(yy), 예-아니오(yn), 아니오-예(ny), 아니오-아니오(nn)로 구분된다. j번째 응답자에 대한 각 제시금액의 수용여부에 따른 확률은 P^{yy}, P^{yn}, P^{ny}, P^{nn}로 표기 가능하며, 이는 아래와 같다.

$$P^{yy}(B_j, Bu_j) = \Pr[Bu_j \leq \max WTP_j] = 1 - G(Bu_j). \tag{11}$$

$$\begin{aligned} P^{yn}(B_j, Bu_j) &= \Pr[B_i \leq \max WTP_j \leq Bu_j] \\ &= G(Bu_j) - G(B_j). \end{aligned} \tag{12}$$

$$P^{ny}(B_j, Bd_j) = \Pr[Bd_i \leq \max WTP_j \leq B_j] \\ = G(B_j) - G(Bd_j). \tag{13}$$

$$P^{nn}(B_j, Bd_j) = \Pr[\max WTP_j \leq Bd_i \leq B_j] = G(Bd_j). \tag{14}$$

DBDC 질문에서 첫 번째 제시금액 B에 대해 수용의사를 밝힌 경우는 $f_j = 1$, 거부의사를 밝힌 경우는 $f_j = 0$의 값을 따르는 것으로 정의한다. 두 번째 제시금액 B_u 및 B_d에 대해 수용의사를 밝힌 경우 $s_j = 1$, 거부의사를 밝힌 경우는 $s_j = 0$의 값을 따르는 것으로 정의한다. 변수 f_i 및 s_i와 DBDC에서 제시된 금액의 단계별 수용여부 확률에 관한 위 식들로부터 대수우도함수는 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \ln L = \sum [& f_j s_j \ln(1 - G(Bu_j)) \\ & + f_j(1 - s_j)\ln(G(Bu_j) - G(B_j)) \\ & + (1 - f_j)s_j \ln(G(B_j) - G(Bd_j)) \\ & + (1 - f_j)(1 - s_j)\ln(G(Bd_j)). \end{aligned} \tag{15}$$

Hanemann et al.(1991)에 따르면, $G(B_j)$를 로짓 분포로 가정할 경우, $G(B)$를 $[1 + \exp(a - bB)]^{-1}$로 나타낼 수 있음. 또한, 평균 WTP는 아래와 같이 제시할 수 있다.

$$\mathrm{WTP(m)} = \int_0^{\infty} [1 - G(B)]dB = \frac{1}{b} ln[1 + \exp(a)]. \tag{16}$$

Ⅲ. 실증분석

1. 설문조사

설문지의 설계를 위한 예비조사는 고려대학교 학생 66명을 대상으로 2016년 6월 7일에 수행되었다. 한국의 에너지 현황에 대한 일반적인 소개 이후에 원전계속운전에 따르는 WTP를 개방형 질문으로 조사하였다. 이를 바탕으로 본 설문지를 설계하였으며, 전문가 자문을 거쳐 설문지를 확정하였다. 계속운전 시에 발전단가 측면에서 장점이 있지만, 노후 원전의 안정성 확보를 위한 유지보수 예산이 필요하다는 설명을 제공한 후, 이 유지보수를 위한 WTP를 질문하는

방식으로 설문지가 설계되었다 (부록 참조).

본 설문조사는 주요 5개 도시(서울, 인천, 대구, 광주, 부산)에서 연령으로 만 20세 이상 65세 미만의 성인 남녀 총 1,000명을 대상으로 2016년 9월 9일부터 9월 19월 27일 동안 수행되었다.[6] 표본은 성별, 거주지역 기준을 적용하여 단순무작위 추출로 선정하였으며, 설문방법은 지역 기준(에너지경제연구원, 2016)에 따른 면접관을 개별적으로 배치하여 대면 설문조사하였다. 전체 표본 1000명 중 912명을 유효표본으로 선정(88명의 경우 미응답, 설문요건 미충족으로 제외)하여 분석에 활용하였다. 표본의 특성은 성별의 경우 남성 44%, 여성 56%로 나타났으며, 연령별 응답자는 20대가 7.10%(71명), 30대가 20.10%(201명), 40대가 45.70%(457명), 50대가 20.90%(209명), 61세 이상이 6.20%(62명)으로 40대가 가장 높은 비율로 나타났다. 응답자의 가족이 거주하는 지역에 원전이 존재하는 경우는 26.2%(262명), 존재하지 않는 경우는 73.8%(738명)로 나타났다.

설문지 구성은 크게 네 가지의 항목으로 구성되는데, 설문 순서에 따라 첫째, 인구사회학적 항목, 둘째, 원전계속운전의 수용성 항목, 셋째, 원전 계속운전 혹은 폐쇄를 위한 개인의 WTP, 넷째, 응답자의 추가적인 인구사회학적 항목(전력산업 종사여부 및 응답자의 학력) 순으로 배열하였다. 의사결정나무모형 분석 시 인구사회학적 항목, 원전계속운전의 수용성 항목 그리고 응답자의 추가 인구사회학적 항목을 이용하였으며, WTP 추정 시 인구사회학적 항목, 개인의 WTP 항목, 추가 인구사회학적 항목을 활용하였다. 연구에 활용된 변수들은 원전시설에 대한 인접성(Vicinity), 가족 중 전력산업 종사자 유무(Job), 소득(Income), 원전에 대한 인식(Perception)으로 표기하였으며, 변수별 응답비율은 다음 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 의사결정나무 모형 분석을 위한 설문항목별 기초통계분석

Vicinity	Job	Income	Perception
인접 거주 233명(25.5%)	종사자 있음 233명(26%)	저소득 789명(86.5%)	긍정적 488명(53.5%)
인접 미거주 679명(74.4%)	종사자 없음 679명(74%)	고소득 123명(13.4%)	부정적 424명(46.4%)

설문 내용 중 인구사회학적 항목의 경우 응답자의 거주 지역, 연령, 성별, 소득수준에 대한 설문을 통해 응답자의 구성 분포를 확인하고자 하였으며, 우리나라의 원전 현황 및 기본 개념을 제시하여 응답자의 이해도를 높이고자 하였다. 원전계속운전의 수용성 항목의 경우 설문응답자에게 원전계속운전에 대한 정보를 제공 한 뒤 원전과 관련된 12가지의 긍정적 그리고 부정

[6] 당시 설문조사 기간의 결정 시에 의도된 것은 아니지만 9월12일에 경주 지진 사태가 발생하였다. 9월9일(금)에 본 조사가 착수되었지만 주말인 관계로 대부분의 설문조사는 12일(월) 이후에 이루어졌음을 밝혀둔다. 따라서 본 연구는 경주 지진 이후에도 원전계속 운전에 대한 시민들의 수용의사를 살펴볼 수 있다는 점에서 또 다른 의의를 갖는다고 본다.

적인 단어를 다음 〈표 2〉과 같이 무작위로 혼합하되 다음에 언급될 “프레이밍 효과”와 Herr et al.(1991)를 고려하여 〈표 2〉의 첫 단어로 부정적인 단어인 후쿠시마사태 혹은 긍정적인 단어의 원자력르네상스를 제시하였다.[7] 이 때, 제시방법은 응답자의 표본 1000명을 두 개의 그룹(그룹 A, 그룹 B)으로 균등하게(각각 500명) 분할하여 A 그룹에게는 부정적인 단어가 먼저 제시된 인식조사표를, B 그룹에게는 긍정적인 단어가 먼저 제시된 인식조사표를 제시하였다. 표본의 균등한 분할은 표본추출방법의 기준 중 하나인 응답자의 거주지역을 기준으로 이루어졌다. 긍정적인 단어와 부정적인 단어를 선별하는 기준으로는 김주경 외(2013)와 송하중 외(2011)의 원전 수용성에 영향을 미치는 요인들을 참고하였다.

〈표 2〉 원전에 대한 인식조사표

후쿠시마 사태 (부정)	원자력 르네상스 (긍정)	원자력 비용 효율성 (긍정)	핵폐기물 처리비용 (부정)
방폐장 부지 선정 (부정)	방사능 누출 (부정)	석유 수입 감소 (긍정)	원자력 안전 문제 (부정)
원자력 기술 중동 수출 (긍정)	연구목적 소형원자로 개발 (긍정)	원자력의 CO2저감 효과 (긍정)	전력공급 안정성 (긍정)

원전에 대한 인식조사표 구성 시 편향된 응답이 이루어지는 우려가 발생하는 것을 피하기 위하여 참조한 “프레이밍 효과”와 Herr et al.(1991) 연구 가운데 프레이밍 효과는 특정적인 상황에 있어서 수용자에게 이득 혹은 손실 메시지를 전달할 경우 결과가 제시된 메시지에 의해서 영향을 받을 수 있는 현상이라고 할 수 있으며(Chang and Lee, 2009; White et al., 2011), 특히, 위험과 관련된 부정적인 정보는 응답자의 인식이 새로운 정보에 의하여 변화될 수 있다(심준섭 외, 2010). 정보 수용자가 부정적인 단어와 긍정적인 단어를 동일한 수만큼 접하였을 경우 부정적인 단어가 더 크게 인식되므로 〈표 2〉와 같이 부정적인 단어에 비하여 긍정적인 단어를 더 많이 제시하였다. Herr, Kardes and Kim(1991)의 연구는 정보 수용자가 처음으로 접한 정보가 긍정적인 경우에 비하여 부정적인 경우 더 기억이 오래 남으며, 부정적인 단어를 처음 제시할 경우 응답자는 부정적인 경향이 더 발생하여 편중된 결과가 나타날 가능성이 높다. 그러므로 전체 응답자를 균등한 수로 분배하여 첫 단어가 부정적인 설문지와 첫 단어가 긍정적인 설문지로 설계하였다.

추가 인구사회학적 항목은 응답자 본인 혹은 가족 중 전력산업 종사자 유무와 응답자의 학력에 대한 설문으로 구성하였다. 응답자 혹은 주변인의 전력산업 종사 유무가 설문응답에 미치는 영향을 확인하기 위하여 설문하였다.

---

7) 〈표 2〉에 제시된 내용 중 각 단어 하단에 표기된 부정 및 긍정은 실제 설문조사 시 기재하지 않았다.

2. 엔트로피-의사결정나무 분석

엔트로피-의사결정나무 모형의 설계 시 뿌리노드는 원전계속운전에 대한 찬반여부로 설정하였다. 하위에 설정되는 자녀노드들은 ID3, CART 그리고 CHAID 알고리즘을 활용한 연산결과를 바탕으로 설정하였다. 각각의 실증 연산방법은 다음 수식(17), (18), (19)와 같이 표현할 수 있으며, 그 결과는 〈표 3〉과 같다.

$$\begin{aligned} \mathrm{Gain}(\mathrm{Y},\mathrm{i}) = & \, Entropy(Yes) - \\ & |Y_{near}|/912 * Entropy(Y_{near}) - \\ & |Y_{distant}|/912 * Entropy(Y_{distant}). \end{aligned} \tag{17}$$

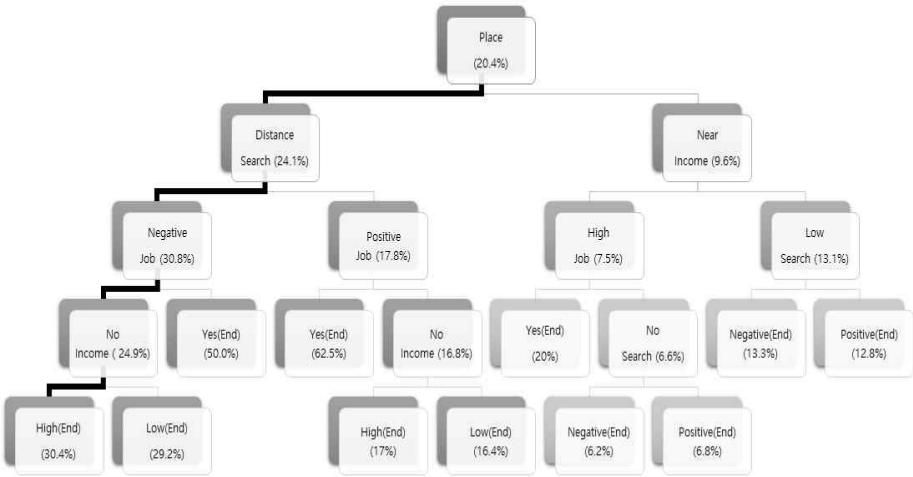
$$\begin{aligned} Gini(Y,i) = & \, 2*((Y_{near}/near)*(N_{near}/near)*(near/912)) + \\ & ((Y_{dis}/dis)*N_{dis}/dis)*(dis/912))). \end{aligned} \tag{18}$$

$$\begin{aligned} \chi - square = & \frac{(nearyes(\text{기대도수}) - nearyes(\text{실제도수}))^2}{nearyes(\text{기대도수})} \\ & + \frac{((nearno(\text{기대도수}) - nearno(\text{실제도수}))^2}{nearno(\text{기대도수})} \\ & + \frac{(disyes(\text{기대도수}) - disyes(\text{실제도수}))^2}{disyes(\text{기대도수})} \\ & + \frac{(disno(\text{기대도수}) - disno(\text{실제도수}))^2}{disno(\text{기대도수})}. \end{aligned} \tag{19}$$

〈표 3〉 ID3, CART, CHAID 연산 결과

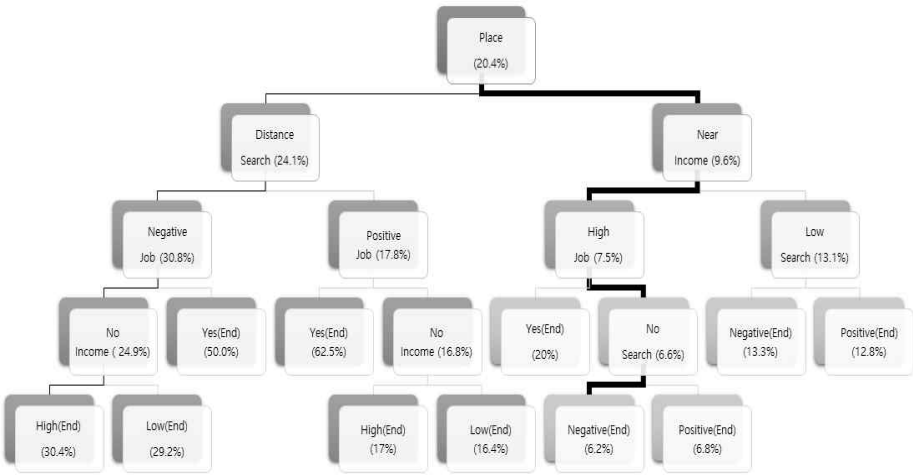
변수명	의미	ID3	CART	CHAID
Perception	원전에 대한 인식	0.0135	0.3194	15.02647509
Vicinity	인접지역 거주여부 (0=No, 1=Yes)	0.0190	0.3171	21.34719732
Income	개인소득	0.0015	0.3247	0.084265589
Job	전력산업 종사자 유무 (0=No, 1=Yes)	0.0068	0.3211	10.23456799

각 알고리즘을 기반으로 연산한 결과 원전 찬성에 가장 큰 영향을 미치는 노드는 인접지역 거주여부, 원전에 대한 인식, 전력산업 종사자 유무, 개인소득 순으로 동일하게 나타났으며, 각 알고리즘 별 연산결과 값이 가장 큰 순서는 CHAID, ID3, CART 순으로 나타났다.



〈그림 2〉 뿌리노드가 원전계속운전 찬성일 경우 의사결정나무 분할도

ID3알고리즘을 기반으로 의사결정나무모형의 시뮬레이션 분석을 진행한 결과, 원전계속운전 찬성 그룹과 반대 그룹의 노드 수는 각 12개와 10개로 나타났다 (그림 2와 그림 3 참조). 그림에서 굵은 선은 노드 사이에 영향력의 흐름을 나타낸다. 찬성 및 반대 그룹의 분리기준은 〈표 4〉와 같이 정리되는데, 양 그룹 모두 원전의 인근 거주여부 노드가 가장 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.



〈그림 3〉 뿌리노드가 원전계속운전 반대일 경우 의사결정나무 분할도

〈표 4〉 원전계속운전 찬성 및 반대 노드에 분리 기준

	찬성 그룹의 분리기준	반대 그룹의 분리기준
제 1 분리	원전 인근 거주여부(Vicinity)	원전 인근 거주여부(Vicinity)
제 2 분리	원전에 대한 인식(Perception)	개인소득(Income)
제 3 분리	전력산업 종사자 유무(Job)	전력산업 종사자 유무(Job)
제 4 분리	개인소득(Income)	원전에 대한 인식(Perception)

찬성그룹은 원전인식 변수의 설명력이 높지만, 반대그룹에서는 원전인식의 상대적 설명력은 타 요인들보다 낮았다. 이는 원전에 대한 부정적인 인식이 긍정적으로 전환될 때에 그 효과가 큼을 의미하는 것으로서, 향후 관련 정책 수립에 시사하는 바가 될 것이다.

3. CVM 분석

CVM 분석에서 설문 내용 중 원전 계속운전에 대한 추가 비용 지불의사에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 선정한 다음 해당 요소들을 모형 내에 하나씩 추가하면서 통계적 유의성(10% 이내)을 확인하여, 해당 변수의 포함여부를 결정하였다.[8] 엔트로피 분석에서 설명력을 갖는 Vicinity, Job, Income 변수와 Perception을 포함하였으며, 추가로 CVM 분석에 필요한 제시금액 변수인 Bid를 포함하였다. 원전 계속운전에 대한 추가 비용 지불의사에 영향을 미칠 수 있는 요소는 엔트로피-의사결정나무 모형 분석과 동일한 요소와 더불어 추가 비용 제시금액을 활용하였다.[9]

〈표 5〉는 원전인식 변수 포함 여부에 따라 모형1과 모형2의 추정결과를 보여주고 있다. 두 모형 모두 Vicinity 변수를 살펴보면 통계적으로 유의미한 음의 값을 가지는 것으로 나타났다. 이는 응답자의 가족이 거주하는 지역에 원전이 존재할 경우, 응답자의 원전 계속운전에 관한 지불의사에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 선행연구 결과와 다를 수 있으나 이는 원전 거주 인접성에 대한 표본 선정 시 기준의 차이로 인해 나타났다고 볼 수 있다. Job 추정결과, 모형1에서는 전력산업 종사자가 가족 중에 있을 시에 원전계속운전의 WTP가 증가하는 것으로 나타났으나, 모형2는 직관에 부합하지 않은 결과를 보여주었다. Income 변수 역시 통계적으로 유의한 양의 값을 가지는데, 즉, 소득이 높을수록 원전계속운전의 지불의사에 긍정적인 것으로 나타났다. Perception 변수를 살펴보면, 3.85% 수준에서 통계적으로 유의한 양의 값을 가지는 것으로 나타났다. Bid 변수는 직관과 일치하게 통계적으로 유의미한 음의 값을 가지는 것으로 나타났다.

---

8) 원전에 대한 인식변수인 Perception은 〈표 2〉를 활용한 설문조사를 이용하여 생성하였다. 긍정항목에 1점, 부정항목에 -1점을 부여하고 이들의 합을 구하여 변수값으로 선정하였다.

9) 제시금액에 대해 '예'의 응답비율은 42%이며, '아니오'의 응답비율은 58%로 나타났는데, 경주 지진 직후에 이루어진 설문조사일지라도 '예'의 응답 비중이 상당한 정도임을 알 수 있다.

〈표 5〉 CVM 모형 추정 결과

	모형1			모형2		
변수	계수	t-통계값	P-value	계수	t-통계값	P-value
CONST	-1.1302	-4.510	6.49e-06	2.2863	3.6507	0.0002
Vicinity	-0.6745	-4.166	3.10e-05	-0.6633	-4.0802	4.50e-05
Job	1.7900	6.922	3.38e-08	-1.5198	-5.5056	3.68e-08
Income	0.4980	6.821	9.02e-12	0.4398	5.8493	4.94e-09
Perception	0.0940	2.070	0.0385			
Bid	-0.5421	-24.914	2.89e-015	-0.5487	-25.0341	2.89e-05
Log-like.	1154.055 (Chi-sq. = 2308.110)			1145.203 (Chi-sq. = 2290.406)		
WTP	WTP=570원			WTP=580원		

본 모형에서는 원전인식변수를 고려한 모형1의 WTP를 적용하도록 한다. 식(16)을 이용하여 원전계속운전의 평균 WTP를 산출하면, 월 570원, 연간 6,840원인 것으로 추정되었다. 경제 전체의 총 WTP를 산출하기 위해서는 산출된 개별평균 WTP에 모집단 수를 곱해야 한다. 본 연구에서는 모집단으로 통계청에서 제시하고 있는 2015년 기준의 일반가구 수 19,111,030를 적용하였다.[10] 따라서 총 WTP는 월 108.93억원, 연간 1,307.19억원인 것으로 계산되었다(최대 WTP는 월 2,826원, 연 33,912원이며, 최소 WTP는 0원임).

〈표 6〉 원전 계속운전에 관한 WTP 추정 결과

구분		월WTP	연WTP
평균(원)		570	6840
최대값(원)		2,826	33,912
최소값(원)		0	0
가치추정	모집단수 (일반가구 수)	19,111,030 가구	
	총 WTP(억원)	108.93	1307.19

앞서 정리된 기존 CVM 문헌 중 Jun et al.(2010)에서는 현재 원전 규모를 유지하기 위한 평균 WTP를 월 US$ 0.59로 추정한 바 있는데, 본 연구에서 추정된 월 570원과 유사한 수준임을 알 수 있다. 경주 지진 직후에 본 설문조사가 이루어졌기 때문에 Jun et al.(2010)보다는 약간 낮은 수준의 WTP를 보이기는 하지만, 여전히 일반인의 원전 규모 유지에 대한 선호가 존재함을 시사한다.

10) 여기서 “일반가구”는 가족으로 이루어져 있거나, 가족과 5인 이하의 남남이 함께 살거나, 1인 가구이거나, 가족이 아닌 남남끼리 함께 사는 5인 이하의 가구를 의미한다. 이에 대한 설명은 통계청의 해당 자료 설명을 기반으로 한다.

Ⅳ. 요약 및 결론

에너지 전환을 둘러 싼 원전계속운전에 대한 관심이 확대되고 있는 가운데, 원전계속운전의 수용성에 영향을 미치는 요인에 대한 연구 필요성 역시 증대하고 있다. 본 연구는 머신러닝 기법 중 의사결정나무 모형을 활용하여 원전계속운전의 의사결정에 미치는 요인의 중요도를 분석한 후, 이들 요인을 활용하여 원전계속운전의 WTP를 추정하였다. 특히 본 연구는 원전에 대한 평소의 인식과 원전계속운전이 갖는 관계를 살펴보았다.

의사결정나무 모형 분석을 위한 분리 규칙 설정은 ID3 알고리즘을 기반으로 진행되었으며, ID3의 타당성 여부를 검정하기 위하여 통계학에서 주로 활용하는 CART, CHAID 알고리즘의 결과와도 비교하였다. 분석 결과 원전계속운전에 영향을 미치는 주요 요소는 원전 인접지역 거주여부, 원전에 대한 인식, 전력산업 종사자 유무, 개인소득 순으로 나타났다.

원전계속운전의 찬성 그룹 내에서 뿌리노드에 대한 영향의 순서는 원전인근 거주여부, 원전에 대한 인식, 전력산업종사자, 그리고 소득의 수준으로 나타났다. 한편 반대 그룹의 경우에는 영향인자의 중요도가 원전인근 거주여부, 소득, 전력산업 종사자, 원전에 대한 인식의 순서로 나타났다. 원전계속운전에 대한 WTP 추정 결과, 개별 WTP는 월 570원, 연간 6,840원이며, 경제 전체적으로 총 WTP는 월 108억원, 연 1,307억원인 것으로 추정되었다.

의사결정나무 모형을 활용한 분석결과를 토대로 각각의 그룹에 차별적인 대응이 이루어질 경우 효과적으로 수용성변화를 유도할 수 있다고 볼 수 있다. 원전계속운전에 대한 찬성 및 반대에 대한 의사결정에 원전 인근 거주여부가 가장 주요한 고려사항으로 나타났으며, 찬성과 반대 양 그룹 모두 원전에 대해 평소에 갖고 있는 인식 역시 중요한 변수임을 알 수 있다. 현재 전력산업기반기금을 포함한 다양한 재원으로 원전 주변 지역 대상의 지원 사업 (소득증대사업, 공공·사회복지사업, 육영사업, 주민복지사업, 기업유치지원, 전기요금보조사업 등)이 시행되고 있는 바, 이들 사업의 실질적 효과를 제고하는데 초점이 맞춰질 필요가 있을 것이다.

원전 인근 거주자의 수용성 변화를 위한 대표적인 해외사례로는 핀란드와 스웨덴의 원전 발전사가 있는데, 이들은 지역주민들과의 소통을 위하여 현장견학 및 지역사회에 대한 다양한 직·간접적인 지원을 하고 있다. 찬성하는 그룹의 두 번째 주요 노드인 인식변화를 예로 들 경우, 영국에 대한 중국의 원전기술 수출, 원전 온배수 이용한 어패류 양식 사업과 같은 언론홍보 및 캠페인도 수용성 변화에 영향을 미칠 수 있다.

한편 경주 지진에도 불구하고, 원전계속운전의 WTP가 존재한다는 점에 주목할 필요가 있다. 미국과 캐나다에서는 원전계속운전의 의사결정이 주로 경제성에 기반하여 이루어지고 있다. 본 연구에서 확인된 우리나라에서의 원전계속운전 WTP를 고려한다면, 향후 원전계속운전의 의사결정은 정치적 이유보다는 지역주민 의견과 다양한 요인(경제성, 안전성 등)을 종합 검토하여 이루어지는 것이 합리적이라는 시사점을 얻을 수 있다.

본 연구에서 보이는 바와 같이 비록 원전계속운전에 대한 선호가 존재할 수 있으나, 이에 따른 계속운전 내지 신규원전 건설에 대한 의사결정 시 보다 신중한 의사결정이 필요할 것이다. 이러한 의사결정의 방법론에 대한 연구는 Shi and Song(2013)와 Rust(1995)와 같은 실물옵션 또는 동태적 의사결정계획 기반의 연구가 있는데, 이는 향후 연구과제일 것이다.

〈참고문헌〉

김윤경·조성진. (2014). 균등화비용법을 이용한 원자력발전 계속운전 기간별 발전 비용 추정연구. 「경제연구」, 32(2): 1-27.

김주경·조병훈. (2013). 원자력 관련 사고가 원자력 수용성에 미치는 영향분석-서울·경기지역 대학생 인식을 중심으로. 「한국지방행정학보」, 10(2): 1-21.

손용정·김현덕. (2012). 엔트로피 지수에 의한 국내항만의 화물집중도 측정. 「한국항만경제학회지」, 20(1): 193-207.

심준섭·김지수. (2010). 갈등 당사자의 프레임과 프레이밍 변화과정 분석: 청주시 화장장 유치사례. 「서울대학교 한국행정연구소」, 48(4): 229-261.

오영석·왕서정. (2016). 고준위방사성폐기물 관리방안의 주민수용성 결정요인 내용분석. 「지방정부연구」, 20(3): 155-172.

이나현·조은영·김광구. (2017). 지방자치단체의 갈등대응방식에 관한 연구-화력발전소 유치갈등사례를 중심으로. 「한국지방행정학보」, 14(2): 45-71.

이창훈·이미숙·조공장·조연경·김지은·이수철·김종환. (2013). 화석연료 대체 에너지원의 환경·경제성 평가Ⅰ-원자력을 중심으로. 「기후환경정책연구」, 2013(0): 534-684.

송하중·김주경·고대유·황원동. (2011). 우리나라 국민들의 원자력발전 수용성에 미치는 영향요인 분석. 「한국지방행정학보」, 8(2): 87-109.

정주용·정재진. (2011). 후쿠시마 원전사고 이후 대국민 원자력 수용성 변화. 「한국정책학회 추계학술발표논문집」, 2011(0): 157-177.

이유수. (2016). 에너지 결합 서비스에 대한 소비자 성향과 전력 소매 경쟁 가능성 분석. 「에너지경제연구원」, 16(24): 1-84.

조수영·정민희. (2011). 기업의 부정적 루머에 대한 사실 인식에 미치는 댓글의 영향력. 「한국언론학회」, 55(5): 312-339.

조준희·강부식. (2007). 코스닥기업의 도산예측모형에 관한 연구. 「산업경제연구」, 20(1): 141-160.

최상일·박태진·강정규. (2011). 의사결정나무모형을 이용한 노년기 주거유형선택 예측에 관한 연구 : 부산광역시 거주 베이비붐세대를 중심으로. 「주거환경」, 9(2): 235-251.

Arrow, K., Solow, R., Portney, P. R., Leamer, E. E., Radner, R., Schuman, H. (1993). Report of the NOAA panel on contingent valuation. *Federal register,* 58(10): 4601-4614.

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. & Stone, C. J. (1984). Classification and Regression Trees. *Routledge.*

Brennan, A., Chick, S. E. & Davies, R. (2006). A taxonomy of model structures for economic evaluation of health technologies. *Health economics,* 15(12): 1295-1310.

Chang, C. T. & Lee, Y. K. (2009). Framing Charity Advertising: Influences of Message Framing, Image Valence, and Temporal Framing on a Charitable Appeal. *Journal of Applied Social Psychology,* 39(12): 2910-2935.

Galindo, J. & Jorge, P. T. (2000). Credit risk assessment using statistical and machine learning: basic methodology and risk modeling applications. *Computational Economics,* 15(1): 107-143.

Gleick, J. (2011). The Information, *Pantheon Books.*

Loomis, J. (2005). Valuing Environmental and Natural Resources : the econometrics of non-market valuation. *Edward Elgard,* 2005(0): 1-530

Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluation in contingent valuation experiments with discrete responses. *American Journal of Agricultural Economics,* 66(3): 332-341.

Hanemann, W.M., Loomis, J. & Kanninen, B. (1991). Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics,* 73(4): 1255-1263.

Herr, P. M., Kardes, F. R. & Kim, J. (1991). Effect of word-of-mouth and product attribute information on persuasion: An Accessibility-Diagnosticity Perspective. J*ournal of Consumer Research,* 17(2): 454-462.

Jun, E., Kim, W., Jeong, Y. & Chang, S. (2010). Measuring the social value of nuclear energy using contingent valuation methodology. *Energy Policy,* 38(3): p.1470-1476.

Kass, G. (1980). An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics,* 29(2): 119-127.

Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. *IL McGraw Hill,* 45(37): 870-877.

NRC. (2016). Backgrounder on Reactor License Renewal. http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/fs-reactor-license-renewal.html

Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine learning,* 1(1): 81-106.

Rényi, A. (1961). On measures of entropy and information. *Hungarian Academy of Science.*

Rust, J. & Rowthwell, G. S. (1995). Optimal Response to Shift in Regulatory Regime: The

Case of the U.S. Nuclear Power Industry. *Journal of Applied Econometrics,* 10(S1): 75-118.

Rothwell, G. & Rust, J. (1997). On the Optimal Lifetime of Nuclear Power Plants. *Journal of Business & Economic Statistics,* 15(2): 195-208.

Shannon, C. E., Weaver, W. & Burks, A. W. (1951). The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press.*

Shi, H. & Song, H. (2013). Applying the real option approach on nuclear power project decision making. *Energy Procedia*, 39(1): 193-198.

White, K., MacDonnell, R. & Dahl, D. W. (2011). It's the Mind-set that Matters: The Role of Construal Level and Message Framing in Influencing Consumer Efficacy and Conservation Behaviors. *Journal of Marketing Research,* 48(3): 472-485.

Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A. & Pal C. J. (2016). Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. *Morgan Kaufmann.*

Wittneben, Bettina, B. F. (2012). The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy. *Environmental Science & Policy,* 15(1): 1-3.

WNA. (2016). Nuclear Power in the United Kingdom. http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/united-kingdom.aspx

접수일(2018년 06월 21일)
수정일(2018년 07월 23일)
게재확정일(2018년 08월 01일)

〈부 록〉

〈원전 계속운전에 관한 설명〉

본 설문은 원전의 계속운전에 관한 것입니다. 노후 원전은 설계수명을 초과한 원전을 의미하는데, 예를 들어 국제원자력기구(IAEA)에서는 건설시기로부터 30년 이상 된 원전을 노후 원전으로 정의하고 있습니다.

최근 국내에서는 노후 원전의 계속운전에 대한 논의가 진행되고 있습니다. 이와 관련하여 노후 원전 폐쇄에 대한 근거로는 **원전의 노후도**가 원전운영의 안정성에 위협이 될 수 있다는 지적이 있습니다. 반면, 노후 원전 계속운전을 찬성하는 일각에서는 과거 원전사고 사례에 비추어볼 때, 원전사고의 주요 원인이 원전의 노후도가 아니라는 주장도 있습니다(원전사고의 주요 사례인 체르노빌과 미국 TMI 원전사고는 안전시설과 운영인력의 문제가 원인이었다는 지적이 있습니다).

또한 노후 원전 계속운전이 시행될 경우 낮은 발전단가로 **비용 효율성을 달성**할 수 있다는 주장이 있으며, 만일 노후 원전을 폐쇄하고 타 발전원(신재생에너지, LNG 등)을 활용한 신규 발전시설로 대체할 경우 **전기요금이 현재보다 상승**할 것이라는 지적이 있습니다.

노후 원전 폐쇄 시	⇒	신규 발전소 건설비용 발생	⇒	전력요금 인상
노후 원전 계속 운전 시	⇒	유지보수 비용 발생	⇒	전력요금 인상

질문 1 (WTP): 노후원전의 계속 운전 시, 유지보수를 위해 예산이 필요합니다. 귀하께서는 이를 위해 매월 전기요금에 X원을 추가로 부담하실 수 있습니까?

① 예(질문 1-1로 이동) ② 아니오(질문 1-2로 이동)

1-1. (질문 1에서 ①응답자만) 그렇다면 귀하께서는 **매월 전기요금에** 2X원(제시금액의 2배)을 추가로 부담하실 수 있습니까?

① 예 ② 아니오

1-2. (질문 1에서 ②응답자만) 그렇다면 귀하께서는 **매월 전기요금에** 1/2X원(제시금액의 0.5배)을 추가로 부담하실 수 있습니까?

① 예 ② 아니오

〈국문초록〉

광역시 지역주민의 원전계속운전 수용성 결정요인 분석: 머신러닝과 CVM 기법의 적용

원전의 노후화가 진행됨에 따라 해당 원전의 계속운전 의사결정에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 본 논문은 원전계속운전 의사결정에 주요한 영향을 미치는 요소 중 하나인 지역주민의 수용성 변화 요인을 식별하고자 한다. 의사결정에 영향을 미치는 요인은 ID3 알고리즘으로 분석하였으며, 분석 결과에 대한 검증은 CART와 CHAID 알고리즘을 활용하였다. 분석에 활용된 데이터는 광역시 지역 주민을 대상으로 진행한 설문조사이다. 결정요인 분석 결과 노후원전 계속운전에 대한 주요 수용성 결정요인으로 거주지 인접성이 중요한 것으로 나타났다. 이어서 원전에 대한인식, 발전업계 종사여부, 소득 순으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 광역시 지역주민의 원전계속운전에 대한 WTP를 추정하기 위하여 CVM 방법론을 활용하였다. WTP 추정결과 원전계속운전에 대한 광역시 지역주민의 지불가능 금액은 월 570원으로 추정되었다. 원전계속운전의 의사결정에 있어서 정치적인 이유보다는 지역주민의 의견과 다양한 요인(경제성, 안정성 등)을 고려해야한다는 시사점을 도출하였다.

주제어: 머신러닝, 원전계속운전, ID3, CVM, WTP