

환경 선호 이질성과 잠재 의사결정 행태 분석:

혼합 로짓과 잠재인지 로짓모형을 중심으로

Analysis of environmental preference heterogeneity and latent
decision-making behaviors:
focusing on the approach of mixed logit and independent availability
logit models

전철현* · 이호상**

Chulhyun Jeon · Hosang Lee

요약: 본 연구의 목적은 산불과 병해충 등으로 훼손된 산림의 복원에 대해 선택실험법을 적용하여 시민들의 환경 선호의 이질성, 잠재 의사결정 행태, 그리고 정책 수단의 효과를 통계적으로 분석하는 데 있다. 아울러 산불과 산림병해충 속성에 대한 지불의사액도 함께 추정하고자 한다. 먼저, 혼합로짓 모형을 통해 응답자 간 환경 선호에 뚜렷한 차이가 존재함을 확인하였으며, 이는 산림복원 정책 수립 시 수용성 예측에 유용한 기초자료로 활용될 수 있다. 더 나아가, 국내에 처음 소개되는 잠재인지 로짓모형(IAL)을 통해 기존 모형에서 포착되지 않았던 잠재 의사결정 행태를 확정형과 확률형으로 구분하여 도출하였다. IAL I 모형에서는 네 가지 유형의 잠재 행태가 식별되었으며, IAL II 모형에서는 세금 지불수단이 적용될 경우 확정적 잠재 계층(1)이 41.7%에서 19.2%로 감소하였고, 확률적 잠재 계층(3)이 0%에서 23%로 증가하는 등 정책 수단이 시민들의 의사결정에 미치는 영향을 실증적으로 보여주었다. 이러한 결과는 환경정책의 설계 및 커뮤니케이션 전략 수립 시 유의미한 시사점을 제공한다. 또한, 산불(10,570원~23,855원)과 병해충(9,319원~14,830원)의 지불의사액은 복원 정책의 경제 측면에 활용될 수 있다. 본 연구는 기존 선택모형의 한계를 넘어, 환경 선호의 이질성과 함께 인지적 의사결정 유형의 복잡성을 동시에 분석하고, 정책 수단 변화에 따른 계층 이동 가능성까지 통계적으로 추정한 점에서 분석력과 차별성이 크다. 이는 산림 생태계 서비스 회복을 위한 실효성 있는 정책 도출과 수용성 제고에 있어 학문적·정책적 의의를 동시에 갖는다.

핵심주제어: 선호 이질성, 의사결정 행태, 혼합로짓, 잠재인지 로짓, 선택실험, 지불의사액

Abstract: The purpose of this study is to analyze the heterogeneity of public environmental preferences, latent decision-making behaviors, and the effectiveness of policy instruments in the context of forest restoration, particularly in areas damaged by forest fires and diseases, using statistical choice experiment modeling. Willingness to pay (WTP) for attributes related to forest fires and diseases was also estimated. A mixed logit model confirmed significant variations in preferences among respondents, providing a valuable basis for predicting public acceptance of forest restoration policies. Furthermore, by employing the IAL model, introduced for the first time in Korea, we identified unobserved decision-making patterns by categorizing them into deterministic and probabilistic types. The IAL I model revealed four latent behavior types, while IAL II demonstrated how policy

* 주저자, 국립산림과학원 미래산림전략연구부 산림전략연구과 임업연구사

** 공동저자, 국립산림과학원 미래산림전략연구부 산림전략연구과 임업연구사

tools affect decision-making. For example, specifying tax as the payment method reduced deterministic choosers from 41.7% to 19.2% and increased probabilistic choosers from 0% to 23%. These findings offer meaningful insights for environmental policy design and communication. Estimated WTP ranged from KRW 10,570 to 23,855 for fire-related attributes and KRW 9,319 to 14,830 for disease-related attributes, informing the economic evaluation of restoration efforts. This study advances beyond conventional models by jointly analyzing preference heterogeneity, cognitive decision complexity, and behavioral shifts due to policy changes—offering both academic and policy relevance for effective forest ecosystem restoration.

Key Words: Preference heterogeneity, choice behaviors, mixed logit, independent availability logit, choice experiment, willingness to pay

I. 서론

우리 주변의 울창한 숲은 과거 50년 이상 동안 지속해 온 산림복원(녹화) 정책의 성공적인 결과물이다. 최근 유엔이 공식적으로 발표한 세계 산림 조림 성공 국가 중에 우리나라가 해당하며(Brown, 2009; Park and Lee, 2014), 임목축적(162.0m³/ha, 2010)도 OECD 평균(131.3m³/ha)을 상회하는 수준으로 나타났다(산림청, 2024). 산림은 온실가스 흡수, 휴양서비스 등 다양한 생태계서비스를 제공하며, 그 가치는 연간 약 259조 원으로 국내총생산의 약 13.3%에 달한다(국립산림과학원, 2023). 이러한 성과는 정부의 정책 지원, 기술 개발, 대체 연료 공급 등의 경제적 요인뿐 아니라 국민적 공감대 형성과 참여가 성공적으로 융합된 결과라 할 수 있다(배재수·주린원·이기봉, 2010).

그러나 최근 산림의 질적 성장과 함께 산불 발생 빈도(10년 282건 → 22년 756건)가 증가하고 피해도 대형화되는 추세를 보인다. 더욱이 소나무재선충병 등 외래 병해충의 유입 등(Diendere and Kabore, 2023; Reynaud and Nguyen, 2016)으로 산림 생태계의 훼손과 교란이 심화하고 있으며, 기후변화로 이러한 위협 요인들은 더욱 빈번해질 것으로 보인다(FAO, 2020). 이러한 위협 요인에도 불구하고 훼손된 산림복원이 적극적으로 이루어지지 않고 대응이 미흡하다면, 생태계서비스의 공급과 이에 따른 편익은 지속적으로

감소할 수밖에 없다.

산림복원 정책의 추진은 공공재의 속성을 지닌 환경자원의 특성상 정부 중심의 자금 조달과 정책 수립이 필수적이나, 시민 개개인의 환경 선호에 따라 지불의사와 정책 수용성은 달라질 수 있다. 특히 생태계서비스에 대한 시민의 이질적인 선호와 잠재된 의사결정 행태는 복원 정책의 효과적인 설계와 실행을 위해 반드시 고려되어야 할 요소이다. 이에 본 연구는 훼손된 산림복원을 위한 정책 설계에 있어 이러한 환경 선호의 이질성, 시민의 의사결정 행태의 유형화와 정책 수단의 효과를 통계적으로 분석함으로써, 산림복원 정책의 효율성과 수용성을 제고하는 데 기여하고자 한다.

이를 위해 기존의 조건부 로짓모형(Multinomial logit, MNL)과 혼합로짓모형(Random parameter logit, RPL)에 더해, 국내에서는 처음으로 시도되는 잠재인지 로짓모형(Independent availability logit, IAL)¹⁾을 병행 적용하고, 주요 속성에 대한 지불의사액(willingness to pay) 추정 결과도 제시하고자 한다(Aizaki, Nakatani and Sato, 2015).²⁾ 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 관련 선행 연구를 통해 최근 연구 동향과 복원 정책에 대한 시민들 선호의 이질성 분석과 잠재인지 로짓모형(IAL)의 필요성을 검토하고, 제Ⅲ장에서는 연구 방법을 소개한다. 이어서 제Ⅳ장에서는 실증분석 결과를 제시하며, 마지막 제Ⅴ장에서는 결론 및 정책적 시사점을 도출한다.

1) Independent availability logit(IAL)을 영어의 사전적 뜻보다는 논문에서 사용되는 의미를 반영하기 위하여 선택 대안에 대한 개별 인지와 잠재적 선택의 의미를 반영한 ‘잠재인지 로짓모형’으로 의역하였다.

2) 선택모형에서는 응답자의 선호와 선택행동을 보다 정교하게 설명하기 위해 다양한 확장 모형이 사용된다. 잠재인지 로짓모형(IAL)은 응답자마다 제시된 선택 대안이 다를 경우나 응답자들이 다르게 인지할 수 있을 때 이를 반영하여 분석할 수 있는 모형이다. 잠재계층모형(Latent class model)은 응답자를 유사한 선호를 가진 여러 계층으로 나누어 계층 간 이질성을 반영하며, 각 계층은 고유의 선호 구조를 갖는다. 반면, 혼합로짓(Mixed logit, MXL)은 선호를 연속적인 확률분포로 처리하여 응답자 간의 개별적인 차이를 더 유연하게 반영할 수 있다. IAL은 무관한 대안 독립성(Independence of irrelevant alternatives) 가정을 따르지만, MXL은 이를 완화하여 보다 현실적인 선택 행동 분석이 가능하며, LCM은 이산적인 선호 집단 분석에 유리하다. 이들 모형은 선택 실험 분석 시 선호 이질성과 선택 조건의 다양성을 효과적으로 반영하는 데 활용된다.

II. 선행 연구

국내 환경경제학 연구는 자연 자원이나 생태계서비스의 속성에 대한 지불의사액이나 경제적 가치 추정에 집중되는 경향이 있다(김남희·오치옥·안소은, 2023; 안소은·김지은, 2016; 진민경·이희찬, 2023; 최경란·김주희·유승훈, 2022; 최성록·박은진, 2010; 최성록·오치옥, 2018; 최성록·박홍준, 2016). 그러나 이러한 지불의사액은 개인의 환경 선호와 태도에 따라 달라지며, 응답자 계층에 따라 선택 행태도 상이하게 나타날 수 있다(강희찬, 2021; 권오상·김원희·이혜진·허정희·박두호, 2005; 김동현·김철상·이호상·박경석·문지민·전현선, 2015; 배정환, 2018; 유병국·김형수·주덕, 2013). 따라서 응답자의 이질적인 특성을 반영하는 통합적인 분석이 요구된다.

산림복원과 관련된 생태계서비스에 대한 선호의 이질성과 의사결정 행태, 그리고 정책 수단의 효과에 대한 통계적 분석은 정책 설계와 실행에 있어 중요한 시사점을 제공할 수 있다(Olson, 2006; Zhao, Huang, Yan and Fang, 2020). 이를 부분적으로 반영할 수 있는 방법으로 혼합로지트 모형이 고려될 수 있으며, 실제 다양한 자연 자원 관련 연구에 적용되고 있다(구자춘·박미선·윤여창, 2011; 정혜경, 2018). 그러나 이 모형은 모든 대안이 응답자에게 동일하게 인지된다는 전제를 하고 있어, 현실적인 대안 인지의 차이를 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다(Campbell, Hensher and Scarpa, 2012; 2014).

아쉽게도 국내에서는 본 연구에서 필요한 복잡한 의사결정 행태를 반영한 활용 사례를 찾아보기 어렵다. 기존에는 주로 조건부 로짓모형과 혼합로지트 모형이 활용되지만, 이 연구의 경우에는 적용하기가 어렵다. 실제로 환경 의사결정 과정은 속성 간 상호교환을 통해 선택을 수행하는 확률적 행위(probabilistic behaviors)와 특정 속성에 따라 일관된 선택을 반복하는 확정적 행위(deterministic behaviors)로 구분될 수 있다(Ben-Akiva and Lerman, 1985; McFadden, 1974; Train, 2009). 그리고 조사 과정에서는 일부 대안이 지리적 제약이나 정보 부족 등으로 인해 실질적으로 선택 불가능한 때도 있으며, 일부 응답자는 현재 상황만을 고수하는 연속적 비참여 행태를 보이기도

한다(Haefen, Massey, and Adamowicz, 2005). 이러한 차이를 설명하기 위해서는 응답자가 실제로 고려한 선택 대안의 범위를 반영할 수 있는 새로운 통계 모형이 필수적이다. 즉, 선택 대안의 인지 여부와 가용성까지 분석할 수 있는 새로운 통계적 방법론인 잠재인지 로짓모형(IAL)이 요구된다.

결론적으로 잠재인지 로짓모형(IAL)은 응답자 간 대안 인지의 차이를 반영함으로써 보다 현실적인 선택 분석이 가능하다는 점에서 유용하다(Campbell, Hensher, and Scarpa, 2012; 2014; Manski, 1977). 본 연구는 기존의 지불의사액 추정에서 나아가 환경 선호의 이질성, 잠재 의사결정 행태, 대안의 인지 및 가용성 문제를 종합적으로 분석함으로써 실효성 있는 산림복원 정책 수립에 기여하고자 한다. 그리고 현실적인 정책 수립과 타당한 편익 추정을 가능하게 하며, 향후 환경정책 수립 시 다양한 시민(이해당사자) 계층의 행태를 반영할 수 있는 근거자료로 활용될 수 있다.

III. 연구 방법

1. 환경 선호의 이질성과 잠재 의사결정 행태 유형 분류

기후변화의 심화로 인해 외래종 유입, 산불, 병해충 등으로 산림 생태계의 훼손이 빈번하게 발생하고 있으며, 이에 따라 산림의 질적 저하와 산림 전용도 증가하고 있다(산림청, 2024). 이러한 부정적 영향은 지속 가능한 산림경영(sustainable forest management)과 산림 생태계서비스의 안정적 공급에 큰 제약을 초래하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 훼손된 산림의 복원이 필수적이며, 이러한 정책은 정부 주도의 공공사업으로 추진되는 만큼 국민의 세금 부담이 동반된다. 따라서 정책 수립 과정에서는 다양한 시민 계층의 환경 선호의 이질성, 정책 수단의 효과와 잠재 의사결정 행태의 다양성을 반영한 지불의사액 추정이 요구된다.

본 연구는 복합적인 환경 의사결정 행태를 더욱 현실적으로 설명하기 위해 혼합로짓 모형과 잠재인지 로짓모형을 함께 적용하였다. 혼합로짓 모형은 응

답자의 효용함수 내 일부 파라미터를 확률 분포를 따르는 무작위 변수로 설정하여, 개인 간 선호의 이질성을 반영할 수 있도록 설계되었다(Hensher, Rose, and Greene, 2005). 혼합로짓 모형에서 개인(n)의 효용함수는 식(1)과 같다.

$$U_{int} = V_{int} + \epsilon_{int} = \beta'_n X_{int} + \epsilon_{int} \quad (1)$$

여기서 X_{int} 는 대안 i 에 대한 속성 벡터, β_n 은 개인(n)의 무작위 효용 계수이며, ϵ_{int} 는 오차항이다. β_n 은 정규분포 $N(\mu, \sigma^2)$ 등을 따르는 것으로 가정된다. 특히 가격 속성은 음의 값을 갖는 정규분포를 적용하여 지불의사액 추정의 안정성을 확보하였다(Train, 2009).

한편, 잠재인지 로짓모형은 응답자가 실제로 인지하고 고려한 대안 집합이 관측되지 않더라도 이를 잠재적으로 추론함으로써 더욱 정교한 선택 행태 분석을 가능하게 한다(Campbell, Hensher and Scarpa, 2012; Börger, Ngoc, Kuhfuss, Hien, Hanley and Campbell, 2021). 본 모형은 확률 효용 이론에 기반하여, 선택 확률은 각 대안으로부터 기대되는 효용이 최대일 경우 발생한다는 가정에 따라 구성된다.

$$P(i|C_n) = \frac{\exp(U_{in})}{\sum_{j \in C_n} (\exp(U_{jn}))} \quad (2)$$

여기서 C_n 은 개인(n)이 고려한 대안의 부분집합이며, U_{in} 은 대안 i 에 대한 효용이다. 전체 선택 확률은 다음과 같다.

$$P_{in} = \sum_{C_n \in J} P(i|C_n) \cdot P(C_n) \quad (3)$$

여기서 $P(C_n)$ 은 응답자(n)가 특정 고려 집합 C_n 을 선택할 확률이다.

〈표 1〉 훼손된 산림복원 정책에 대한 선택 행위 유형 설정

선택 행위 유형	계층 구분	고려 대안의 조합 및 특징
확정적 선택 행위	잠재계층 1($C_s = 1$)	확정적으로 대안 A와 B를 고려(C, SQ 제외)
	잠재계층 2($C_s = 2$)	확정적으로 현재 상황(SQ)을 고려
확률적 선택 행위	잠재계층 3($C_s = 3$)	확률적으로 대안 A와 B를 고려하고(C, SQ 제외)
	잠재계층 4($C_s = 4$)	확률적으로 대안 A, 대안 B, 대안 C를 고려

〈표 1〉에 의하면, 잠재인지 로짓모형 I에서는 실질적인 선택 행위 유형을 네 가지 잠재 계층으로 구분하였다. 먼저, 잠재 계층 1은 확정적으로 대안 A와 B만을 고려(50%씩)하는 유형(class 1: $A=0.5; B=0.5; SQ=0$)³⁾이며, 잠재 계층 2는 대안 C(SQ)만을 고려하는 유형이다(class 2: $A=0; B=0; SQ=1$).⁴⁾ 잠재 계층 3은 확률적으로 대안 A와 대안 B를 고려하되 대안 C(SQ)는 고려하지 않는 유형(class 3: $\text{rum A and B; } SQ=0$)⁵⁾이며, 잠재 계층 4는 대안(A, B, SQ) 모두를 확률적으로 고려하는 유형이다(class 4: $\text{rum A and B and SQ}$).⁶⁾ 이와 같은 계층 구분은 응답자의 선택 행태의 다양성과 현실적인 제약 조건을 반영하기 위한 것이다.

더불어, 잠재인지 로짓모형 II에서는 후속 설문 문항(6번과 7번)을 통해 확인된 세금 지불 저항 응답 결과를 반영하여, 응답자의 실제 지불의사 및 선택 행태에 어떠한 영향을 미치는지를 추가로 분석하였다. 이때 각 계층에 대한 선택 확률은 확률효용모형에 기반한 수식을 통해 계산되며, 응답자는 확률적으로 하나의 계층에 속할 가능성이 있는 것으로 간주한다(Campbell and Erdem, 2019). 이러한 모형 적용은 환경 선호의 이질성과 선택 대안의 인지 여부를 종합적으로 분석함으로써, 정책 수립을 위한 더욱더 실증적이고 정밀한 근거를 제공할 수 있다.

3) $\text{prob.class.1} \leftarrow 0.5 * (\text{choice}==1) + 0.5 * (\text{choice}==2) + 0 * (\text{choice}==3)$.

4) $\text{prob.class.2} \leftarrow 0 * (\text{choice}==1) + 0 * (\text{choice}==2) + 1 * (\text{choice}==3)$.

5) $\text{prob.class.3} \leftarrow \text{as.vector}(((\text{choice}==1) * \text{exp.u1} + (\text{choice}==2) * \text{exp.u2}) / (\text{exp.u1} + \text{exp.u2}))$.




6) $\text{prob.class.4} \leftarrow \text{as.vector}(((\text{choice}==1) * \text{exp.u1} + (\text{choice}==2) * \text{exp.u2} + (\text{choice}==3) * \text{exp.u3}) / (\text{exp.u1} + \text{exp.u2} + \text{exp.u3}))$.

2. 산림복원을 위한 선택실험 설계

우리나라는 성공적으로 산림 녹화와 산림관리를 진행하고 있지만, 소나무 재선충병과 같은 외래 해충의 유입과 산불 피해(10년 1,500만 원/1건→17.8억 원/1건)의 대형화 등으로 산림 생태계의 훼손이 지속되고 있다. 실제로 1988년부터 현재까지 소나무재선충병 발생으로 약 1,200만 그루의 소나무가 제거되거나 훼손되었다. 이에 지속 가능한 산림 생태계서비스의 공급을 위하여 산림 위협 요인과 생물다양성 손실 복원을 위한 산림복원 관리 정책이 요구되는 상황을 맞이하고 있다. 우리나라의 경우 산림관리 대부분이 정부 예산으로 이루어지고 있고 적극적인 조치가 이루어지지 않는다면 산림 생태계서비스 공급은 감소하고, 우리가 누리는 편익(혜택)도 감소할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 이러한 상황을 고려하여 산림복원 및 관리 정책 시나리오를 설정하였으며, 이와 관련된 주요 속성과 수준은 <표 2>와 같다. 여기서 사용되는 속성과 수준은 가능한 산림 당국의 법·제도와 일반적으로 공개되는 통계자료를 활용하였다(산림청, 2024). 먼저, 산불 속성과 수준과 관련해서 우리나라의 산불 경계 시스템은 4단계로 구성되어 있는데, ‘관심 단계(51 미만)’, ‘주의 단계(51~65)’, ‘경계 단계(66~84)’, ‘심각 단계(85 이상)’이다. 최근 산불 발생 빈도의 증가와 대형화 추세를 반영하고, 산불 발생의 원인이 사람들의 부주의한 행위 때문에 발생하고 있으므로 현재 상태(SQ)를 ‘심각 단계’로 가정하였다. 참고로, 산불 위험 등급은 0~100점을 기준으로 점수가 높을수록 산불 위험 단계 수준이 강화됨을 나타낸다.

<표 2> 속성과 수준, 현재 상태 등 산림 복원 시나리오 설정

수준 속성	수준 1*	수준 2	수준 3	수준 4
	심각 단계*	경계 단계	주의 단계	관심 단계
산불 위험	 (매우 높음, 85 ↑)	 (높음, 66~84)	 (중간, 51~65)	 (낮음, 51 ↓)

	심각 단계*	경계 단계	주의 단계	관심 단계
산림병해충 위험				
산림 관련 야외 활동 제한	제한 없음*	다소 제한적 영향	크게 제한적 영향	매우 제한적 영향
생물다양성 손실	매우 큰 손실*	큰 손실	다소 손실	미미한 손실
산림복원 기금	약간 증가*	다소 증가	크게 증가	매우 증가

주: *는 현재 상태(SQ)를 나타냄.

두 번째 속성은 산림병해충으로 외래 병해충인 소나무재선충병을 선택했다(미국식물병리학회, 2023). 현재 우리나라에서는 소나무재선충병으로 발생한 소나무 피해가 약 1,200만 그루로 추정된다. 소나무재선충병은 감염된 일본산 목재 팔레트로부터 유입된 것으로 부산에서 시작해 전국으로 확산하였다(Kwon, Shin, Lim, Kim and Lee, 2011). 이에 산림에 매우 큰 피해를 발생시키고 있다. 산림병해충 예보 발령은 4단계로 ‘심각 단계’, ‘경계 단계’, ‘주의 단계’, ‘관심 단계’로 구성된다. 그리고 현재 산림 상황이 안 좋은 상황이기 때문에 현재 상태를 ‘심각 단계(SQ)’로 가정하였다.

세 번째 속성은 ‘산림 관련 야외 활동 제한’으로 정부가 산불과 산림병해충 위험 관리를 위해 산림관리 대응 정책의 하나로 산림 관련 야외 활동(산림 접근 제한)과 산림 방문객을 제한하는 것으로 가정하였다. 그 이유는 산불 발생 대부분이 사람들의 부주의한 활동에 기인하며, 소나무재선충은 실제로 지역 주민들의 재선충 감염목의 무단 이동으로 확산하기도 하기 때문이다. 제약 수준도 위의 4단계 수준을 고려하여 ‘인원 제한 없음’, ‘0~1백만 명 활동 제한(SQ)’, ‘1백만~2백만 명 활동 제한’, ‘2백만~5백만 명 활동 제한’으로 구성하였다.

네 번째 속성은 산불과 산림병해충에 의해서 직·간접적으로 생물다양성 손실이 발생하기 때문에 이를 반영하여 소나무 개체수 손실로 선택하였다. 수준은 '3~4십만 그루(SQ)', '2~3십만 그루', '1~2십만 그루', '0~1십만 그루'로 구분하였다.

마지막은 화폐 속성으로 정부가 산불과 산림병해충으로 훼손된 산림복원을 위해 1년에 한 번 추가적인 일시금으로 산림복원 기금(가구당)을 조성하는 것으로 가정하였다. 그 이유는 산림복원이 대부분 정부 예산으로 이루어지기 때문이다.⁷⁾ 산림복원 기금의 조성 단위는 0원~최대 5만 원까지로 구성하였고, 5천 원 단위로 나뉜다. 현재 상태(SQ)는 산림복원 기금 '0원'으로 가정하였다. 참고로, 2020년 가구당 산림청 예산은 약 6,019원이었다. 위의 속성들을 고려하여 효율적 설계를 위해 반복적 최적화를 수행하였으며, 최종적으로 총 200개의 초이스 셋을 생성하였다(Hensher, Rose and Greene, 2005; Shang and Chandra, 2023).⁸⁾ 이는 일반적인 블록 설계보다 현실적이고 파라미터 추정의 효율성을 높이는 방법이다(Train, 2009). 전체적으로 속성과 수준이 최대한 균등하게 분포되도록 설계하였으며, 효율성 지표로서 D-error는 0.101, A-error는 0.192, S-error는 9.67로 확인되었다(Hensher, Rose and Greene, 2005).

응답자 각각에게는 무작위로 중복되지 않는 10개의 초이스 셋이 제시되었고, 다양한 선택 상황에 노출되도록 하여 현실적인 선택 행태를 반영하고자

7) 산림복원 기금 조성을 1년 한시적으로 설정한 것은 산불과 산림병해충 발생이 증가 추세이기는 하나 불규칙하게 발생하기 때문에 그 피해가 지속된다고 하더라도 몇 년 단위로 설정하는 것이 적합한지에 대해서 의견이 분분하였다. 이 설정은 국립산림과학원 산불 담당자들과의 토의와 선행 연구(유진재·김미옥·공기서·유병일, 2010)를 반영하였다.

8) 사용된 패키지는 24개("parallel", "randtoolbox", "msm", "MASS", "matrixStats", "Rfast", "maxLik", "trustOptim", "numDeriv", "haven", "pryr", "dplyr", "readr", "stringr", "lubridate", "tidyverse", "fastDummies", "matrixcalc", "foreach", "doMC", "tidyverse", "usethis", "lubridate", "evd")이다. 이러한 패키지를 이용하여, 최종 초이스셋을 선정하기 위하여 수백 번 이상 반복적으로 시행해서 어느 한 속성과 수준에 편중되지 않도록 하였고, 초이스 셋에 큰 변화가 없거나 응답자가 선택하기 어려운 경우에는 다시 반복적으로 실행하였다. 그리고 각 속성의 수준과 비율을 눈으로 직접 일일이 확인한 이후에 최종 초이스 셋 디자인을 결정하였다.

하였다. <그림 1(예제)>을 보면 각 대안에 대한 선택 상황을 응답자가 직관적으로 이해할 수 있도록 디자인하였다. 모든 속성과 수준은 시각적으로 효과 를 극대화하여 제시하였으며, 글보다는 숫자, 도형 등 시각 자료를 중심으로 구성하여 대안 간 비교가 용이하도록 하였다(Champ, Boyle and Brown, 2017). 설문은 전문 조사기관을 통해 조사원이 휴대용 태블릿(tab book)을 활용하여 진행하였다(Hanley, Mourato and Wright, 2001).

요약하면, 본 연구의 시나리오는 산림 상태가 악화한 현재 상황(대안 C)을 기준으로, 지속 가능한 산림 생태계 서비스 공급을 위한 복원 정책(산림복원 기금 활용)을 전제로 한다. 응답자는 산림복원으로 개선된 상태(대안 A와 B)와 현재 상황(대안 C) 중에서 선호하는 대안을 선택하도록 설계되었다. 설문지는 선택 질문 이전에 시나리오 이해를 돕기 위한 설명 자료를 제공하였고, 선택 질문 이후에는 후속 질문 및 사회경제적⁹⁾ 문항으로 구성되었다. 또한 지불의사 과대평가를 방지하기 위해 cheap talk 세션을 도입하였다(Johnston, Boyle, Adamowicz, Bennett, Brouwer, Cameron, Hanemann, Hanley, Ryan, Scarpa, Tourangeau and Vossler, 2017; Mariel, Hoyos, Meyerhoff, Czajkowski, Dekker, Glenk, Jacobsen, Liebe, Olsen, Sagebiel and Thiene, 2021).¹⁰⁾

9) 환경 태도와 관련된 문항은 여기서는 생략되었다.

10) 본 설문 이전에 사전 조사를 하였는데 주요 응답 내용은 설문지 작성은 어렵지 않지만, 내용이 다소 많아서 설문지 전체를 마치는데 다소 길게 느껴졌다는 응답이 많았다. 그래서 도입 부분과 설문 중간에 제공되는 정보를 줄여서 15분 내외로 마칠 수 있도록 하였고, 초보자들도 쉽게 이해할 수 있도록 노력하였다.

〈그림 1〉 지속 가능한 산림 생태계서비스 공급을 위한 훼손된 산림복원 선택실험 예제

<선택실험 예제 설명>

다음의 실험 그림에서 주요 속성과 속성별 수준을 검토해주세요.

아래 정부의 세 가지 산림복원사업에 대한 '대안 A', '대안 B', '현재 상황' 중에서 본인이 가장 선호하는 대안은 무엇입니까?

속성요인, 수준 및 시나리오 설명		①	②	③
속성(변수)	수준 및 시나리오(현재 상황, 대안 A, 대안 B)	대안 A	대안 B	현재 상황
산불 위험 (4단계: 심각→관심)	심각단계(현재상황)			
	경계단계			
산림병해충 위험 (4단계: 심각→관심)	심각단계(현재상황)			
	경계단계			
산림 관련 야외 활동 제한 (4단계: 없음 → 제한 강화)	제한없음(현재상황)			
	다소 제한적 영향			
산림생물 다양성 손실 (4단계: 손실 없음 → 손실 큼)	생물종손실(현재상황)			
	크게 손실			
산림복원기금 (10%씩 0원~50만원)	약간 증가			
	다소 증가			

IV. 연구 결과

1. 사회경제적 특성 분석 결과

본 설문은 2023년 10월 한 달 동안 진행하였으며 총 1,021명(10,210개 선택 자료)의 응답 자료를 얻었다.¹¹⁾ 설문조사 진행에서는 성과 나이 비율을 고려하여 가능한 한 편중되지 않도록 배분하였다. <표 3>은 응답자들의 사회경제적 변수의 통계자료이다. 응답자 중에서 569명(55.7%)은 여성이며, 약 621명(60.8%)이 30~49세에 해당하였다. 응답자의 70% 이상은 대학 졸업자이며, 60% 정도는 정규직원으로 일하고 있는 것으로 응답하였다. 그리고 약 40%는 평균적으로 약 3백~4백만 원 사이의 소득을 갖고 있다. 지역별로는

11) 우리나라 사회경제적 정보(kosis.kr)를 살펴보면 성비(남 49.4%, 여 49.6%), 연령 분포(20대-11.4%, 30대-13.1%, 40대-15.7%, 50대-17.1%, 60대 이상-27.3%), 교육 수준(고졸 이상 53%), 월 소득 수준(평균 439만 원)이다. 국내 지역별 인구 분포(kssc.kostat.go.kr)는 서울 19.2%, 인천/경기 30.1%, 부산/울산/경남 15.1%, 대구/경북 10.0%, 충청 11.2%, 전라 10.0%, 강원 3.1%, 제주 1.3%이다.

서울 약 345명(33.8%), 인천/경기 290명(28.4%), 부산/울산/경남 140명 (13.7%), 대구/경북 100명(9.8%), 충청 57명(5.6%), 전라 51명(5.0%), 강원 30명(2.9%), 및 제주 8명(0.8%)이었다.

〈표 3〉 사회경제적 특성 분석 결과

변수		평균	표준편차	세부 내용
성별	1. 남성	1.56	0.497	452(44.3%)
	2. 여성			569(55.7%)
연령	1. 20~29세	2.6 (40.47)	1.16 (11.64)	178(17.4%)
	2. 30~39세			352(34.5%)
	3. 40~49세			269(26.3%)
	4. 50~59세			140(13.7%)
	5. 60세 이상			82(8.0%)
학력	1. 초등학교 졸업 이하	3.96	0.57	3(0.3%)
	2. 중학교 졸업			7(0.7%)
	3. 고등학교 졸업			146(14.3%)
	4. 대학교 졸업			732(71.7%)
	5. 대학원 이상			133(13.0%)
직업	1. 학생	2.13	1.59	43(4.2%)
	2. 회사원			613(60.0%)
	3. 주부			173(16.9%)
	4. 공무원			67(6.6%)
	5. 실업자			64(6.3%)
	6. 기타			61(6.0%)
월간 소득 (원)	1. ₩2,000,000 미만	3.23	1.34	112(11.0%)
	2. ₩2,000,000~₩2,900,000 미만			225(22.0%)
	3. ₩3,000,000~₩3,900,000 미만			265(26.0%)
	4. ₩4,000,000~₩4,900,000 미만			155(15.2%)
	5. ₩5,000,000 이상			264(25.9%)

2. 후속 질문(follow-up) 응답 분석 결과

잠재인지 로짓모형Ⅱ의 적용과 관련하여, 응답자들은 '세금 지불수단이 마음에 들지 않는다'는 항목에 평균 3.01점, '이미 충분한 세금을 내고 있으며, 환경문제는 정부의 책임이다'라는 항목에 평균 3.43점을 기록하여, 지불

방식과 환경정책의 책임 주체에 대한 저항감을 보였다. 이러한 결과는 복원 정책의 수용성에 있어, 비용 부담 방식 및 제도의 설계가 응답자의 선택 행위에 유의미한 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 이에 두 항목을 중심으로 응답자의 세금 저항 행태를 잠재 계층 모형에 반영하였으며, 이를 통해 선택 행태에 나타나는 계층별 차이를 보다 실증적으로 파악하고자 하였다(〈표 4〉 참조).

〈표 4〉 후속 질문과 세금지불 저항 응답 결과

질문 항목	평균	표준편차	최소	최대
1. 현재 경제적 여유가 없다.	3.31	0.99	1	5
2. 다른 대안을 고려할 수 있을 것 같다.	3.51	0.80	1	5
3. 산불이나 산림병해충을 막는 것은 불가능하다.	2.76	1.02	1	5
4. 산림보호에 금전적 가치를 두고 싶지 않다.	2.67	1.07	1	5
5. 산림생태계서비스의 위협 요인을 알고 있지 못하다.	2.94	1.03	1	5
6. 세금 지불수단(산림복원기금)이 마음에 들지 않는다.	3.01	1.05	1	5
7. 나는 충분한 세금을 내고 있다. 정부의 책임이다.	3.43	0.98	1	5
8. 이러한 산림복원정책으로 내가 받는 산림 혜택이 충분하지 않다.	3.28	0.97	1	5
9. 나는 산림에 관심이 없다.	2.45	1.05	1	5

응답자의 결과 수렴성(consequentiality)¹²⁾을 검증하기 위해 정책 반영 여부와 지불의사액 현실화 가능성에 대한 인식을 조사하였다(이진권·황욱, 2020; Carson, Groves and List, 2014). 그 결과, 응답자의 약 절반이 자신들의 응답이 실제 산림복원 정책이나 추가 비용 지불에 영향을 미칠 수 있다고 인식하고 있었으며, 이는 가상편의(hypothetical bias)를 줄이는 데 유효한 결과 수렴성이 확보되었음을 시사한다.

12) 결과 수렴성이란 진술선호법에서 응답자가 자신의 지불의사액을 응답할 때 그 응답이 현실화될 것이라고 믿는 정도에 따라 가상편의가 발생할 수 있는 것을 말한다. 그리고 응답자가 현재 진행하는 설문 응답이 나중에 산림정책으로 현실화되었을 때의 실제 지불의사에 대한 질문을 통해서 가상편의를 검증하는 것이다.

3. 조건부 로짓, 혼합로짓과 잠재인지 로짓모형 추정 결과¹³⁾

본 연구에서는 환경 선호의 이질성과 잠재 계층의 의사결정 유형 분석 등을 위하여 총 4가지 형태의 모형을 추정하고자 한다(Everitt and Hothorn, 2010). 첫째는 조건부 로짓모형(MNL)과 혼합로짓 모형(RPL)이다(Aizaki, Nakatani, and Sato, 2015). 다음은 잠재 계층을 심층적으로 분석할 수 있게 하는 잠재인지 로짓모형(IAL) I 과 정책 수단의 효과를 분석할 수 있는 잠재인지 로짓모형(IAL)II의 적용이다.

1) 조건부 로짓모형(MNL) 및 혼합 로짓모형(RPL) 추정 결과

조건부 로짓모형의 추정 결과(로그우도 -10,877.07)에 따르면, 대안 특성 상수(ASC)는 통계적으로 매우 유의한 음(-)의 값을 나타내었으며, 이는 현재

13) 본 연구에서는 응답자에게 10개의 선택 실험(choice tasks)을 제시하였으며, 이때 SQ 대안은 실제 현실 조건을 반영한 동일한 속성값으로 구성되어 반복적으로 제시되었다. 이러한 방식은 응답자가 기준선 대안과 다른 복원 시나리오(대안 A, B)를 비교 판단할 수 있도록 하기 위한 설계상의 필요에 따른 것이며, 이는 선택실험 연구에서 일반적으로 채택되는 방법이다(Hoyos, 2010; Carlsson, Frykblom and Lagerkvist, 2007). 그러나 심사자께서 지적하신 바와 같이, SQ 대안의 속성값이 고정되어 반복 제시될 경우, 공분산 구조의 왜곡이나 오류항의 비독립성 문제가 발생할 수 있음은 충분히 인지하고 있으며, 이를 통제하기 위해 다음과 같은 방식으로 대응하였다. 먼저 SQ_ASC의 도입으로, SQ 대안에는 별도의 상수항(Alternative specific constant)을 도입하여, 고정된 대안 선택에 대한 평균적인 경향(utility shift)을 흡수하도록 하였다. 이는 일반적으로 반복 실험설계에서 고정 대안이 갖는 효과를 분리 추정하려는 방법으로 널리 활용된다(Train, 2009). 그리고 무작위 파라미터(Random parameters)를 혼합로짓모형에 적용하여 개별 선택 상황에서의 이질성과 오류항의 상관 구조를 고려하였다. 특히 응답자 수준에서 가격 파라미터를 무작위화함으로써, 반복 실험으로 발생할 수 있는 응답 패턴의 동질화나 모형 과적합 문제를 최소화하였다(Hensher and Greene, 2003). 또한, 잠재계층 모형의 적용으로, 복수 계층의 응답자 집단을 추정하여, 응답자의 선택 인지도와 선택 행태의 이질성을 반영함으로써 SQ 대안의 반복 사용으로 인한 편향을 완화하였다. 이는 모든 응답자가 동일하게 SQ를 인식하거나 고려한다고 가정하지 않는 점에서 구조적으로 해당 문제를 보완하였다. 결과적으로, 본 연구는 ASC 포함만으로는 한계가 있을 수 있다는 점을 인지하고, 이를 보완하기 위해 모형의 설계(무작위 파라미터 도입 및 잠재계층 반영)를 통해 반복되는 SQ 대안의 구조적 한계를 통제하고자 하였다.

의 훼손된 산림 상태가 응답자 효용에 부정적인 영향을 미친다는 것을 의미한다. 산림복원 기금 속성 또한 음(-)의 유의한 계수를 보여, 복원 기금의 제시 금액이 높을수록 지불의사 확률이 낮아지는 것으로 나타났다. 반면, 산불 위험 감소는 유의한 양(+)의 지불의사액을 보였으며, 이는 해당 속성의 개선이 응답자의 효용을 증가시킨다는 것을 의미한다. 산림 접근 제한 및 생물다양성 손실 속성은 통계적으로 유의하지 않았으나, 각각 음(-), 양(+)의 계수값을 보였다(〈표 5〉 참조).¹⁴⁾

혼합 로짓모형 추정 결과에서는 각 속성별 계수의 부호가 조건부 로짓 모형과 동일한 방향성을 보였다. 특히 산불과 병해충 속성은 통계적으로 유의하였고, 모든 속성에서 표준편차가 유의하게 나타나 응답자 간 선호의 이질성이 존재함을 확인할 수 있었다. 이는 산불과 병해충 속성에 대해 응답자마다 상이한 인식과 지불의사를 지니고 있음을 시사한다. 이러한 결과는 산불 예방 및 병해충 방제에 대한 정책적 투자 우선순위를 설정할 근거를 제공하며, 병해충에 대한 인식 개선 및 관련 교육·홍보의 중요성을 강조할 수 있는 근거가 될 수 있다.

2) 잠재인지 로짓모형 추정 결과

잠재인지 로짓모형의 적용을 통해서 시민의 환경 선호와 의사결정 행태는 동질적이지 않으며, 특정 대안을 확정적으로 선택하거나(결정형), 여러 대안 사이에서 확률적으로 고려하는(확률형) 유형이 존재함을 통계적으로 식별해 낼 수 있다. 이는 단일 평균값 중심의 분석보다 훨씬 현실적인 정책 설계로 이어질 수 있다. 그리고 정책 수단(예: 세금)의 도입 여부에 따라 이 계층 비율이 어떻게 변하는지를 추적함으로써, 특정 정책이 대중의 의사결정에 미치는

14) 위 속성 중에서 통계적으로 유의한 속성이 산불과 산림병해충이고, 나머지 생물다양성손실과 산림접근제한 속성은 통계적 유의성이 확인되지 않았다. 이는 산불이나 산림병해충으로 인해 생물다양성 손실이 발생하기 때문에, 상호 속성 간에 상관관계가 충분히 있을 수 있다. 이에 두 속성 간에는 다중공선성 문제가 발생할 수 있다. 향후 연구에서는 이러한 속성 간에 상관관계가 있을 때 이를 반영한 설계 디자인을 반영한 설문지를 작성하여 연구를 진행할 계획이다.

영향력을 사전에 시뮬레이션할 수 있다. 이는 정책 수용성에 민감한 계층을 식별해 낼 수 있으며, 정책 도입 시 대응 전략 마련에 활용될 수 있다. 이러한 잠재 계층 비율 정보는 대상 집단의 행동 변화 가능성을 파악하는 데 도움이 된다. 따라서 이 모형을 통해 도출된 잠재 계층별 비율은 단순한 기술통계 이상의 의미를 가지며, 실제 정책 설계 및 수용성 평가, 커뮤니케이션 전략 수립에 실질적인 활용 가치를 지니고 있다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

(1) 잠재인지 로짓모형 I 결과

잠재인지 로짓모형 I의 추정 결과(로그우도 -9,557.72)는 조건부 로짓모형에 비해 모형의 설명력이 개선된 것으로 나타났다. 이 모형에서는 응답자들의 선택 행태를 네 가지 잠재 계층으로 분류하였다. 모형 추정 과정에서 다중공선성을 고려하여 잠재 계층 1은 기준 그룹으로 설정되었으며 모형에서 제외되었다. 추정 결과, 잠재 계층 2, 3, 4는 모두 통계적으로 유의한 값을 나타냈으며, 이는 응답자들의 의사결정 유형이 이질적으로 구성되어 있음을 의미한다. 잠재 계층별 분포를 살펴보면, 계층 1(확정형, 대안 A 또는 B 선택)은 41.7%, 계층 2(확정형, 대안 C 선택)는 5.9%, 계층 3(확률형, A, B 고려)은 0.0%, 계층 4(확률형, A, B, C 고려)는 52.6%였다. 즉, 응답자들이 확률적으로 모든 대안(계층 4)을 고려하는 경향이 가장 높으며, 다음으로는 확정적으로 개선된 대안(계층 1)을 선택하는 것으로 나타났다.

(2) 잠재인지 로짓모형 II 결과

잠재인지 로짓모형 II에서는 세금 지불수단 변수를 추가하여 분석을 수행하였다. 그 결과 로그우도 값은 -9,500.56으로, 모형 I보다 57만 큼 개선되어 모형의 설명력이 약간 향상되었음을 확인할 수 있었다. 특히 세금 변수는 t-값 13.00으로 매우 유의하게 나타났으며, 이는 응답자들이 세금이라는 지불수단에 대해 민감하게 반응하고 있음을 의미한다. 또한 잠재 계층별 분포는 계층 4(확률형, A/B/C 고려)가 52.2%로 가장 높았지만 별로 변화가 없었고, 다음으로 계층 3(확률형, A/B 고려)은 23.0%로 많이 증가하였다. 반면에 잠재 계층 1(확정형, A 또는 B)은 19.2%로 많이 감소하였고, 잠재 계층 2(확정형, C 선택)는 5.7%로 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이와 같이 세금 변수가 포함되었을 때 확률적 의사결정(잠재 계층 3) 유형이 더욱 많이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 이는 세금에 대한 부담감이 응답자의 행태에 영향을 미친 것으로 해석된다.

(3) 잠재인지 로짓모형 I 과 II의 결과 비교

위 두 잠재인지 로짓모형의 주요 결과인 <표 6>을 살펴보면, 세금 정책 수단이 제시되면 시민들은 산림복원 정책을 확정적으로 선택하는 행태에서 확률적으로 고려하는 방향으로 의사결정 행태가 변하는 것으로 나타났다. 즉, 확정형(계층 1, 41.7%→19.2%)은 감소하였고, 확률형(계층 3, 0.0%→23.0%)은 증가하였다. 이는 세금이라는 지불수단의 도입이 의사결정 행태에 영향을 미쳤음을 보여준다.

<표 6> 선택실험 자료에 기반한 의사결정 행태 유형 분석 결과

모형	유형	확정적 의사결정 유형		확률적 의사결정 유형		합계
		잠재 계층 1	잠재 계층 2	잠재 계층 3	잠재 계층 4	
잠재인지 로짓모형 I (A)		41.7%	5.9%	0.0%	52.6%	100.0
잠재인지 로짓모형 II (B)		19.2%	5.7%	23.0%	52.2%	100.0
차이(B-A)		-22.6%	-0.2%	23.0%	-0.4%	-
평균((A+B)/2)		30.4%	5.7%	11.5%	52.4%	-

4. 속성별 지불의사액 추정 결과

<표 7>은 조건부 로짓모형, 혼합로짓모형, 그리고 본 연구에서 최초로 적용한 잠재인지 로짓모형 I 과 II를 바탕으로 속성별 지불의사액을 추정한 결과이다(Haab and McConnell, 2003). 이는 각 정책 속성에 대해 시민들이 인지하는 경제적 가치를 추정한 것으로, 본 연구의 핵심 목적 중 하나인 시민의 환경 선호 및 정책 수용성 차이를 정량적으로 규명하는 데 중요한 근거가 된다.

우선 산불 위험 감소에 대한 지불의사액은 조건부 로짓모형에서 약 13,483 원, 혼합로짓 모형에서는 10,570원으로 나타났으며, 잠재인지 로짓모형에서는 각각 23,856원(IAL I)과 14,712원(IAL II)로 추정되었다. 이는 시민들이 산불 위험에 대해 전반적으로 높은 회피 편익을 가지며, 잠재 계층별로는 일부 집단에서 이 속성에 대해 더욱 강한 선호가 존재함을 시사한다. 그 이유는 2020년 산림 분야 가구당 예산 6,019원을 고려했을 때 비교적 높은 지불의사액 수준이라고 볼 수 있기 때문이다. 특히, 잠재인지 로짓모형 I 에서 가장 높

은 추정값이 나타난 것은 대안을 고려하는 선택 인지 유형 집단에서 산불 대응 정책에 대한 가치를 더 높게 인식하고 있음을 반영한다. 산림병해충 위험에 대해서도 모든 모형에서 양(+)의 지불의사액이 도출되었으며, 잠재인지 로짓모형 I에서 14,830원으로 가장 높게 나타났다. 이는 외래 병해충으로 인한 산림 피해에 대해 시민들이 강한 복원 필요성을 인식하고 있으며, 정책 대응에 대한 수용 의사가 크다는 것을 의미한다.

반면, 산림 관련 야외 활동 제한과 생물다양성 손실 복원 속성의 경우 지불의사액이 전반적으로 낮거나 음(-)의 값을 보였다. 특히 야외 활동 제한은 모든 모형에서 부(-)의 값으로 나타나 시민들이 산림 접근 제한 정책 속성을 부정적으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 생물다양성 손실 복원 속성은 혼합 로짓과 잠재인지 로짓모형 I에서는 소폭의 양(+)의 값을 보이지만, 조건부 로짓 및 잠재인지 로짓모형 II에서는 음(-)의 값으로 나타났다. 이는 해당 속성에 대한 시민들의 인식과 선호가 이질적으로 분포하고 있으며, 계층별 이해도나 중요도 인식의 차이가 존재함을 나타낸다.

본 연구는 기존의 평균적 추정 방식에서 나아가 응답자들의 잠재된 선택 인지 및 의사결정 행동 유형을 반영하여 속성별 지불의사액을 도출하였다는 점에서 차별적인 분석 틀을 제공한다. 또한 정책 속성에 따라 지불의사액이 크게 차별화된다는 점은 향후 산림복원 및 재난 예방 정책의 우선순위 설정 및 예산 배분 시 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 그리고 단순한 지불의사액 추정에서 더 나아가, 응답자들의 선호 이질성과 의사결정 행태 유형을 종합적으로 반영한 모형 분석을 통해 산림 복원 정책 설계에 있어 더욱 정교한 정책 수립의 필요성을 강조하고자 한다. 특히, 지불수단으로서 세금의 민감성은 정책 수단 선택에 있어 중요한 고려 요인임을 실증적으로 보여주고 있다. 앞으로는 이러한 다양한 환경 선호와 의사결정 유형을 반영한 참여적 정책 설계가 요구된다.

〈표 7〉 속성별 지불의사액 추정 결과

속성	조건부 로짓 (MNL)	혼합 로짓* (MXL)	잠재인지 로짓(IAL)	
			I	II
산불 위험	13,483.3원	10,570원(-190원~21,330원)	23,855.8원	14,711.7원
산림병해충 위험	9,236.0원	8,360원(-2,340원~19,060원)	14,830.2원	9,319.5원
산림 관련 야외 활동 제한	-64.5원	-360원(-1,360원~640원)	-90.4원	-152.8원
산림 생물다양성 손실	84.6원	190원(-1,060원~1,450원)	258.4원	-54.1원

주: *괄호 안은 95% 신뢰구간의 지불의사액임.

V. 결론 및 함의

건강한 산림 생태계는 시민에게 휴양, 탄소흡수, 생물다양성 유지 등의 다양한 생태계서비스를 제공하며, 이는 공공재로서의 가치가 매우 크다. 그러나 최근 기후변화로 인한 산불의 빈번한 발생과 대형화, 외래병해충(예: 소나무재선충)에 의한 산림 훼손 등이 심화하면서 이러한 생태계서비스의 지속적 공급이 위협받고 있다. 따라서 산림의 복원과 관리에 대한 사회적 수요가 높아지고 있으며, 이에 따라 정책적 대응 방안 마련이 절실한 상황이다. 본 연구는 이러한 산림 생태계 위험 요인과 서비스를 중심으로 복원 시나리오를 설계하고, 시민을 대상으로 선택실험법을 적용하여 총 1,021명의 응답 자료(10,210개의 선택 응답)를 확보하였다. 응답자의 환경 선호 이질성 분석을 위해 혼합로짓모형(RPL)에 더해, 잠재 의사결정 행태와 정책 수단 효과를 분석하기 위하여 국내 최초로 잠재인지 로짓모형(IAL I, II)을 적용하여, 그 효과를 규명하였다.

먼저, 혼합로짓 모형을 통하여 응답자 간의 선호의 이질성을 확인할 수 있었다. 그리고 잠재인지 로짓모형 I의 분석 결과, 응답자의 약 52.6%가 확률적으로 모든 대안(A, B, C)을 고려하는 잠재 계층 4에 속하였다. 이는 전통적 모형에서 간과될 수 있는 의사결정의 불확실성과 다양한 의사결정 과정을 반영한다. 잠재인지 로짓모형 II에서는 세금이라는 지불수단을 고려함으로써, 세금에 대한 저항이 응답자의 선택 행태에 영향을 미침을 확인하였다(유병

국, 2012). 특히 확률형 응답자 비율이 더 증가하였으며, 이는 세금이 환경정책 수용성에 중요한 결정 요인임을 시사한다. 이러한 분석은 환경정책 수립 시 단순히 속성 선호뿐만 아니라, 시민의 의사결정 경향과 정책 수단에 대한 심리적 반응을 함께 고려할 필요가 있음을 보여준다.

경제적 측면에서 주요 속성별 지불의사액 추정 결과, 산불 위험 감소를 위한 지불의사액은 10,570원~23,855원, 병해충에는 9,319원~14,830원이었다. 이는 2020년 산림 분야 가구당 예산 6,019원을 고려했을 때 비교적 높은 지불의사액 수준이라고 볼 수 있다. 반면 산림 접근 제한이나 생물다양성 손실 복원과 관련된 지불의사액은 대부분 낮거나 통계적으로 유의하지 않은 수준이었다. 이는 시민들이 실질적으로 체감하는 재난성 요인(산불, 병해충)에 대해 더 높은 정책적 우선순위를 두고 있으며, 향후 예산 편성과 정책 대상 선정에 있어 주요한 기준이 될 수 있다. 특히 산불 및 병해충 대응과 관련한 예산 확보의 근거자료로 유의하게 활용될 수 있다(Niquidet, Tang and Peter, 2015).

이번 연구의 가장 큰 학술적 기여는 기존 연구들이 주로 지불의사액 추정에 초점을 맞췄던 것과 달리, 본 연구는 환경 선호의 이질성과 잠재 의사결정 행태를 통계적으로 식별하고 유형화하였다는 점이다. 응답자의 약 절반 이상이 확률형 선택 경향을 보였다는 사실은 환경정책 설계 시 획일적인 접근이 아닌 계층별 맞춤형 접근이 필요함을 시사한다. 특히, 세금이라는 지불수단이 행태 변화에 유의미한 영향을 미친다는 점은, 정책 수단에 대한 시민 수용성을 사전에 진단하고 다양한 유인 방식을 고려할 필요가 있음을 의미한다.

다만, 본 연구는 일부 한계도 내포하고 있다. 첫째, 예산 제약으로 인해 설문 부수가 충분하지 못하였고, 특히 비도시 지역의 표본 확보가 부족하였다. 이는 산불 및 병해충 피해 경험이 지역별로 상이할 수 있다는 점에서 향후 연구에서는 지역 간 비교를 통한 응답자 행태 차이를 규명할 필요가 있다. 둘째, 산림 생태계서비스의 속성 간 상관관계를 고려하지 못한 점도 향후 실험 설계의 개선 방향으로 제안된다.

향후 연구에서는 산불 및 병해충 등 환경 위협 경험의 유무에 따른 응답자

행동 차이 분석과 함께, 생태계서비스 속성 간의 상호작용을 반영한 고도화된 선택모형을 개발할 필요가 있다. 또한, 다양한 지불수단의 수용성에 따른 정책 반응 연구를 병행함으로써, 실질적이고 실행할 수 있는 산림복원 정책 설계가 가능할 것이다.

이에 따라 다음과 같은 향후 과제 및 연구적 시사점을 제시할 수 있다.

첫째, 환경 선택 행동의 이질성을 더 정교하게 분석하기 위해서는 추가적인 인지 변수와 심리적 요인을 통합한 심화 모형의 개발이 필요하다.

둘째, 세금 이외의 다양한 지불수단(예: 사용료, 기부금 등)에 따른 응답자의 반응 차이를 비교하여 시민 수용성이 높은 정책 설계를 위한 실증 연구가 요구된다.

셋째, 생태계서비스 속성 간의 상관관계를 반영한 실험설계를 통해 보다 현실적인 선택모형을 구현할 필요가 있다.

넷째, 정책 시행 전 선택실험을 통해 시민의 반응을 사전 예측함으로써 정책의 실효성과 수용성을 제고하는 연구가 활성화되어야 한다.

결론적으로 본 연구는 산림 생태계서비스 복원을 위한 정책 수단과 시민의 선택 행태 간의 연계성을 실증적으로 규명하고, 향후 지속 가능한 산림정책 수립을 위한 기초자료로서 의의가 있다. 향후 산림 및 환경정책 수립 시 본 연구에서 제시한 통계적 방법과 실증분석 결과가 정책 효율성을 높이는 데 도움이 되기를 기대한다.

■ 참고문헌 ■

- 강희찬, 2021, “수도권매립지 주변의 환경피해와 주민지원금 간의 상용성 분석,” 『자원·환경경제연구』, 30(3), pp.365-393.
- 구자춘·박미선·윤여창, 2011, “선택실험법에 의한 도시숲의 가치 평가 방법 비교(조건부 로짓, 혼합 로짓, 다항 프로빗의 비교),” 『산림과학 공동학술발표 논문집』, pp.453-453.
- 국립산림과학원, 2023, 『국토녹화 50년의 선물(2020년 기준)』, 산림청 보도자료.
- 권오상·김원희·이혜진·허정희·박두호, 2005, “댐호수의 특성별 휴양가치 분석,” 『자

- 원·환경경제연구』 14(4), pp.867-893.
- 김남희·오치옥·안소은, 2023, “선택실험법을 적용한 습지보호지역의 문화서비스 가치 추정,” 『환경정책』 31(2), pp.1-31.
- 김동현·김철상·이호상·박경석·문지민·전현선, 2015, “수질개선을 위한 한강 수계 상류지역 산림관리 지불의사금액 추정,” 『환경정책연구』 14(2), pp.49-72.
- 미국식물병리학회, 2023, <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/nematode/pdlessons/Pages/PineWilt.aspx>.
- 배정환, 2018, “지역분산형 녹색전력구매제 도입에 대한 소비자 선호도 분석,” 『에너지경제연구』, 17(1), pp.287-316.
- 배재수·주원린·이기봉, 2010, 『한국의 산림녹화 성공 요인』, 연구신서 제37호, 국립산림과학원.
- 산림청, 2024, 『2023 산림임업통계연보』. (<https://kfss.forest.go.kr/stat/>)
- 안소은·김지은, 2016, “수요 및 공급측면에서 평가한 하천 생태계서비스의 경제적 가치,” 『대한환경공학회지』, 38(10), pp.580-587.
- 유병국, 2012, “선택실험법 자료에서의 선호이질성 분석을 위한 혼합로짓모형 및 잠재계층모형의 활용,” 『자원환경경제연구』, 21(4), pp.921-945.
- 유병국·김형수·주덕, 2013, “우포늪 천변저류지의 경제적 가치평가에 대한 선호이질성 연구,” 『한국습지학회지』, 15(3), pp.357-366.
- 유진채·김미옥·공기서·유병일, 2010, “한국 산림의 공익적 가치추정(선택실험법을 이용하여),” 『농촌경제』, 33(4), pp.43~62.
- 이진권·황욱, 2020, “가상가치평가법에서의 결과수렴성과 가상편의,” 『자원환경경제연구』, 29(1), pp.1~22.
- 정혜경, 2018, “선택실험법 및 특성가격법 중심의 비시장재 가치평가 방법론 재고,” 경북대학교 박사학위 논문.
- 진민경·이희찬, 2023, “CVM을 이용한 하천의 가치평가: 영산강과 섬진강의 비교,” 『환경정책』, 31(4), pp.157-174, DOI: 10.15301/jepa.2023.31.4.157
- 최경란·김주희·유승훈, 2022, “해양보호생물인 거머리말의 보전에 대한 대중의 지불의사액 - 조건부 가치추정법의 적용,” 『해양환경안전학회지』, 28(5), pp.681-691.
- 최성록·박은진, 2010, 『DMZ 일원 주요 자원의 보전가치 추정 연구』, 연구보고 2009-33, 강원발전연구원.
- 최성록·오치옥, 2018, “선택실험을 이용한 서천갯벌의 생태계서비스 경제가치 추정 연구,” 『자원·환경경제연구』, 27.2, pp.233-260.
- 최성록·박홍준, 2016, “서천갯벌 생태계서비스의 경제가치 평가: 초기 분석 결과,” 『한국환경경제학회 학술발표논문집 2016』, pp.215-234.
- Aizaki, H., T. Nakatani, and K. Sato, 2015, *Stated preference method using R*, CRC Press.

- Ben-Akiva, M., and S. R. Lerman, 1985. *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press.
- Brown, L. R., 2009, *Plan B 4.0(mobilizing to save civilization)*, W·W·Norton & Company.
- Börger, T., Q. T. K. Ngoc, L. Kuhfuss, T. T. Hien, N. Hanley, and D. Campbell, 2021, "Preferences for coastal and marine conservation in Vietnam: Accounting for differences in individual choice set formation," *Ecological Economics*, 180, 106885, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106885>
- Campbell, D., D. A. Hensher, and R. Scarpa, 2012, "Cost thresholds, cut-offs and sensitivities in stated choice analysis: Identification and implications," *Resource and Energy Economics*, 34, pp.396~411.
- _____, 2014, "Bounding WTP distributions to reflect the 'actual' consideration set," *Journal of Choice Modelling*, 11, 4-15, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2014.02.004>
- Campbell, D. and S. Erdem, 2019, "Including opt-out options in Discrete choice experiments: Issues to consider," *the patient-patient-centered outcomes research*, 12, pp.1~14.
- Carlsson, F., P. Frykblom, and C. J. Lagerkvist, 2007, "Preferences with and without prices: Does the price attribute affect behavior in stated preference surveys?," *Environmental and Resource Economics*, 38(2), 155-164, DOI: 10.1007/s10640-006-9068-1.
- Carson, R. T., T. Groves, and J. A. List, 2014, "Consequentiality: A theoretical and experimental exploration of a single binary choice," *The association of environmental and resource economics*, 1(1), DOI:10.1086/ 676450.
- Champ, P. A., K. J. Boyle, and T. C. Brown, 2017, *A Primer on Nonmarket valuation*, 2nd edition, Springer, ISBN 978-94-007-7104-8.
- Diendere, A. A. and D. Kabore, 2023, "Preferences for a payment for ecosystem services program to control forest fires in Burkina Faso: a choice experiment," *Forest Policy and Economics*, 151, 102973.
- Everitt, B. S. and T. Hothorn, 2010, *A Handbook of Statistical Analyses using R*, 2nd edition, CRC press.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO), 2020, *Global Forest Resources Assessment 2020 Key findings*, Rome, DOI: 10.4060/ ca8753en.
- Haab, T. C., and K. E. McConnell, 2002, *Valuing environmental and natural resources: the econometrics of non-market valuation (New horizons in environmental economics)*, Edward Elgar, Cheltenham, UK·Northampton,

MA, USA.

- Haefen, R. H. V., R. H. Massey, and W. L. Adamowicz, 2005, "Serial nonparticipation in repeated discrete choice models," *American Journal of Agricultural Economics*, 87(4), pp.1061~1076.
- Hanley, N., S. Mourato, and R. E. Wright, 2001, "Choice modelling approaches: A superior alternative for environmental valuation?," *Journal of Economics Survey*, 15(3), pp.435~462.
- Hensher, D. A., J. M. Rose, and W. H. Greene, 2005, *Applied choice analysis(A Primer)*, Cambridge.
- _____, and W. H. Greene, 2003, "The Mixed Logit model: The state of practice," *Transportation* 30, pp.133-176, DOI:10.1023/A:1022558715350
- Hoyos, D., 2010, "The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments," *Ecological Economics*, 69(8), pp.1595-1603, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.04.011.
- Johnston, R., K. J. Boyle., W. Adamowicz, J. Bennett, R. Brouwer, T. A. Cameron, W. M. Hanemann, N. Hanley, M. Ryan, R. Scarpa, R. Tourangeau, and C. Vossler, 2017. "Contemporary Guidance for Stated Preference Studies," *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(2), pp.319 - 405,
- Kwon, T. S., J. H. Shin, J. H. Lim, Y. K. Kim, and E. J. Lee, 2011, "Management of pine wilt diseases in Korea through preventive silvicultural control," *Forest Ecology and Management* 261, pp.562~569.
- Manski, C. F., 1977, "The structure of random utility models," *Theory and Decision*, 8, pp.229-254, DOI:10.1007/BF00133443.
- Mariel, P., D. Hoyos, J. Meyerhoff, M. Czajkowski, T. Dekker, K. Glenk, J. B. Jacobsen, U. Liebe, S. B. Olsen, J. Sagebiel, and M. Thiene, 2021, *Environmental valuation with discrete choice experiments guidance on design, implementation and data analysis*, Springer.
- McFadden, D., 1974, Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: *Frontiers in Econometrics*, P. Zarembka (ed.).
- Niquidet, K., J. Tang, and B. Peter, 2015, "Economic analysis of forest insect pests in Canada," *Canada Entomology*, 00, pp.1~10.
- Olson, L. J., 2006, "The economics of Terrestrial invasive species: A review of the literature," *Agricultural and Resource Economics Review*, 35(1), pp.178~194.
- Park, M. S. and H. W. Lee, 2014, "Forest Policy and Law for Sustainability within the Korean Peninsula," *Sustainability*, 6, pp.5162-5186, DOI: 10.3390/su6085162.

- Reynaud, A., and Manh-Hung Nguyen, 2016, "Valuing flood risk reductions," *Environmental Modelling Assessment*, 21, pp.603~617, DOI: 10.1007/s10666-016-9500-z).
- Shang, L. and Y. Chandra, 2023, *Discrete choice Experiments using R (a how-to guide for social and managerial sciences*, Springer, ISBN 978-981-99-4562-7.
- Train, K. E., 2009, *Discrete choice methods with simulation*, 2nd edition, Cambridge University Press.
- Zhao, J., J. Huang, J. Yan, and G. Fang, 2020, "Economic loss of pine wood nematode diseases in mainland china from 1998 to 2017," *Forests*, 11, 1042, DOI: 10.3390/f11101042.

전철현: 영국 스티어링대학교 경영대학 경제학과에서 경제학 박사학위를 취득하고, 국립산림과학원 산림정책연구부에서 자원경제와 정책분야 연구를 하고 있다. 자원환경경제학 및 행태경제학적 접근을 중심으로, 환경의사결정행태 분석, 생태계서비스 편익과 비시장적 편익(가치) 추정에 관심을 갖고 있다(chj2@stir.ac.uk; ecoecon@korea.kr).

이호상: 국민대학교에서 임학박사 학위를 취득하고, 국립산림과학원 미래산림전략연구부 산림전략연구과에서 임업연구사로 재직 중이다. 주요 업무는 산림정책 개발 및 산림 부문 SDGs 이행 평가를 담당하고 있다(hoslee@korea.kr).

투 고 일: 2025년 03월 20일
심 사 일: 2025년 03월 27일
게재확정일: 2025년 05월 20일