



AHP 방법을 이용한 스마트하우징 주거서비스의 평가지표 구성요소 우선순위 분석

Investigation on the Prioritization of Factors in Assessment Criteria for Smart Housing Services Using the Analytic Hierarchy Process(AHP) Method

김경환* · 백시연** · 김다혜*** · 김하영**** · 박명규***** · 김성완*****

Kyung Hwan Kim* · Si Yeon Baek** · Da Hye Kim*** · Ha Yeong Kim**** · Myung Kyu Park***** · Sung Wan Kim*****

* Main author, Principal Researcher, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (khhkim.bib@gmail.com)

** Coauthor, Senior Researcher, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (baekkriea@gmail.com)

*** Coauthor, Assistant Researcher, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (tjssul1215@naver.com)

**** Coauthor, Assistant Researcher, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (gkdud7980@naver.com)

***** Coauthor, Senior Researcher Fellow, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (peroskr@naver.com)

***** Corresponding author, Senior Research Fellow, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture, Seoul, South Korea (swankim4016@naver.com)

ABSTRACT

Purpose: The comprehensive evaluation framework for the Smart Housing service encompassed eight distinct categories, namely Strategy, Platform, Security (or Safety), Convenience, Wellness, Energy, Community, and Operation & Management. These categories were meticulously derived from an extensive review of existing literature. Furthermore, insights from prior research led to the subdivision of these eight categories into sub-evaluation items. The primary objective of this study is to conduct an expert survey to determine the significance and application priority of the influencing factors derived from the sub-evaluation items in the above eight categories, aiming to establish comprehensive guidelines for the development of assessment criteria for future smart housing services. **Method:** Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, this paper suggests the importances and priorities of factors to affect the evaluation indicators of Smart Housing service. A survey conducted on expert groups such as Architects, Construction workers, Facility Engineers, Consultants, and Certification Assessors who involved in domestic Eco-Friendly building projects such as Intelligent Building Certification and Green Building Certification. **Result:** In light of this analysis, the factors 'Convenience,' 'Community,' and 'Energy' have been respectively identified as the most important for Assessment Categories (Level 1). While the factors listed under 'Strategy' are considered less important. In the case of Assessment Items (Level 2), the factors 'AI-Controlled Air Comfort,' 'Smart Fire,' and 'Smart Window' are identified as the most impactful.

KEYWORD

스마트하우징 주거서비스
평가지표
AHP분석
전문가설문조사

Smart Housing Service
Assessment Criteria Indicator
Analytic Hierarchy Process(AHP)
Expert-Survey

ACCEPTANCE INFO

Received Sep. 19, 2023
Final revision received Oct. 6, 2023
Accepted Oct. 11, 2023

© 2023. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

빅 데이터(Big Data), ICT(Information & Communication Technology), IoT(Internet of Things), AI(Artificial Intelligent)와 같은 첨단 정보통신 기술과 인공지능기술들이 빠르게 발전되고 주거환경에 접목되면서 스마트 홈과 같은 형태의 진화된 주거서비스에 대한 관심이 높아지고 있다. 스마트 홈은 사용자에게 맞춤형 서비스를 제공하는 스마트기술을 탑재한 주거공간으로 정의되며, 모니터링, 제어 및 지원기능 등을 통해 거주자의 삶의 질을 높이고 독립적인 생활을 촉진할 수 있다[1]. 스마트하우징은 스마트 홈의 기본 개념을 뛰어넘어서, IoT 플랫폼 아키텍처, 인공지능(AI), 클라우드 등의 스마트 정보통신 기술을 활용하여 얻은 데이터를 기반으로 채실자의 안전, 쾌적함, 편의성, 보안 및 유지관리 등 다양한 주거서비스를 제공할 수 있는 주거환경 공간이다[2]. 단순한 주거공간에

의 적용 개념에서 네트워크의 강점과 플랫폼을 통해 동 또는 단지 단위의 공동세대 범위까지도 아우른다고 볼 수 있다. 주거서비스의 품질 확보와 관련 산업의 기본 요구 성능 가이드라인 제시와 함께 활성화를 위해서 종합적이고 체계적인 스마트하우징 주거서비스 평가 모델이 필요할 것이다. 따라서 본 연구는 객관적 스마트하우징 주거서비스 평가지표개발을 위한 선제적 평가개발 모델 연구의 일환이다. 기존에 이루어진 주거서비스 활성화에 대한 연구를 살펴보면, 수요자 만족도를 중심으로 한 설문조사를 실시한 연구는 비교적 적은 수의 관련 논문이 있다[3]. 본 연구의 목적은 미래 스마트하우징 주거서비스의 종합적이며 객관적인 평가지표 개발과 방향성 제시에 있다. 이에 따라, 선행연구를 참고 및 보완하여 개발된 스마트하우징 주거서비스 평가 모델을 AHP기법을 동반한 전문가 설문조사를 통하여 평가 모델 구성요소들의 중요도 및 우선순위를 분석하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 스마트하우징 주거서비스의 평가지표 개발에 관한

것으로 연구 방법은 다음과 같다. 첫째, 평가지표 개발에 필요한 요소기술 선별과 동시에 선행되었던 두 개의 스마트하우징 평가 관련 연구인 “전문가 설문조사를 통한 스마트하우징 주거서비스의 평가방법 방향성 설정에 관한 연구[2]”와 “스마트하우징 주거서비스 평가방법 개발방향[4]”에서 실행 한 관련 문헌조사와 기존 인증평가 기준 분석을 통해 도출된 스마트 건축물 평가분야 항목들(전략, 플랫폼, 안전, 편의, 건강, 에너지, 공동체, 유지관리)을 본 연구의 평가 개념 설정에 참고하였다. 둘째, 이를 바탕으로, 개념모델을 구성하고 있는 대분류와 하위 항목(중분류)들로 세분화하였으며, 도출된 평가 지표 요소들의 중복성 검토 및 수정, 보완이 이루어졌다. 셋째, 각 평가 항목에 관련된 전문가 분야 및 그룹의 대상을 선정하였으며, 그 이후 해당 전문가에 설문 조사 의뢰와 실행, 분석 그리고 마지막으로 평가지표 구성 요소들의 중요도와 우선순위를 도출하였다.

본 연구에 바탕이 된 기존 스마트하우징 주거서비스 평가방법 연구[2, 4] 는 기본적인 평가체계의 방향성 설정에만 중점을 두었다. 이를 위해 전문가를 대상으로 리커트 5점 척도(Likert Scale) 방식을 사용하여 평가의 구성 체계(평가 절차, 방법, 분야, 요구사항 등)에 대한 중요성 설문조사를 실시했다. 해당 기존 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 평가분야: 안전서비스에 대한 중요도가 가장 높음
- 평가방법: 스마트 하우스 주거서비스 물리적 구성요소의 적용 여부를 평가하는 ‘기술적 평가’의 중요도가 가장 높음
- 평가절차: 계획/설계평가 -> 시공/준공평가 -> 운영단계평가의 절차에 대한 호응이 가장 높음
- 평가기준에 필요한 요구사항: 인터페이스와 데이터에 대한 중요도가 제일 높음
- 연구제언으로 평가 분야(대분야)에 종속되는 세부기술에 대한 연구 필요성과 평가 기준, 절차의 정립 필요성을 언급

반면에, 본 연구에서는 의사결정과정에서 광범위하게 활용되고 더 직관적인 방식인 AHP¹⁾(Analytic Hierarchy Process)기법을 적용하였으며, 설문 답변들의 일관성 검증을 통하여 분석결과의 신뢰도를 높였다. 또한, 기존 연구와는 다르게 설문조사 항목을 평가분야와 그 하위 세부항목까지도 확대하여 그에 따른 분석 가치지 결과값을 바탕으로 평가지표 구성 요소들의 중요도를 평가 하였다. 또한, 유지·관리 분야의 전문가 그룹까지 전문가 조사 대상범위를 넓혔다. 본 연구의 흐름도는 Fig. 1.과 같다.

본 연구의 범위는 객관적, 종합적이고 체계적인 평가지표 개발을 위한 상위단계인 평가분야와 그에 따른 하위 평가항목들의 중요도와 우선순위를 파악하는 것에 한정하였다.

2. 스마트하우징 주거서비스 평가지표 개발

미래의 스마트하우징 주거서비스와 관련된 모든 실현가능한 항목들을 총체적으로 평가하기 위하여 Fig. 2.와 같이 상위단계(대분류, Level 1)와 하위단계(중분류, Level2)로 된 계층적 구조로 구성

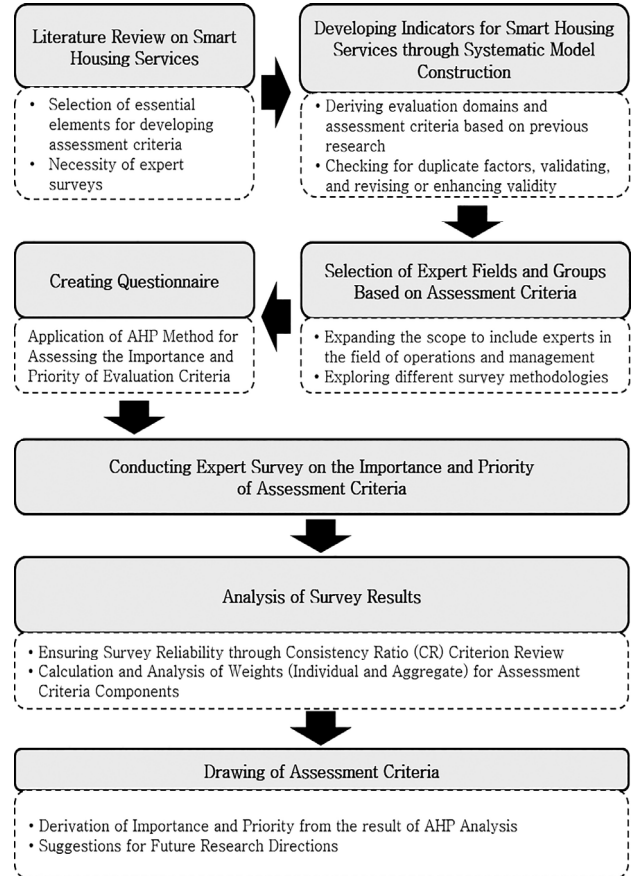


Fig. 1. Flow chart of research

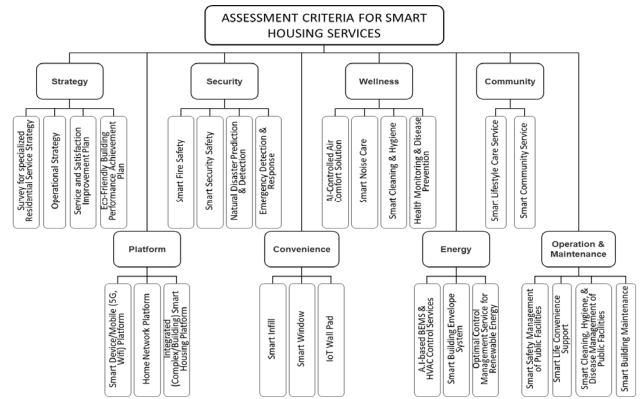


Fig. 2. Hierarchical model of smart housing services for AHP analysis

되어 있다. 이와 같은 하위단계의 평가항목 결과는 상위단계의 평가 항목에 합산되는 방식으로 이루어지고, 이를 통해 총체적 평가를 할 수 있다. 최하위단계인 세부평가요소들이 생성될 수 있으나, 평가지표 초기 설계 단계에서의 과한 세분화와 AHP분석의 설문조사의 효율성 특성을 고려해 제외되었다. 이에 따라, 전문가 설문조사에 사용된 모델은 대분류인 8가지의 평가분야와 중분류인 27가지의 하위 평가항목으로 구성되어 있다.

2.1. 평가분야 (Assessment Category) 개발

스마트하우징 주거서비스 평가지표의 방향과 관련된 선행 연구 [2]에서 이루어진 스마트하우징과 주거서비스에 대한 문헌 조사

(Table 1.)와 실행중인 관련인증기준 분석²⁾(Table 2.)을 통해 도출된 평가분야 빈도 분석 결과가 본 연구의 요소기술 개발에 참고 되었으며 8개의 항목으로 좁혀졌다. 이는 스마트하우징 주거서비스 제공과 실효성 있는 POE(Post Occupancy Evaluation)를 위한 전략, 스마트 하우징관련 필요기술, 필요기술 적용을 위한 플랫폼, 공공생활서비스, 유지 및 관리 분야 등을 포함하고 있다. 이에 따라 본 연구의 평가지표 개념모델의 구성요소들은 다음의 8가지 대부분류를 가진다: 'Strategy: 주거서비스 전략 및 운영계획', 'Platform: 스마트하우징 플랫폼', 'Security: 주거안전서비스', 'Convenience: 주거편의서비스', 'Wellness: 주거건강(건강과 편안함)', 'Energy: 에너지 서비스', 'Community: 공동체', 'O&M: 운영 및 유지관리(공용시설, 공간)' 이다.

2.2. 하위 평가항목(Asesment Item) 요소 기술

8개의 평가분야는 기존 두 개의 스마트하우징 주거서비스 평가 관련연구[2, 4]에서 언급된 서비스예시들을 참고하여 내부 검토와 중복성검토를 거친 뒤 하위 평가항목들로 세분화 되었다. 그 결과 스마트하우징 주거서비스의 평가지표의 구성은 'Strategy:주거서비스 전략 및 운영계획'은 4개의 하위 평가항목(주거서비스 특화전략 수요조사, 운영전략수립, 주거서비스계획 및 만족도향상, 친환경건축물달성계획), 'Platform: 스마트하우징 플랫폼'은 3개(모바일, 홈네트워크, 통합 스마트하우징 플랫폼), 'Security: 주거안전서비스'는 4개(스마트화재안전, 스마트방범안전, 자연재해대비 및 감지, 응급상황대비 및 감지), 'Convenience: 주거편의서비스'는 3개(스마트 인필, 스마트윈도우, IoT 월 패드), 'Wellness: 주거건강'은 4개(토달 쾌적솔루션, 스마트 소음감지, 스마트청소 및 위생, 건강모니터링 및 질병예방), 'Energy: 에너지 서비스'는 3개(AI이용한 BEMS 및 HVAC제어서비스, 스마트외피, 신재생 에너지 최적 제어관리), 'Community: 공동체'는 2개(스마트생활케어, 스마트커뮤니티) 그리고 'O&M 운영, 유지관리'는 4개(공용시설의 스마트안전관리, 스마트 생활편의지원, 공용시설 스마트청소와 위생 및

Table 1. Literature review of research subjects in the field of housing services and smart housing[2]

Researcher	Yun (1996)	Yun (1998)	Jun (2005)	Lee (2008)	Shin (2012)	Park (2015)	Kim (2016)	Yun (2017)	Tan (2017)	Lim (2018)	Park (2020)	Bun (2020)	An (2020)	Sum
Platform													○	1
Safety	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	10
Convenience	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	11
Health	○	○			○	○			○	○	○			7
Energy				○								○		2
Comfort	○	○	○	○	○								○	6
Community								○		○	○	○		4
Maintenance					○		○						○	3
Security							○					○		2
Entertainment						○								1
Resource												○		1
Spatiality			○											1
Sustainability					○									1

Table 2. Review of relevant certification standards' categories[2]

Standard 3)	Category
(1)	•Home Network •Home Gateway •WallPad •Network Equipment •Public Server
(2)	•Wiring •Piping Equipment •Operating Room •Premises Wiring •Digital Broadcasting
(3)	•HomeNetwork •Wiring •Convenience •Crime Prevention •Safety •Security •Comfort•Energy
(4)	•Infrastructure •Safety •Convenience •Health •Energy
(5)	•Building •Mechanical •Electrical •Information and Communications •System Integration •Facility Management System
(6)	•Housing Service Plans •Operation Plans •Housing Service Facilities •Community •Maintenance •Improvement Plans of Housing Performance

Table 3. Composition of assessment indicators for smart housing service

Assessment Category (Level 1)	Assessment Items (Level 2)	Assessment Objectives
Strategy (Residential Service Strategy and Operational Plan)	Survey for specialized Residential Service Strategy	Understanding the appropriateness of services and systems, and evaluating the scope and specialized implementation strategy and execution plan for realizing smart housing residential services
	Operational Strategy	Strategy for the system operation method and process of smart housing residential services
	Service and Satisfaction Improvement Plan	Specialized strategy for developing smart housing residential services suitable for users before residency (including market research and customer insight analysis), and methods and strategies to improve resident satisfaction during/after residency
	Eco-Friendly Building Performance Achievement Plan	Green Building Plan for energy conservation and carbon emission reduction
Platform	Smart Device/Mobile (5G, Wifi) Platform	Presence of Remote access to each household's home network and system control availability through smart mobile devices, understanding system configuration and performance
	Home Network Platform	Presence of Home Network Platform for each household, system configuration, and performance
	Integrated (Complex/Building) Smart Housing Platform	Presence of Integrated platforms at the building or complex level, interoperability with home networks, understanding system configuration, and performance

Table 3. Composition of assessment indicators for smart housing service (Continued)

Assessment Category (Level 1)	Assessment Items (Level 2)	Assessment Objectives
Security: (Residential Safety Services)	Smart Fire Safety	Evaluation of User Safety and Evacuation Response through a series of services, including data collection, storage, and transmission using IoT fire detection sensors in the event of a fire
	Smart Security Safety	Checking development of AI-based video analysis for anomaly detection, risk detection through voice recognition, intrusion detection and real-time response through ICT convergence
	Natural Disaster Prediction & Detection	Functionality of damage minimization and evacuation system through integration with IoT detection sensors, A.I. video analysis, and local disaster alert systems
	Emergency Detection & Response	Quick response and prevention during emergency situations through sensors linked to smart in-fill systems
Convenience	Smart Infill	Availability of flexibility for sensorization/intelligence in residential spaces (walls/floors/ceilings) and smart in-fill installation
	Smart Window	Availability of internal temperature control (energy-saving), user-customized window tinting, automatic TV viewing environment adjustment, and sleep assistance services, etc.
	IoT Wall Pad	Provision of smart household terminal devices and their performance capabilities
Wellness (Health + comfort)	AI-Controlled Air Comfort Solution	Indoor temperature, humidity environment and ventilation services using smart technology
	Smart Noise Care	Presence and functionality of Noise Care Services such as indoor/outdoor noise detection, noise alerts, etc.
	Smart Cleaning & Hygiene	Ability to monitor, manage, and address indoor cleanliness conditions
	Health Monitoring & Disease Prevention	Capability of User health management, personalized stress and lifestyle rhythm management, disease/infection prevention manuals
Energy	A.I.-based BEMS (Building Energy Management System) & HVAC Control Services	Assessment of energy-saving capabilities based on smart technology
	Smart Building Envelope System	Automatic adjustment capabilities for optimal indoor temperature control based on external building systems (excluding windows)
	Optimal Control Management Service for Renewable Energy	Evaluation of renewable energy production and management capabilities based on smart technology.
Community	Smart Lifestyle Care Service	Capability to provide communal facility or neighbor-to-neighbor life care services (ex. family care, shared parenting) using platforms/apps, and the provision of customized life care service for special groups such as single-person households or elderly individuals living alone
	Smart Community Service	Capability to enhance accessibility to cultural services within residential communities using platforms/apps, diversity of community programs (humanities, social, education, culture, etc.), and provision of shared features for transparent operation of communal facilities
O&M (Operation & Maintenance for Common Facilities / areas)	Smart Safety Management of Public Facilities	Maintenance and structural safety management of communal facilities and buildings using smart technology
	Smart Life Convenience Support	Capability to provide various public services (CCTV, parking management, elevators, individual unit maintenance fees, etc.) through a smart community platform
	Smart Cleaning, Hygiene, & Disease Management of Public Facilities	Capability to provide information through monitoring the hygiene status of communal facilities and to manage cleaning and Infectious disease detection/prevention
	Smart Building Maintenance (Leaking, mold)	Capability for overall building mold prevention and inspection management, individual unit water usage management, water quality management, leak detection, and remote metering system capabilities

질병관리, 건물 스마트유지관리)로 구성되어있다. 각 평가분야와 항목 그리고 각각의 평가목적은 Table 3.에 나타나 있다.

3. AHP 설문조사, 평가지표의 가중치 분석 및 중요도 결정

3.1. 전문가 설문조사

평가지표의 척도는 평가항목별과 구체화된 하위평가항목들에 대한 전문가의 중요도 의견을 쌍대비교(Pair-wise comparison)를

통해 2023년 8월 1일부터 9월 4일까지 설문조사를 실시했다. 각 설문지는 모바일메신저 또는 전자 우편을 이용하여 온라인상으로 실행되었으며, 쌍대비교설문 방식에 관한 설명 자료, 평가분야와 항

목에 대한 설명도 설문지에 포함되어 전송되었다. 평가항목별로 AHP기법을 개발한 Satty(1977)[5]가 제안한 9점 척도를 사용하였다. 각 단계에 2배에서 5배의 중요도 차이를 부여하였고, 1은 두 비교항목들이 “동등하게 중요하다”, 그 외는 “각 숫자의 배수만큼 중요하다”의 수준으로 제시하였다(Table 4.).

조사결과에서 중복, 누락 및 일관성 비율이 0.2 이상인 데이터를

Table 4. Example of survey questionnaire format

Criterion	◀ Scale ▶									Criterion
	5	4	3	2	1	2	3	4	5	
Weighting of Importance										Weighting of Importance
Assessment Category A / Item A										Assessment Category B / Item B

Table 5. Characteristics of survey respondents

Classification	Item	Headcount	%
Sex	Male	59	62.11
	Female	36	37.89
Age (Years old)	20-29	25	26.32
	30-39	29	30.52
	over 40	41	43.16
Field of expertise	Architecture /Design	12	12.63
	Construction /Supervision	7	7.37
	Certification and Assessment	16	16.84
	Programming /Software Development	3	3.16
	Research	21	22.11
	Consulting	12	12.63
	Government /Institution national	5	5.26
	Professor	2	2.11
	Facility Management	8	8.42
	Other	9	9.47
Career	Less than 5 years	28	29.47
	5-10 years	28	29.47
	10-20 years	23	24.21
	More than 20 years	16	16.85

제외한 총 95명의 유효 설문데이터 중 50명의 설문 결과를 최종 가중치 분석에 사용하였다. 설계, 시공, 유지·관리, 건축물 인증/평가 분야 등 다양한 분야의 전문가들을 대상으로 설문조사 실시되었으며, 22.11%의 연구 분야 전문가들의 참여가 가장 높았다. 5년 미만과, 10년 미만의 경력을 가진 전문가가 동일하게 각각 29.47%를 차지하여 제일 높은 참여율을 보였다. 그 외 응답자들의 특성의 상세한 내용은 Table 5.와 같다.

Table 6. Comparison matrix of assessment category (Level 1)

	Strategy	Platform	Security	Convenience	Wellness	Energy	Community	O&M
Strategy	1.000	1.371	0.702	0.871	0.709	0.916	1.228	0.929
Platform	0.730	1.000	0.616	0.697	0.662	0.758	1.192	0.828
Security	1.424	1.623	1.000	1.368	1.310	1.282	1.603	1.318
Convenience	1.148	1.434	0.731	1.000	0.888	1.117	1.596	1.282
Wellness	1.411	1.511	0.763	1.126	1.000	1.291	1.571	1.283
Energy	1.092	1.320	0.780	0.895	0.775	1.000	1.428	1.117
Community	0.815	0.839	0.624	0.626	0.637	0.700	1.000	0.791
O&M	1.077	1.208	0.759	0.780	0.779	0.895	1.264	1.000

Table 7. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Strategy

	Survey for Specialized Residential Service Strategy	Operational Strategy	Service and Satisfaction Improvement Plan	Eco-Friendly Building Performance Achievement Plan
Survey for specialized Residential Service Strategy	1.000	1.157	0.772	1.149
Operational Strategy	0.865	1.000	0.766	1.005
Service and Satisfaction Improvement Plan	1.295	1.306	1.000	1.340
Eco-Friendly Building Performance Achievement Plan	0.870	0.995	0.746	1.000

Table 8. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Platform

	Smart Device/Mobile (5G, Wifi) Platform	Home Network Platform	Integrated (Complex/Building) Smart Housing Platform
Smart Device/Mobile (5G, Wifi) Platform	1.000	1.884	1.640
Home Network Platform	0.531	1.000	1.033
Integrated (Complex/Building) Smart Housing Platform	0.610	0.968	1.000

Table 9. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Security

	Smart Fire Safety	Smart Security Safety	Natural Disaster Prediction & Detection	Emergency Detection & Response
Smart Fire Safety	1.000	1.366	1.698	1.055
Smart Security Safety	0.732	1.000	1.288	0.957
Natural Disaster Prediction & Detection	0.589	0.777	1.000	0.637
Emergency Detection & Response	0.948	1.045	1.571	1.000

Table 10. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Convenience

	Smart Infill	Smart Window	IoT Wall Pad
Smart Infill	1.000	0.922	1.082
Smart Window	1.085	1.000	1.140
IoT Wall Pad	0.924	0.877	1.000

Table 11. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Wellness

	AI-Controlled Air Comfort Solution	Smart Noise Care	Smart Cleaning & Hygiene	Health Monitoring & Disease Prevention
AI-Controlled Air Comfort Solution	1.000	1.952	1.502	1.526
Smart Noise Care	0.512	1.000	0.834	0.855
Smart Cleaning & Hygiene	0.666	1.199	1.000	1.158
Health Monitoring & Disease Prevention	0.655	1.170	0.864	1.000

Table 12. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Energy

	A.I.-based BEMS & HVAC Control Services	Smart Building Envelope System	Optimal Control Management Service for Renewable Energy
A.I.-based BEMS (Building Energy Management System) & HVAC Control Services	1.000	1.203	1.262
Smart Building Envelope System	0.831	1.000	1.061
Optimal Control Management Service for Renewable Energy	0.793	0.943	1.000

Table 13. Comparison matrix of assessment item (Level 2): Community

	Smart Lifestyle Care Service	Smart Community Service
Smart Lifestyle Care Service	1.000	1.078
Smart Community Service	0.927	1.000

3.2. 가중치 산정위한 비교행렬 생성 및 일관성 분석

설문 응답자들이 작성한 9점 척도를 바탕으로한 선호도 평가를 기하 평균하여 통합하고, 이를 원소로 사용하는 하나의 개별 비교행렬을 구성하는 방식인 기하평균법[6]이 사용되었다. 이는 항목별 단일 비교 가능한 기준행렬 값으로 산정되었으며, 다음과 같다. Table 6.은 대분류 분야의 기하평균된 개별 비교 행렬의 값을 나타내었으며, Table 7.부터 Table 14.까지는 중분류 항목의 개별 비교 행렬의 값을 보여 주고 있다.

위의 대분류와 중분류의 산정된 가중치 값들을 일관성 검증 분석이 Table 15.와 같이 진행하였다. AHP기법에서 비교대상이 3개 이

Table 14. Comparison matrix of assessment item (Level 2): O&M

	Smart Safety Management of Public Facilities	Smart Life Convenience Support	Smart Cleaning, Hygiene, & Disease Management of Public Facilities	Smart Building Maintenance
Smart Safety Management of Public Facilities	1.000	0.908	1.093	0.812
Smart Life Convenience Support	1.101	1.000	1.109	0.899
Smart Cleaning, Hygiene, & Disease Management of Public Facilities	0.915	0.902	1.000	0.812
Smart Building Maintenance	1.231	1.112	1.231	1.000

Table 15. Reliability verification through Consistency Index(CI) and Consistency Ratio(CR)

Category	λ_{max} (eigenvalues)	CI	CR
Elements for Smart Housing Services	8.01745	0.00249	0.00177
Strategy	4.00190	0.00063	0.00070
Platform	3.00326	0.00163	0.00281
Security	4.00449	0.00150	0.00166
Convenience	3.00010	0.00005	0.00008
Wellness	4.00291	0.00097	0.00108
Energy	3.00001	0.00001	0.00001
Community	2.00000	0.00000	0.00000
O&M	4.00091	0.00030	0.00034

상일 경우 설문조사의 논리적 일관성을 검증을 위해 일관성 지수(Consistency Index; CI)를 임의지수(Random Index; RI)로 나누어서 일관성 비율(Consistency Ratio; CR)을 구할 수 있으며[7], 일관성 비율은 Saaty가 제안한 합리적인(Reasonable) 평가에 해당되는 CR값은 0.1 이하로 보고 있다[8]. 하지만, AHP기법을 적용한 선행연구들을 보면 한계 범위 값 ($CR < 0.1$)으로 하였을 때 유효 응답률이 지나치게 저조하며, 재평가 실시에도 현실적으로 무리가 있으므로[9], 본 연구에서는 인간의 판단이 항상 일관적인 것이 아니라 는 전제하에 일정 수준의 비일관성 ($CR < 0.2$)의 기준을 허용 하여 용납 가능한 범위(Tolerable)인 0.2 미만의 값을 만족하면 설문 의 신뢰가 있다고 판단하였다. 설문평가자가 작성한 자료들은 아래의 수식을 사용하여 일관성 값을 구하였다. 유효응답 범위 값을 기록한 50명 설문지의 항목별 일관성 지수 내용은 Table 15.와 같다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, CR = \frac{CI}{RI}$$

3.3. 설문 결과 분석

앞서 보았듯이, AHP기법은 다른요소를 고려하지 않고 두 개의 요소만 쌍대 비교하므로 의사 결정자의 요소별 성질에 대한 판단력과 정보처리력을 증가를 기대 할 수 있고, 의사 결정과정의 신뢰도가 높다. 선호 결과 값은 상대적 중요도 값으로 부여되며, 설문결과 분석의 절차는 다음과 같이 두 가지 단계로 실행되었다.

- (a) 평점(Scoring): 앞에서 만든 비교행렬을 기하평균 하여 항목 /요소별 상대적 가중치를 구하였으며, 그 값을 상대도수의 값으로 0이상 1이하의 수로 나타내었다. 이는 전체 항목의 중요도 합계를 1을 100%로 보고 중요도(Importance)로 변환한 것이다(Table 16.).
- (b) 종합점수 산정(Synthesizing): 대분류와 중분류의 가중치를 각각 곱하여 나온 통합 가중치를 산출 하여 가장 높은 종합 평점의 대안을 중요도가 가장 높은 항목으로 판정하였다.

1) 평점: 평가 분야(대분류)별 상대적 중요도와 우선순위
 평가지표의 가장 상위단계에 위치한 대분류인 평가분야 (Assessment Categories) 8개 요소들의 항목별 상대적 중요도를 Table 17.과 같이 항목별 가중치를 통해 비교하였다. 평가분야 요소들의 우선순위는 ‘주거안전서비스’, ‘주거건강서비스’, ‘주거편의서비스’, ‘에너지 제어 관리 서비스’, ‘운영&유지관리’, ‘주거서비스 전략 및 운영계획’, ‘플랫폼’, 마지막으로 ‘커뮤니티’ 순서로 나타났다. 특히 주거안전서비스의 중요도가 높게 조사되었는데 이는 전문가(서비스제공자) 입장에서 스마트하우징 주거서비스 평가지표 구성 요소 기술들 중에서 안전에 대한 평가가 높은 영향을 미친다고 판단하는 것으로 해석할 수 있다.

Table 16. Example of calculating the ‘Importance’

Elements of Comparison	A	B
A	1	0.33
B	0.20	1

↓

Elements of Comparison	A	B	Geometric Mean	Importance
A		$\sqrt[4]{0.20 \times 1.00}$	0.67	0.47
B	$\sqrt[4]{1.00 \times 0.33}$		0.76	0.53
Total			1.43	1.00

Table 17. Relative importance and ranking of assessment categories (Level 1)

Assessment Category (Level 1)	Importance	Ranking
Strategy	0.11566	6
Platform	0.09728	7
Security	0.16635	1
Convenience	0.13721	3
Wellness	0.14927	2
Energy	0.12599	4
Community	0.09140	8
O&M	0.11686	5

2) 평점: 평가 항목(중분류) 별 상대적 중요도와 순위

8가지 평가지표 대분류 요소기술을 구성하는 27가지 하위 평가 항목에 대한 요소들의 상대적 가중치 값 비교를 통한 상대적 중요도 순위는 다음과 같다.

- 가) 주거서비스 전략 및 운영계획(Strategy), 플랫폼(Platform)
 ‘주거서비스 전략 및 운영계획’ 분야를 구성하는 4가지 하위 평가항목들에 대한 중요도 설문 분석결과 ‘주거서비스 및 만족도 향상계획’, ‘주거서비스 특화전략 수요조사’, ‘운영전략수립’, ‘친환경 건축물 성능 달성계획’의 순으로 나타났다.
 다음 평가분야인 ‘플랫폼’ 분야를 구성하는 3가지 평가항목들의 중요도 우선순위는 ‘스마트기기/모바일 플랫폼’, ‘통합(단지/동) 스마트하우징 플랫폼’, ‘홈 네트워크 플랫폼’의 순으로 응답되었다 (Table 18.).

- 나) 주거안전서비스(Security), 주거편의서비스(Convenience), 주거건강서비스(Wellness)
 ‘주거안전서비스’ 분야를 구성하는 4가지 하위 평가항목들에 대한 중요도 설문 분석결과 ‘스마트화재안전’, ‘응급상황대비 및 감지’, ‘스마트방범안전’, ‘자연재해 대비 및 감지’의 순서대로 항목별

Table 18. Relative importance and ranking of assessment items (Level 2: Strategy, Platform)

	Assessment Item (Level 2)	Importance	Ranking
Strategy	Survey for specialized Residential Service Strategy	0.24960	2
	Operational Strategy	0.22392	3
	Service and Satisfaction Improvement Plan	0.30422	1
	Eco-Friendly Building Performance Achievement Plan	0.22225	4
Platform	Smart Device/Mobile (5G, Wifi) Platform	0.46754	1
	Home Network Platform	0.26295	3
	Integrated (Complex/Building) Smart Housing Platform	0.26951	2

Table 19. Relative importance and ranking of assessment items (Level 2: Security, Convenience, Wellness)

	Assessment Item (Level 2)	Importance	Ranking
Security	Smart Fire Safety	0.30672	1
	Smart Security Safety	0.23923	3
	Natural Disaster Prediction & Detection	0.18002	4
	Emergency Detection & Response	0.27404	2
Convenience	Smart Infill	0.33250	2
	Smart Window	0.35716	1
	IoT Wall Pad	0.31034	3
Wellness	AI-Controlled Air Comfort Solution	0.35345	1
	Smart Noise Care	0.18890	4
	Smart Cleaning & Hygiene	0.23838	2
	Health Monitoring & Disease Prevention	0.21927	3

Table 20. Relative importance and ranking of assessment items (Level 2: Energy, Community, O&M)

	Assessment Item (Level 2)	Importance	Ranking
Energy	AI-based BEMS & HVAC Control Services	0.38109	1
	Smart Building Envelope System	0.31802	2
	Optimal Control Management Service for Renewable Energy	0.30089	3
Comm	Smart Lifestyle Care Service	0.51882	1
	Smart Community Service	0.48118	2
O&M	Smart Safety Management of Public Facilities	0.23605	3
	Smart Life Convenience Support	0.25487	2
	Smart Cleaning, Hygiene & Disease Management of Public Facilities	0.22538	4
	Smart Building Maintenance (Leaking, Condensation)	0.28370	1

영향순위가 나타났다.

그리고 ‘주거편의서비스’ 분야를 구성하는 3가지 하위 평가항목들에 대한 중요도 분석에서는 ‘스마트윈도우’, ‘스마트 인필’, ‘IoT 월 패드’의 순으로 나타났다.

‘주거건강서비스’ 분야는 ‘토달쾌적 솔루션(AI-Controlled Air Comfort Solution)’, ‘스마트청소 및 위생’, ‘건강 모니터링 및 질병 예방’, ‘스마트 소음케어’ 순으로 4가지의 항목들의 중요요소 순위를 나타내었다(Table 19).

다) 에너지서비스(Energy), 공동체서비스(Community), 운영 및 유지관리(O&M)

‘에너지서비스’ 분야의 3가지 하위평가 항목들의 중요도 순위는 ‘AI를 이용한 BEMS 및 HVAC 제어서비스’, ‘스마트 외피시스템’, ‘신재생에너지 최적제어 관리서비스’의 순으로 조사되었다.

또한, ‘공동체서비스’ 평가분야는 ‘스마트 생활케어서비스’, ‘스

Assessment Category (Level1)	Relative Importance	Assessment Item (Level 2)	Relative Importance	Composite Importance	Ranking	Mean composite Importance of Level1	Ranking
Strategy	0.11566	Survey for specialized Residential Service Strategy	0.2496	0.028868736	20	0.028914711	8
		Operational Strategy	0.22392	0.025898587	25		
		Service and Satisfaction Improvement Plan	0.30422	0.035186085	15		
		Eco-Friendly Building Performance Achievement	0.22225	0.025705435	26		
Platform	0.09728	Smart Device/Mobile (5G, Wifi)	0.46754	0.045482291	8	0.032426667	6
		Home Network Platform	0.26295	0.025579776	27		
		Integrated (Complex/Building) Smart Housing Platform	0.26951	0.026217933	24		
Security	0.16635	Smart Fire Safety	0.30672	0.051022872	2	0.041587916	4
		Smart Security Safety	0.23923	0.039795911	12		
		Natural Disaster Prediction & Detection	0.18002	0.029946327	18		
		Emergency Detection & Response	0.27404	0.045586554	7		
Convenience	0.13721	Smart Infill	0.3325	0.045622325	6	0.045736667	1
		Smart Window	0.35716	0.049005924	3		
		IoT Wall Pad	0.31034	0.042581751	10		
Wellness	0.14927	AI-Controlled Air Comfort Solution	0.35345	0.052759482	1	0.0373175	5
		Smart Noise Care	0.1889	0.028197103	21		
		Smart Cleaning & Hygiene	0.23838	0.035582983	14		
		Health Monitoring & Disease Prevention	0.21927	0.032730433	17		
Energy	0.12599	AI-based BEMS & HVAC Control Services	0.38109	0.048013529	4	0.041996667	3
		Smart Building Envelope System	0.31802	0.04006734	11		
		Optimal Control Management Service for Renewable energy	0.30089	0.037909131	13		
Community	0.0914	Smart Lifestyle Care Service	0.51882	0.047420148	5	0.0457	2
		Smart Community Service	0.48118	0.043979852	9		
Operation & Management (O&M)	0.11686	Smart Safety Management of Public Facilities	0.23605	0.027584803	22	0.029215	7
		Smart Life Convenience Support	0.25487	0.029784108	19		
		Smart Cleaning, Hygiene & Disease Management of Public Facilities	0.22538	0.026337907	23		
		Smart Building Maintenance (Leaking, Mold)	0.2837	0.033153182	16		

Fig. 3. Comparison of composite importance, mean composite importance and ranking

마트 커뮤니티서비스' 순으로 우선순위가 나타났다.

마지막 평가분야인 '운영 및 유지관리'를 구성하는 4가지 항목들은 '건물스마트 유지관리(누수, 결로)', '스마트생활 편의지원', '공용시설의 스마트 안전관리', '공용시설의 스마트 청소, 위생 및 질병관리' 순으로 건물의 유지관리가 이 평가분야에서 가장 중요한 요소로 조사되었다(Table 20.).

3) 종합점수: 종합중요도 및 전체 항목별 우선순위

평가지표 요소별 중요도 수치 결과를 하나로 통합한 종합가중치와 종합 중요도를 알아보기 위하여, 대분류와 중분류의 중요도 값을 곱하여 그 값을 Fig. 3.과 같이 산출하였다. 총 27가지 평가항목(Assessment Items) 요소들 중 토달 쾌적 솔루션(AI-Controlled Air Comfort Solution)이 5.28%, 스마트 화재안전(Smart Fire Safety)이 5.10%, 스마트윈도우가 4.90%로 우선순위 상위3요소를 차지했으며, 이는 전체 항목 중 전체 15.28%를 차지했다. 반면에 홈 네트워크 플랫폼이 2.56%, 친환경건축물 성능 달성계획(Eco-Friendly Building Performance Achievement Plan)이 2.57%, 운영전략수립(Operational Strategy)이 2.59%로 하위 3요소를 차지하였으며, 이 항목들은 설문대상자들에게 다른 구성요소 항목들 보다 전문가들의 입장에서 상대적으로 덜 중요하다는 인식을 가지고 있는 것으로 판단된다.

더 나아가, 각 요소들의 종합가중치 값을 대분류 단위의 평가분야(Assessment Category)로 묶어 종합중요도의 평균값을 비교하여 순위를 도출 하였다. 그 결과는 'Convenience:주거편의서비스'가 4.573%, 'Community: 공동체'가 4.570%, 'Energy:에너지서비스'가 4.199%, 'Security:주거안전서비스'가 4.158%, 'Wellness:주거건강서비스'가 3.731%, 'Platform: 스마트하우징플랫폼'이 3.242%, 'O&M:공용시설 운영&유지관리'가 2.921%, 'Strategy:주거서비스 전략 및 운영계획'이 2.891%의 순으로 나타났다. 이는 스마트하우징 주거서비스 평가분야 항목들을 종합적으로 고려했을 때, '주거편의서비스'와 '공동체 서비스'의 요소기술들에 전문가들은 중요성에 인식을 두고 있는 것으로 볼 수 있다. 이는 앞서 도출된 상대적 중요도 결과와 다소 차이가 있는 결과이다.

4. 결론 및 제언

본 연구는 스마트하우징 주거서비스의 성능 평가지표 개발을 위하여 선행연구들을 바탕으로 재구성된 8가지 분야와 이에 속한 27개의 세분화된 하위 항목으로 계층적 분석 모델을 설정했다. 이 모델은 AHP 방법에 의한 전문가 설문조사를 통하여 각 항목과 세부 요소기술에 대한 중요도 및 우선순위를 알 수 있다. 최종 결과인 종합 가중치를 통한 중요도 분석결과 평가분야에서 '주거편의서비스'와 '공동체 서비스'가 높은 중요도 순으로 나타났고, 중분류의 평가 항목에서는 토달 쾌적솔루션 (AI-Controlled Air Comfort Solution)이 가장 중요한 요소기술로 전문가들은 응답한 반면, '홈 네트워크 플랫폼' 요소기술의 영향력이 해당 평가 지표에서 가장 떨어지는 항목으로 응답되었다. 해당 연구는 향후 스마트하우징 평가시스템 수립의 기초자료 및 기본 지침으로서 활용될 수 있을 것

으로 판단된다. 더 나아가, 스마트 하우징 주거서비스의 성능 향상과 유지관리분야에 필요한 방향을 다양하게 모색하는데도 활용될 수 있을 것으로 기대 된다.

AHP분석 기법을 통한 전문가의 중요도 의견 분석은 쌍대비교방식을 사용함으로써 기존의 리커트 5점 척도 방식보다 객관적인 지표개발에 적합하다. 다만, 쌍대비교 설문지 결과의 논리적 일관성 확보를 위한 일관성 지수(CR) 값이 0.2이상인 응답자들은 제외하였는데, 이는 약 48%의 설문자들에 해당되는 높은 수치이다. 이렇게 유효 응답률이 저조한 이유는 대분류의 항목에 관련된 쌍대비교 질문이 28개 인 반면, 중분류에 관련된 질문이 항목에 따라 최소 1개부터 최대 6개인 점을 고려할 때, 많은 설문자들이 대분류항목 비교 질문에서 어려워하였다고 추가적인 피드백을 통해서 알 수 있었다. 실효성 있는 결과를 위한 추가적인 설문조사에서는 대분류항목의 통합, 항목설명의 예시첨부 또는 항목별 소개발표 후 실시하는 대면설문조사 등이 보완될 필요가 있어 보인다.

또한, 일반적으로 건축물 녹색 또는 제로에너지 인증제도와 같은 평가제도들은 건물의 기능적인 측면과 기술적인 측면에 중점을 둔 성능평가 방식이다. 스마트하우징 주거서비스 평가지표 또한 스마트 기술들의 시스템에 대한 성능 및 설치 유무 등에 중점을 두고 있다. 1번 평가항목인 Strategy(주거서비스 전략 및 운영계획)에서 사용자 삶의 질 측정과 만족에 대한 계획 및 실행에 대한 평가분야가 할당되어 있음에도 불구하고, 스마트서비스들이 거주자의 미치는 정확한 주거환경에 대한 질적 판단(신체적, 심리적, 사회적 등) 등의 추가적인 관련연구가 계속되어 향후 평가지표 개발에 반영되어야 할 것이다. 또한, 사용자(거주자)들의 평가지표 개발에 의견수렴을 거치는 과정과 리빙랩 등을 이용한 실증연구가 후속적으로 진행되어야 할 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호.22SHTD-C157018-03). This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (No. 22SHTD-C157018-03).

References

- [1] D. Marikyan, S. Papagiannidis, E. Alamanos, A systematic review of the smart home literature: A user perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 2019, pp.139-154, ISSN 0040-1625.
- [2] 안상민 외 4인, 전문가 설문조사를 통한 스마트하우징 주거서비스의 평가방법 방향성 설정에 관한 연구, *한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집*, 제22권 제1호, 2022.05, pp.98-99. // (S.M. An et al., A basic study of evaluation method for smart housing service through experts' survey, *Conference Journal of KIEAE*, 22(1), 2022.05, pp.98-99.)
- [3] 조현미, 황은경, 전문가 설문조사를 통한 주거서비스 활성화 방안 연구, *한국산학기술학회 논문지*, 제24권 제2호, 2023.02, p.132. // (H.M. Cho, E.K. Hwang, A study on housing service activation plan through expert survey, *Journal of the Korea Academia-Industrial*

- Cooperation Society, 24(2), 2023.02, p.132.)
- [4] 안상민 외 5인, 스마트하우징 주거서비스 평가방법 개발 방향, 한국건축환경설비학회 논문집, 제16권 제2호, 2022.04, pp.144-157. // (S.M. An et al., Trend analysis and development strategy for evaluation method of smart housing services, Conference Journal of KIAEBS, 16(2), 2022.04, pp.144-157.)
- [5] T. L. Saaty, The analytic hierarchy process (AHP) for decision making, Kobe, Japan, 1980, p.69.
- [6] J. Aczel, T. L. Saaty, Procedure for synthesizing ratio judgments, Journal of Mathematical Psychology, 27, 1983, pp.93-102.
- [7] 조성희, 강나나, 공동주택의 건강성능 평가지표 개발에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제22권 제1호, 2011.2, pp.43-55. // (S. H. Cho, N. N. Kang, A study on the evaluation indicators of healthy housing quality of multi-family housing, Journal of the Korean Housing Association, 22(1), 2011, pp.43-55.)
- [8] 이상춘, 최영준, 최을, AHP 방법을 이용한 노후학교 에너지절감을 위한 요소기술의 우선순위 결정, KIEAE Journal, 제11권 제6호, 2011.12, p.130. // (S.C. Lhee, Y.J. Choi, Y. Choi, Determining the priority of factors for reducing energy at deteriorated school buildings using AHP method, KIEAE Journal, 11(6), 2011.12, p.130.)
- [9] 송근원, 이영, AHP의 일관성 향상을 위한 척도 재구성, 경성대학교 사회과학연구, 제29권 제2호, 2013, p.277. // (K.W. Song, Y. Lee, Re-scaling for improving the consistency of the AHP method, Social Science Research Review Kyungsoong University, 29(2), 2013, p.277.)

- 1) AHP(Analytic Hierarchy Process)와 같이 두 대상을 직접 비교하여 측정하는 비교척도는 상대적인 의미로 해석되고, 이는 순위나 순서에 관련된 서열 척도가 될 수 있다. 반면에 리커트 척도(Likert Scale)와 같은 메트릭 척도는 연구대상에 대한 측정이 다른 연구대상의 측정결과와 관계없이 측정되는 것으로, 측정 값은 모두 상대적이 아닌 절대적 기준에 의해 차원을 형성하므로 단일 체계척도 방법이다. 따라서 비교척도 방식은 각 구성요소들의 비교 평가 결과 값이 종합적인 상대적인 평가 값을 나타내는데 사용 되어 본 연구와 같은 구성요소의 중요도 파악과 같은 서열척도에 더 적합하다고 볼 수 있다. (김호정 김종학, [알기 쉬운 연구방법론 18] 순서화 로짓모형(Ordered logit Model): 설문조사에 적용되는 척도의 종류, 국토연구원 저널기사(국토) 통권 310호, 200708, p.p. 96 // Ho-jung KIM, Jong-hak KIM, Easy-to-understand research methodology 18] Ordered logit model: A type of scale applied to surveys, Journal article of KRIHS(Kukto) Volume 310, 200708, p.p. 96 journal article)
- 2) (1)지능형 홈 네트워크 설비 설치 및 기술기준, (2)초고속 정보통신 건물인증 기준, (3)홈 네트워크 건물 인증기준, (4)주택성능등급, (5)지능형 건축물 인증 기준, (6)주거서비스 인증 운영기준으로 총 6개 제도를 분석