

AHP-AD-TOPSIS 기법을 활용한 해변 공공시설 디자인 연구

부산 지역 해수욕장을 중심으로

A Study on the Design of Public Facilities at Coastal Areas Using AHP-AD-TOPSIS Method

Focusing on the Beaches of Busan

주 저 자 : 정아신 (JING YAXIN)

국립부경대학교 마린융합디자인공학과 박사과정

공 동 저 자 : 강 원 (JIANG YUAN)

국립부경대학교 마린융합디자인공학과 박사과정

교 신 저 자 : 김 면 (KIM MYUN)

국립부경대학교 마린융합디자인공학과 교수
mkim@pknu.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2024.4.97>

접수일 2024. 11. 19. / 심사완료일 2024. 11. 29. / 게재확정일 2024. 12. 09. / 게재일 2024. 12. 30.

Abstract

With the development of the tourism industry, coastal areas have become one of the primary destinations for travelers. The design of public facilities in coastal areas is a decisive factor that draws significant attention from tourists. This study employs the AHP-AD-TOPSIS hybrid model to analyze and optimize the design of coastal public facilities. First, the Analytical Hierarchy Process (AHP) is used to establish an evaluation index system, determining the weights of various design elements to ensure the scientific rigor and objectivity of the analysis. Next, the Axiomatic Design (AD) method is applied to summarize and organize user needs, accurately reflecting the preferences of different user groups. The analysis revealed that for public facility design in Busan's beaches, the top six priorities are stable structures, multifunctional services, ease of maintenance, overall aesthetics, harmonious color schemes, and integration with nature. Based on these primary requirements, design proposals were formulated. Finally, the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was used to comprehensively rank the design proposals and select the optimal solution for coastal public facilities. The integration of the AHP-AD-TOPSIS model allows for iterative surveys to incorporate real user feedback, verifying the practicality and user satisfaction of the final design. This study provides theoretical support and practical reference for the design of coastal public facilities in the Busan region, addressing the needs of tourists while enhancing the attractiveness and sustainable development potential of coastal tourism, ultimately creating greater economic value.

Keyword

Coastal Public Facilities (해변 공공시설), AHP-AD-TOPSIS Model(AHP-AD-TOPSIS 모델), Design Optimization(디자인 최적화)

요약

관광산업의 발전에 따라 해안 지역은 사람들이 선호하는 주요 관광지 중 하나로 자리 잡고 있다. 해안 지역의 공공시설 디자인은 관광객들이 주목하는 결정적 요소 중 하나이다. 본 연구는 AHP-AD-TOPSIS 혼합 모델을 활용하여 해안 공공시설 디자인을 분석하고 최적화하는 데 목적을 두고 있다. 먼저, AHP(계층 분석법)를 통해 평가 지표 체계를 구축하고, 각 디자인 요소의 가중치를 산정하여 분석의 과학성과 객관성을 확보하였다. 이어서 AD(공리설계) 방법을 활용하여 사용자 요구를 정리 및 체계화함으로써 다양한 사용자 집단의 선호도를 정확히 반영하였다. 분석 결과, 부산 지역 해수욕장의 공공시설 디자인에서 상위 6개의 요구 사항은 안정적인 구조, 다기능 서비스, 유지관리 용이성, 전체적인 조형미, 색채 조화, 자연과의 융합으로 나타났다. 이러한 주요 요구 사항을 바탕으로 설계안을 도출한 후, TOPSIS(근사 최적해 배제법)를 적용하여 설계안을 종합적으로 평가하고 최적의 해안 공공시설 디자인을 선정하였다. AHP-AD-TOPSIS 모델의 결합 사용은 다 차례의 설문 조사를 통해 사용자들의 실질적 피드백을 반영하고, 최종 설계안의 실용성과 사용자 만족도를 검증할 수 있도록 한다. 본 연구는 부산 지역 해안 공공시설 디자인에 이론적 근거와 실천적 참고 가치를 제공하며, 관광객의 요구를 충족시키는 동시에 해안 관광의 매력과 지속 가능한 발전 가능성을 제고하여 더 많은 경제적 가치를 창출하는 데 기여할 것이다.

목차

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

1-2. 연구 범위 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 해변 공공시설 디자인 개요
- 2-2. AHP-AD-TOPSIS 기반의 연구 방법 구축
- 2-3. AHP-AD-TOPSIS 기반의 연구 방법 흐름

3. AHP-AD 기반의 조사 결과 분석

- 3-1. KI 법을 활용한 디자인 요구 사항 분류
- 3-2. AHP를 활용한 영향 요소 가중치 분석

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

세계 경제 수준의 향상과 함께 사람들의 생활 질이 점차 개선되었고, 사람들의 해변 휴식 공간에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 해변 지역은 점차 사람들의 일상생활과 관광의 중요한 구성 요소가 되었다. 공공 시설은 공공디자인의 중요한 구성 요소로, 사용자 중심의 공공서비스를 제공하는 데 중요한 역할을 한다.¹⁾ 이러한 시설은 시민과 관광객의 휴식 요구를 충족시킬 뿐만 아니라, 지역 경제를 촉진하고 도시 이미지를 향상하는 데 중요한 역할을 한다. 해변 환경의 특수성으로 인해 해변 휴식 공공시설의 디자인에는 더 높은 요구가 제기된다. 디자이너는 이러한 공공시설의 기능성뿐만 아니라, 안전성, 미관상, 그리고 주변 환경과의 조화성도 충분히 고려해야 한다. 그러나 현재 많은 해변 공공시설의 디자인은 다양한 관광객의 요구를 완전히 반영하지 못하고 있어, 많은 해변 공공시설의 이용률이 낮고 이상적인 서비스 효과를 달성하기 어렵다. 이러한 배경에서, 해변 공공시설의 최적화된 디자인을 과학적이고 합리적으로 진행하여 다양한 관광객의 요구를 충족시키고, 관광객의 지역 애착 감을 증대시키는 것이 본 연구의 핵심이 되었다. 따라서, 다기준 의사결정 방법을 사용하여 포괄적인 평가 체계를 구축하고, 해변 휴식 공공시설의 각 디자인 요소를 정량적으로 분석하는 것은 사용자 중심의 휴식 공공시설 디자인에 중요한 의미를 가진다.

본 연구는 AHP(계층 분석법), AD(공리 디자인), TOPSIS(근사 최적해 배제법)를 기반으로, 해변 공공시설

1) 손동주. "공공디자인에서 스마트 공공시설물의 발전 가능성에 관한 연구 -스마트 도시의 공공시설물 사례를 중심으로 -", 서비스 연구, 2023, Vol.13, no.04. pp.97-112.

- 3-3. AD 이론을 기반으로 한 해변 공공시설 디자인 매핑

4. 설계 제안

- 4-1. 부산 지역 해변 공공시설 설계 제안
- 4-2. TOPSIS 기반의 설계 제안 의사 결정

5. 결론

참고문헌

디자인을 위한 과학적이고 합리적인 평가 모델을 구축하고, 이를 통해 양적인 의사결정 지원을 제공하는 것을 목표로 한다. 연구 결과는 해변 공공시설의 사용 효율성을 향상하는데 기여할 뿐만 아니라, 다른 유사한 휴식 공간 시설 디자인에 대한 이론적 지원과 디자인 방법을 제시하는 참고 자료로 활용될 것이다.

1-2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 해변 공공시설 디자인을 주요 대상으로 하며, 한국의 대표적인 해변 도시인 부산을 연구 대상으로 선정하였다. 연구는 가족 중심의 관광객, 젊은 관광객, 운동 애호가 등 다양한 관광객 그룹을 대상으로 하여, 이들이 공공시설 사용에 대한 요구와 선호를 이해하는 것을 목표로 한다. 연구의 주요 내용은 이러한 대상 그룹이 해변 공공시설의 기능적 요구와 미관상에 대한 요구 등을 포함한 다양한 요구사항을 다룬다.

연구 방법은 주로 설문조사, 현장 조사 및 이론 연구를 포함한다. 먼저, 계층 분석법(AHP)을 사용하여 영향 요소의 계층 구조 모델을 구축하고, 전문가 의견과 설문 조사를 통해 각 요소의 가중치를 결정한다. 이후 공리 디자인(AD) 원칙을 결합하여 시설 배치를 최적화하고, 마지막으로 근사 최적해 근사 최적해 배제법(TOPSIS)을 사용하여 다양한 디자인 제안을 종합적으로 평가하여 최적의 디자인 제안을 선택한다. AHP-AD-TOPSIS 방법은 AHP의 가중치 배분 능력, AD의 기능 최적화 특성, 그리고 TOPSIS의 우열 순위 평가 장점을 결합한 방법이다. 해안 공공시설 디자인에서 이 세 가지 방법의 결합은 가중치를 명확히 하고, 디자인 논리를 최적화하며, 과학적인 평가를 통해 기능성과 사용자 만족도를 종합적으로 향상할 수 있다. 기존의 전통적인 연구 방법에 비

해 AHP-AD-TOPSIS 방법은 여러 차례의 설문 조사를 통해 사용자들의 실질적인 피드백을 밀접하게 반영하고, 최종 설계안의 실용성과 사용자 만족도를 검증할 수 있는 장점이 있다. 연구에는 부산 지역 해수욕장의 현장 조사가 포함되며, 기존의 휴식 공공시설에 대한 관광객의 피드백을 수집하고, 설문조사와 인터뷰를 통해 관광객의 요구를 파악한다. 이러한 연구 범위와 방법을 통해 본 연구는 해변 공공시설 디자인에 대한 이론적 근거와 실용적 참고 자료를 제공하고, 기능성과 사용자 경험을 향상해 해변 관광의 발전을 촉진하는 것을 목표로 한다.

2. 이론적 배경

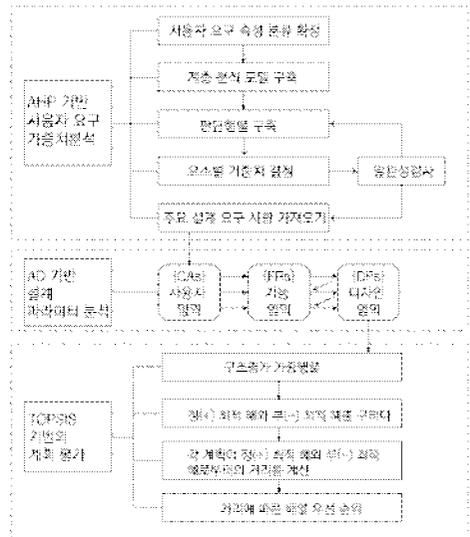
2-1. 해변 공공시설 디자인 개요

공공시설 디자인은 도시 환경과 사람 간의 상호작용을 위한 매개체로, 이 복잡한 도시 유기체 내에서 공공시설 디자인을 단순히 사용 기능과 미학적인 관점에서 연구하는 것은 불완전하다. 공공시설은 사람의 사용 요구를 충족시키는 것뿐만 아니라, 공공 공간의 구성과 지원을 나타내며, 공공 공간의 시스템적인 완성도와 도시 구성 요소의 전체성을 고려한 사고를 반영한다.²⁾ 해변 공간은 도시의 특별한 영역으로, 지리적, 자연적, 형태적으로 중요한 위치를 차지한다. 해변 공간은 한때 해상 교통의 중요한 장소였으나, 다양한 교통수단의 등장으로 그 활력을 잃었고, 현재는 점차 특별한 경관으로 되고 있다.³⁾ 해변 지역은 그 친수성 덕분에 점차 사람들이 휴식하는 장소로 되고 있으며, 도시의 유명한 곳으로 자리 잡고 있다. 해변 공공시설 디자인은 관광객의 경험 향상, 문화 전파, 지역 경제 발전 등 여러 측면에서 중요한 역할을 한다. 완벽한 디자인은 관광객의 편안함과 안전감을 증대시키고, 시설이 자연 경관과 조화를 이루며, 해변 공간의 매력과 지속 가능성을 높일 수 있다.

해변 공공시설 디자인은 여러 측면을 포함하여, 관광객들이 해변에서 활동할 때 안전하고 편리하며 환경 친화적이고 미적 요소가 조화된 환경을 제공하고, 동시에 지역의 독특한 자연 경관과 문화적 분위기를 경험할 수 있도록 해야 한다. 해변 공공시설 디자인은 안전성, 기능성, 환경친화성, 시각적 요소 등을 고려해야 하며, 디

자인은 방풍 및 미끄럼 방지 기능을 갖추고, 조명 및 응급 장비 등의 시설도 포함해야 한다. 또한, 지속 가능성을 고려하여 설계해야 하며, 설계 시에는 해변의 특성을 반영하여 시설과 환경이 조화롭게 공존할 수 있도록 해야 한다.

2-2. AHP-AD-TOPSIS 기반의 연구 방법 구축



[그림 1] 모델 프레임워크 설계

본 연구는 AHP, AD, TOPSIS 세 가지 모델을 기반으로 해변 공공시설 디자인을 연구한다. 계층 분석법(AHP)은 주로 요구 사항 지표의 중요도를 계산하는 데 사용되며, AHP 방법을 이용하여 KI 방법으로 요구 사항을 분류한 후 각 요구 사항의 가중치를 결정한다. 그러나 AHP는 해변 공공시설 디자인에서 사용자의 요구 사항을 어떻게 실현할지에 대한 명확한 원칙과 설계 기준을 제시하지 않는다. AD 이론은 제품 개발에서 사용자의 요구 사항을 빠르고 효율적으로 해당 설계 매개변수로 변환할 수 있다.⁴⁾ TOPSIS 방법은 일반적인 다기준 의사결정 방법으로, 주로 설계 제인의 종합 평가에서 여러 목표 분석 문제를 해결하는 데 사용되며, 의사결정자의 주관적 영향을 효과적으로 배제하고 객관성과 신뢰성을 제공한다.⁵⁾ 그러나 TOPSIS는 각 평가 지표의 가중

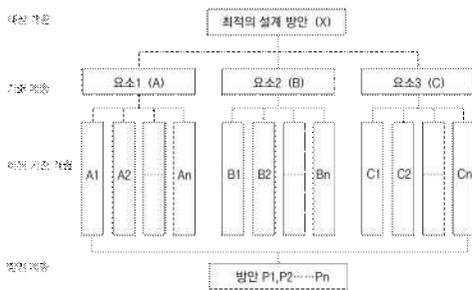
2)李文嘉,任梅,孔晓燕.城市风貌视域下的公共设施设计构建研究.包装工程,2013,Vol.34,no.2.pp.57-60+95.

3) 이수혜. "SD 기법을 통한 해안지역 인터랙션을 활용한 공공 공간 디자인 분석", 아시아태평양 융합 연구 교류 논문지, 2023, Vol.9, no.7. pp.413-424.

4) Shirwaiker R A, Okudan G E. Triz and axiomatic design: a review of case-studies and a proposed synergistic use. Journal of Intelligent Manufacturing, 2008, Vol.19, no.3. pp.33-47.

치를 결정할 수 없으며, 먼저 평가 지표의 가중치를 계산해야 한다. 따라서 TOPSIS 방법과 AHP 방법을 결합하여 설계 제안의 평가 지표, 장단점을 고려하여 빠르고 효율적으로 결정할 수 있게 한다. 이러한 이유로, AHP, AD, TOPSIS 세 가지 방법을 상호 결합하고 통합하여 개발 모델을 구축함으로써, 사용자 요구 속성 구분이 명확하고, 요구 사항 가중치 계산이 정확하며, 설계 제안의 의사결정이 과학적이고 설계 프로세스가 합리적이라는 장점을 가진다. 이 연구에서 구축한 AHP-AD-TOPSIS 통합 디자인 모델 프레임워크는 [그림 1]과 같다.

2-3. AHP-AD-TOPSIS 기반의 연구 방법 흐름



[그림 2] AHP 연구방법 흐름

사용자 요구에 기반한 해변 공공시설 디자인 방법 통합 적용에서, 계층 분석법(AHP)는 불확실한 상황이나 여러 평가 기준이 필요한 경우에 유용한 의사결정 방법으로, 주관적 판단과 시스템적 방법을 결합하여 문제를 분석하고 해결하는 의사결정 방법이다.⁵⁾ AHP는 주로 평가 지표의 가중치 결정을 위해 사용되며, 객관적이고 과학적이며 간단하고 실용적인 장점을 가지고 있다.⁷⁾ AHP는 질적 및 결정과 관련된 요소를 통해 지배 관계에 따라 계층 모델을 구성하고, 목표 계층을 기준 계층, 하위 기준 계층 및 제안 계층으로 확장한다.⁸⁾ [그림 2]

5) 吴扬东, 张太华, 刘丹. 复杂产品设计方案的数据驱动多属性优化决策. 中国机械工程, 2020, Vol.31, no.7. pp.865-870.

6) 이명아, 이연숙. "AHP를 활용한 공동체주택 지속가능성 평가요소의 상대적 중요도 분석", 한국 실내디자인학회 논문집, 2024, Vol.33, no.4. pp.22-29.

7) 王敏, 尹崇鑫, 程金兰. 层次分析-模糊综合评价法在制浆造纸水污染控制技术评估中的应用. 林业工程学报, 2021, Vol.6, no.4. pp.107-113.

8) Analytic Hierarchy Process—Models, Methods, Concepts, and Applications: Models, Methods,

와 같이, 적합한 판단 행렬을 설정하고 기하 평균법을 도입하여 각 요구 사항의 가중치 값을 계산한다. 이를 통해 사용자 요구 가중치 순위를 도출하고, 해변 공공시설 디자인에서 먼저 충족해야 할 사용자 요구 사항을 확인하여 이후 디자인 개발 방향을 명확히 한다.

AD 이론을 통해 해변 공공시설의 기능 영역과 설계 영역 간의 “Z” 자형 대응을 수행한다.⁹⁾ [그림 3]과 같다. 본 연구에서는 AD 이론을 활용하여 사용자 요구와 해변 공공시설 설계의 특성을 종합적으로 분석하였으며, 해변 공공시설 설계의 주요 사용자 요구(CAs)를 대응하는 기능 요구(FRs)로 변환하였다. 이후, AD 이론의 독립성 공리 원칙을 통해 기능 영역의 FRs를 설계 영역의 설계 매개변수(DPs)로 대응하였다. [그림 3]과 같다.



[그림 3] AD 연구방법 흐름

TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) 기법은 최적해에 대한 접근을 통해 디자인 제안을 신속하고 효과적으로 종합 분석하고 평가할 수 있다.¹⁰⁾ TOPSIS 기법의 핵심 원리는 데이터 정규화 행렬을 통해 평가 대상과 긍정적, 부정적 이상해 간의 거리를 산출하는 것이다. 평가 대상이 긍정적 이상해야 가장 가까우면서 동시에 부정적이 상해와 가장 멀리 위치할수록 최적 제안으로 평가되며, 반대로 가장 열악한 제안이 된다.¹¹⁾ 본 연구에서는 AHP-AD로 도출된 사용자 요구를 디자인 제안의 평가 지표로 삼았으며, 관련 전문가와 관광객에게 각 제안의 지표에 대한 점수를 평가하도록 하였다. 평가는 각 디

Concepts, and Applications. BoD—Books on Demand, 2023.

9) Cai C L, Xiao R B, Yang P. The method for analysing and disposing of functional interaction in axiomatic design. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2010, Vol.224, no.2. pp.401-409.

10) 仓诗建, 于茗珠, 钱梦梦. KANO-AHP-TOPSIS混合模型在泥人张包装设计中的应用研究. 包装工程, 2022, Vol.43, no.18. pp.169-177.

11) 彭定洪, 卞志洋. 面向产品设计方案之犹豫模糊Kansei-TOPSIS评价方法. 系统科学与数学, 2021, Vol.41, no.6. pp.1630-1647.

인이 해당 지표 요구를 충족하는 정도를 기반으로 5점 Likert 척도를 사용하였으며, 다음의 절차에 따라 제안의 우열을 결정하였다.

1) TOPSIS 평가 행렬을 구성할 때, 평가 행렬의 각 열 C_1, C_2, \dots, C_n 과 C_1, C_2, \dots, C_n 은 n 개의 디자인 제안을 나타내며, 각 행 X_1, X_2, \dots, X_m 과 X_1, X_2, \dots, X_m 은 m 개의 평가 지표를 나타냅니다. 사용자들은 각 디자인 제안에 대해 평가 지표를 기준으로 평가를 수행한다.

2) 가중 표준화 행렬을 설정한다.

3) 각 평가 지표의 목표 가중치에 따라 가중 표준화 행렬을 계산한다.

4) 정이 상해와 부정이 상해를 구한다.

5) 유클리드 거리(Euclidean distance)를 통해 각 대안이 이 상해와의 거리를 계산하고, 각 대안이 정이 상해와 부정이 상해와의 거리를 계산한다.

6) 각 대안이 이상해와의 상대적인 근접도를 계산한다.

최종적으로 상대 근접도 값의 크기를 통해 평가 대안의 우선순위를 판단한다. 값이 클수록 대안의 우선순위가 높다는 것을 반영한다.

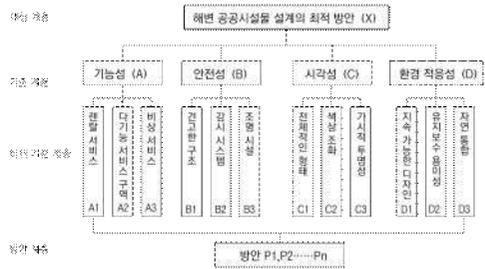
3. AHP-AD 기반의 조사 결과 분석

3-1. KJ 법을 활용한 디자인 요구 사항 분류

KJ 법은 카드 법(KJ method)이라고도 하며, 디자이너가 사용자 조사에서 수집된 복잡하고 혼란스러운 사용자 요구 정보와 의견을 빠르게 정리하여 공통의 합의를 끌어낼 수 있도록 돕는다. 전문가와 팀원들은 카드에 기록된 요구 정보를 공동으로 협력하여 의사결정하고, 하향식으로 요구 정보를 분류하여 여러 주제로 집합시킨 후 각 주제를 전문적으로 명명하여 체계적이고 정리된 사용자 요구 목록을 구축한다.

본 연구의 디자인 목표는 관광객의 요구에 부합하는 해변 공공시설 설계를 진행하는 것이다. 이를 위해 실제적이고 유효한 요구 정보를 확보하기 위해 부산 지역의 세 개 주요 해수욕장(해운대 해수욕장, 광안리 해수욕장, 송정 해수욕장)을 조사했다. 주요 내용은 관광객들이 요구하는 해변 공공시설에 대한 정보였다. 많은 구술 표현 정보를 서면화하고 반복되는 요구 사항을 정리하여, 요구 사항 간의 상호 관계를 재정리하였다. 이는 [표 1]에

나타나 있다. AHP를 기반으로 영향 요소의 계층 구조 모델을 구축하고, 기능성, 안전성, 시각성, 환경 적응성을 네 개의 주요 지표(준칙 층)로 구분한다. 목 표층, 준칙 층, 그리고 하위 준칙 층은 최종적으로 해변 공공시설 설계를 위한 요구 사항 계층 구조 모델을 형성한다. 이 내용은 [그림 4]에 나타나 있다.



[그림 4] 해변 공공시설물 설계의 수요지표 계층구조 모형

[표 1] 수요구분정리

기능성(A)	안전성(B)	시각성(C)	환경 적응성(D)
(A1) 대여 서비스	(B1) 견고한 구조	(C1) 전체 형상	(D1) 지속 가능한 디자인
(A2) 다기능 서비스 구역	(B2) 감시 시스템	(C2) 색상 배합	(D2) 유지 관리 용이성
(A3) 응급 서비스	(B3) 조명 시설	(C3) 시각적 투명성	(D3) 자연스러운 통합

3-2. AHP를 활용한 영향 요소 가중치 분석

계산 결과의 정확성과 신뢰성을 더욱 보장하기 위해, 판단 행렬을 구축하고 관련 분야의 전문가 및 학자들을 초청하여 조사를 진행해야 한다. 본 연구에서는 총 20 명의 공공 디자인 전문 관련 전문가를 초청하였으며, 이들 중 6명은 공공 디자인 전문가, 8명은 관련 분야의 학자, 3명은 환경 디자이너, 3명은 제품 디자이너로 구성되었다. 먼저 1-9 등급의 평가 기준에 따라 각 계층의 요구 사항을 비교하고 해당 점수를 부여하였다. [표 2]와 같다. 이를 통해 각 계층 간의 가중치 분배를 결정하고, 다음으로 각 요구 사항의 점수를 계산하였다. 모든 다른 요구 사항에 대한 점수를 합산한 후 요구 사항의 수로 나누어 얻은 평균값을 가중치 계산의 기준으로 삼았다. 그 후, 판단 행렬을 사용하여 각 계층의 가중치 값을 구하고, 마지막으로 기하 평균 알고리즘을 활용하여 해변 공공시설 디자인에 대한 각 사용자 요구 사항의 최종 가중치 값을 계산하여, 각 요구 사항에 합리적인 가중치 분배가 이루어지도록 하였다. 최종 가중치 결과

는 [표 3]에서 [표 7]까지에 나타나 있다.

[표 2] 설문지 내용

(주: 숫자 척도의 의미)

- 1: 두 요소를 비교했을 때, 전자가 후자와 동등하게 중요함
- 3: 두 요소를 비교했을 때, 전자가 후자보다 약간 더 중요함
- 5: 두 요소를 비교했을 때, 전자가 후자보다 명확히 더 중요함
- 7: 두 요소를 비교했을 때, 전자가 후자보다 강하게 더 중요함
- 9: 두 요소를 비교했을 때, 전자가 후자보다 극도로 더 중요함
- 2, 4, 6, 8: 위의 인접한 판단 행렬의 중간값
- 역수: 두 요소를 비교했을 때, 후자의 전자에 대한 중요성 척도

부산 지역 해변 공공시설 디자인에서 다기능 서비스 구역과 응급 서비스의 중요도는 다음과 같다:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9

[표 3] 각 항목별 판단 행렬과 가중치

X	A	B	C	D	가중치
A	1	1/6	2	2	16.009%
B	6	1	6	5	62.554%
C	1/2	1/6	1	1/3	7.363%
D	1/2	1/5	3	1	14.073%

[표 4] 기능성 판단 행렬과 가중치

A	A1	A2	A3	가중치
A1	1	1/5	1/2	12.218%
A2	5	1	3	64.795%
A3	2	1/3	1	22.987%

[표 5] 안전성 판단 행렬과 가중치

B	B1	B2	B3	가중치
B1	1	4	5	68.064%
B2	1/4	1	2	20.141%
B3	1/5	1/2	1	11.795%

[표 6] 시각성 판단 행렬과 가중치

C	C1	C2	C3	가중치
C1	1	2	3	53.896%
C2	1/2	1	2	29.726%
C3	1/3	1/2	1	16.378%

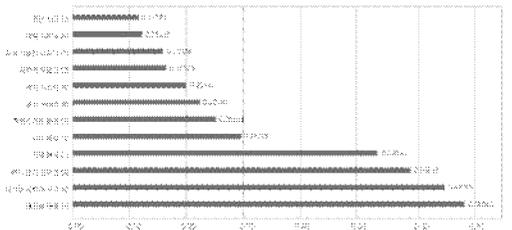
[표 7] 환경 적응성 판단 행렬과 가중치

D	D1	D2	D3	가중치
D1	1	1/3	1/2	15.926%
D2	3	1	3	58.889%
D3	2	1/3	1	25.185%

[표 8] 일관성 검사

	X	A	B	C	D
λ_{max}	4.21	3.004	3.025	3.009	3.054
CI	0.07	0.002	0.012	0.005	0.027
RI	0.882	0.525	0.525	0.525	0.525
CR	0.079	0.004	0.023	0.009	0.051

판단 행렬을 작성할 때, 테스트 참여자의 논리가 정확하지 확인하기 위해 일관성 검사를 진행하여 계산 결과의 정확성을 확인해야 한다. CR 값이 0.1 이하일 경우 일관성 검사를 통과하며, CR 값이 0.1을 초과하면 일관성 검사를 통과하지 못한 것으로 판단되며, 이는 판단 행렬에 오류가 있음을 의미한다. 따라서 일관성 검사를 통과하지 못한 경우, 이전 데이터를 조정된 후 다시 계산을 진행하여 테스트 결과의 정확성을 보장해야 한다. 이는 [표 8]과 같다.



[그림 5] 종합 가중치 순위

계층별 가중치 결과에 따라, 기준 계층의 가중치 순위는 안전성(B) > 기능성(A) > 환경 적응성(D) > 시각성(C)이다. 각 하위 기준 계층의 사용자 요구 종합 가중치를 직관적으로 나타내기 위해 해당 계산을 통해 도출된 종합 가중치 순위 도표는 [그림 5]와 같다. 설계 과정에서 기준 계층 아래의 각 설계 속성의 순위가 높은 요구를 충족하는 것 외에도 목표 종합 가중치 요구 사항을 중점적으로 고려해야 한다. 그중 견고한 구조, 다기능 서비스, 유지 관리 용이성 및 전체적인 형상은 중요도가 상대적으로 높은 편이므로 설계안에서 중요한 고려 사항이 되어야 한다.

3-3. 감성평가 설문조사

AD는 매사추세츠 공과대학교(MIT)의 남표 서(Nam Pyo Suh) 교수가 제안한 설계 이론으로, 주요 이론에는 영역(domain), 계층(hierarchy), 영역 간의 'Z' shaped 대응, 독립성 공리 및 정보 공리가 포함된다.¹²⁾ 이 이론은 주로 고차원의 설계 요구를 구체적이고 저차원의 실현 세부 사항으로 변환하는 방법에 중점을 두며, 사용자 요구 주도형 설계 과정에서 공리적 설계 방법은 효과적인 도구로 작용한다. 이 방법은 판단 행렬을 활용하여 설계안을 표현하고 비교하며, 독립성 공리를 통해 각 매개변수를 평가하여 최적 해를 도출하고, 정보 공리를 통해 다양한 설계안의 성능을 정확하게 평가할 수 있다. 설계안을 비교하고 조정함으로써 사용자 요구를 충족하는 동시에 설계 매개변수의 최적 조합을 최대한 실현하여 설계 문제를 해결하고자 한다. 이에 따라 부산 지역의 해변 공공시설 설계 과정에서 계층 분석법(AHP)을 기반으로 해변 공공시설 설계 요구 사항을 도출하였으며, 순위가 높은 사용자 요구를 AD 이론의 원칙에 따라 기능 요구(FR)로 전환하고, 해변 공공시설의 설계 요구를 [표 9]와 같이 합리적으로 설명하였다.

[표 9] 수요 기능전환

사용자 요구 사항 CA	기능 요구 사항 FR
견고한 구조 CA1	- 강풍 날씨에서도 시설의 안정성을 확보하는 설계. FR1 - 다기능 모듈형 설계. FR2 - 일상적인 청소와 관리가 용이한 설계. FR3 - 창의적이면서 주변 환경과 조화를 이루는 설계. FR4 - 해변 환경과 조화를 이루는 색상 배치. FR5 - 자연 경관과 융합되어 시각적 방해 최소화하는 설계. FR6
다기능 서비스 구역 CA2	
유지 관리 용이성 CA3	
전체 형상 CA4	
색상 배합 CA5	
자연스러운 통합 CA6	

위의 기능 요구 사항(FR)을 기반으로 관련 분야 전문가 및 학자 10명을 초청하여 설계에 대한 의견을 수렴하였으며, 해변 공공시설 설계의 실현 과정에서 요구되는 구체적인 사항을 함께 고려하였다. 또한, 정보 공리 등의 원칙을 적용하여 해변 공공시설의 기능 요구 사항을 심도 있게 분석하고, 각 기능 요구를 충족하기 위한 설계 매개변수를 도출하였다. [표 10]과 같다.

[표 10] 설계 요소 변환

기능 요구 사항 FR	디자인 파라미터 DP
- 강풍 날씨에서도 시설의 안정성을 확보하는 설계. FR1	- 시설이 견고하게 지면에 고정되도록 설치하고, 고정된 기초 앵커링 시스템과 함께 통풍구가 있는 구조를 채택하여 풍력 영향을 줄임. DP1
- 다기능 모듈형 설계. FR2	- 벤치, 파라솔, 충전소 등을 통합하여 다기능 시설로 구성하여 관광객이 편리하게 사용할 수 있도록 설계. DP2
- 일상적인 청소와 관리가 용이한 설계. FR3	- 시설 일부를 모듈화하고, 재질은 스테인리스 또는 방오 코팅 소재를 사용. DP3
- 창의적이면서 주변 환경과 조화를 이루는 설계. FR4	- 지역 특색에 맞는 디자인 요소를 적용하여 주변 환경과 일치하는 분위기를 조성. DP4
- 해변 환경과 조화를 이루는 색상 배치. FR5	- 해변, 모래, 바다, 하늘과 조화를 이루는 색상을 사용하고, 시각적으로 기능 구역을 구분하기 위해 색상 코딩을 적용. DP5
- 자연 경관과 융합되어 시각적 방해 최소화하는 설계. FR6	- 시야를 방해하지 않도록 높은 시설 대신 낮은 구조물을 사용. DP6

[표 11] 설계 파라미터 매핑 행렬

FR1	=	b11	b12	...	b1n	*	DP1
FR2		b21	b22	...	b2n		DP2
M		M	M	bij	M		M
FRn		bn1	bn2	...	bnn		DPn

[표 12] 해변 공공시설물의 설계 파라미터 매핑 행렬

FR1	=	X	O	O	O	O	DP1
FR2		O	X	O	O	O	DP2
FR3		O	O	X	O	O	* DP3
FR4		O	O	O	X	O	DP4
FR5		O	O	O	O	X	DP5
FR6		O	O	O	O	X	DP6

AD 이론의 독립성 공리 원칙에 따라 해변 공공시설의 요구 사항과 설계 매개변수를 영역 간 매핑하여 그 관계를 표현하면 다음과 같다. $\{FRs\}=B\{DPs\}$, 이 중 B는 해변 공공시설 설계 행렬을 나타내며, FRs는 설계 기능 요구 집합을, DPs는 설계 매개변수 집합을 의미한다. $\{FRs\}=\{FR1, FR2, \dots, FRm\}$ 과 $\{DPs\}=\{DP1, DP2, \dots, DPn\}$, 구체적으로는 다음과 같이 설명할 수 있다. [표 11]에 나타난 바와 같이, b_{ij} 는 해변 공공시설의 기능 요구

12) 谢文婷, 徐聪. 基于KJ-AHP-VIKOR集成法的老年智能厨电产品的设计研究. 包装工程, 2024, Vol.1411, no.2, pp.1-14.

FRs와 설계 매개변수 DPs 간의 연관 정도를 나타낸다. 위의 해변 공공시설 기능 요구 FR과 설계 매개변수 DP를 공식에 대입하여 계산을 수행하면, 다음과 같은 행렬을 얻을 수 있다. [표 12]에 나타난 바와 같다. 행렬 내에서 "X"는 기능 요구와 설계 요구 간의 관계가 존재함을 의미하고, "O"는 이들 간에 약한 상관관계가 있거나 상관관계가 없음을 나타낸다. 만약 행렬이 주대각선이 비어 있거나 삼각 행렬이라면, 이는 독립성 공리를 충족한다는 것을 의미한다. 반면, 행렬이 일반 행렬이고 비대각에선 요소가 0가 아닌 경우, 설계 매개변수 간에 상호 모순이 존재함을 나타내며, 이는 독립성 공리에 반하는 것이므로 이를 해결하기 위한 해체 행렬을 설계할 필요가 있다. 위 행렬의 유형을 보면, 각 설계 요소는 독립적이며 상호 영향을 미치지 않음을 알 수 있으며, 이는 대각 행렬에 해당한다. 이는 AD 이론에서의 독립성 공리를 충족하므로, 설계 매개변수는 유효하며, 해변 공공시설 설계는 실현 가능성을 충족한다고 할 수 있다.

4. 설계 제안

4-1. 부산 지역 해변 공공시설 설계 제안

가중치 분석 결과와 공리설계 매개변수 대응을 기반으로, 해변 공공시설 설계 개발에서 관광객의 기본적인 요구를 충족시키는 동시에 시설 구조의 안정성, 유지 관리의 용이성, 창의적인 형태 디자인 등을 고려해야 함을 알 수 있다. AD 이론 설계 매개변수 대응을 결합하여, 부산 지역 해변 공공시설에 대한 개념 설계를 진행한다.

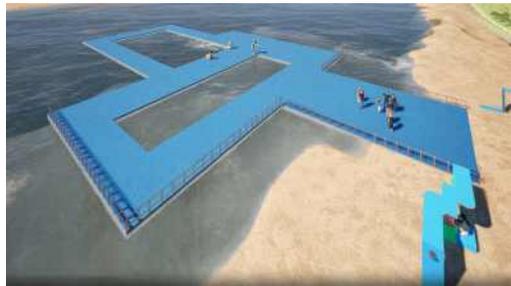
제안 1은 [그림 6]에 나타난 바와 같이, 관광객을 위한 해변 다기능 공공시설이다. 시설의 구조 설계는 안정성을 고려하여 설계되었으며, 좁은 면적의 입면을 채택하여 해변의 강한 바람과 같은 극단적인 환경에서도 시설의 안정성을 최대한 유지할 수 있도록 했다. 또한, 좌석, 샤워 시설 등 다기능 설계를 적용하였으며, 일상적인 관리와 청소를 쉽게 하기 위해 시설의 모듈화 설계와 표면의 주택 코팅을 실시했다. 외관 디자인 측면에서는 바다, 하늘, 식물의 색상과 유사한 색상 디자인을 선택하여 주변 환경과 조화를 이루며, 시설의 높이는 비교적 낮아 사람들의 경관을 방해하지 않도록 설계되었고, 시각적 방해를 효과적으로 줄일 수 있다.

제안 2는 [그림 7]에 나타난 바와 같이, 다기능 친수 플랫폼 설계이다. 시설은 넓은 면적이 지면과 접촉하여 지면에 단단히 고정될 수 있도록 설계되었으며, 큰 입면을 사용하지 않고, 튜브 형태의 난간을 채택하여 바람의

영향을 효과적으로 줄일 수 있다. 친수 플랫폼은 다기능 설계를 적용하여, 다이빙, 물놀이, 관경 등 다양한 활동을 할 수 있도록 했다. 시설 구조는 탈부착할 수 있는 모듈화 설계를 채택하여 일상적인 유지보수와 청소가 편리하며, 시설의 형태와 색상은 주변 자연환경과 조화를 이루어, 전체적으로 조화로운 분위기를 창출한다.



[그림 6] 해변 다중이용시설



[그림 7] 다기능 친수 플랫폼



[그림 8] 다기능 관람 플랫폼

제안 3, [그림 8]에 나타난 바와 같이, 해변에 위치한 다기능 관람 플랫폼 디자인이다. 낮은 높이의 시설과 넓은 면적이 접지된 디자인은 시설이 지면에 안정적으로 고정될 수 있도록 하며, 좌석, 파라솔, 응급 장비를 갖추어 방문객들이 쉽게 사용할 수 있고 비상 상황에 대처할 수 있도록 한다. 좌석, 무대, 파라솔은 주변 환경과 조화를 이루는 색상과 재료로 디자인되어, 일관된 분위기를 유지한다. 시설은 높은 외관을 설계하지 않아 사람들이

시아를 차단하지 않으며, 관람 욕구를 충분히 충족시킬 수 있다.

4-2. TOPSIS 기반의 설계 제안 의사 결정

본 연구는 제안의 우선순위를 과학적으로 결정하고, 의사 결정자의 인식에 따른 주관성을 배제하여 제안의 최적 선택 객관성을 보장하기 위해 AD 이론의 6가지 요구 요소를 TOPSIS 의사결정에서의 제안 평가 지표로 사용하였다. 이 6가지 지표는 모두 긍정적인 지표로 설정되었다. 이후 12명의 공공 디자인 관련 전문가와 학자가 위의 세 가지 설계 제안에 대해 6가지 평가 지표를 평가하였다. 평가는 Likert 5점 척도를 사용하여 이루어졌으며, 1~5는 각각 매우 나쁨, 나쁨, 보통, 좋음, 매우 좋음을 나타낸다. 평가 결과는 평균값으로 처리한 후 초기 평가 행렬 F를 도출하였으며, 이는 [표 13]과 같이 제시된다.

[표 13] 초기 평가 행렬

평가지표	제안 1	제안 2	제안 3
F-B1	3.1	3.6	3.6
F-A2	3.6	3.0	3.4
F-D2	3.2	3.4	3.3
F-C1	3.3	3.4	3.0
F-C2	3.8	3.8	3.8
F-D3	3.5	3.8	3.6

[표 14] 유클리드 거리 및 상대 근접도

평가 대상	정이상해 거리 D+	부경이상해 거리 D-	상대 근접도	순위 결과
제안 1	0.162	0.233	0.589	2
제안 2	0.226	0.178	0.440	3
제안 3	0.107	0.220	0.672	1

TOPSIS 방법에 따른 평가 지표 계산 프로그램을 통해 각 제안의 경 이상해(positive ideal solution) 및 부경이상해(negative ideal solution)와 상대 근접도를 도출한 결과는 [표 14]와 같다. 이 중 제안 3의 Ci 값이 가장 크므로 제안 3이 최적 제안으로 선정되었다. 해변 다기능 전시 플랫폼의 구조는 견고하며, 해변 지역은 강한 바람과 극단적인 날씨가 발생하기 쉬우므로 시설이 지면에 견고하게 고정되어 안전을 보장할 수 있도록 해야 한다. 또한, 바람 저항을 줄이기 위해 개방형 구조로 설계되어야 하며, 이를 통해 안정성을 높일 수 있다. 시설은 다기능 서비스 구역으로 설계되었으며, 기능이 모듈화되어 좌석, 차양, 충전소 등을 하나의 다기능 시설

에 통합하여 관광객이 같은 공간 내에서 휴식 및 충전 등의 요구를 충족시킬 수 있도록 했다. 또한 응급 상황에 대비해 응급처치 장비도 갖추고 있다. 시설의 표면은 내오염성 또는 방수성 재료로 선택되어 시설 표면의 청결을 유지하며, 각 부분이 모듈화되어 청소와 유지보수 시 각 모듈을 개별적으로 교체하거나 처리할 수 있도록 설계되었다. 시설의 형태는 지역 특성에 맞는 디자인 요소를 채택하여 시설이 위치한 자연 경관이나 건축 스타일과 잘 어울리도록 하였으며, 색상은 자연적인 색조를 사용하여 모래, 바다, 하늘과 조화를 이루도록 하여 주변 환경에 자연스럽게 녹아들 수 있도록 했다. 시설이 주변 경관에 미치는 영향을 최소화하기 위해 설계는 가능한 낮은 높이를 유지하며, 높은 시설 대신 낮은 구조를 사용하여 사람들이 시야를 방해하지 않도록 하였다.

5. 결론

해양 관광 산업의 빠른 발전에 따라 해안 공공시설의 디자인은 관광객들이 매우 주목하는 결정적인 요소 중 하나로, 해안 공공시설 디자인의 우수성은 매우 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 본 연구를 통해 부산 지역 해수욕장의 공공시설 디자인에 대한 주요 요구 사항이 다음과 같이 나타났다. 상위 6개 요구 사항은 안정적인 구조, 다기능 서비스, 유지보수 용이성, 전체적인 조형미, 색채 조화, 자연과의 융합으로 나타났다. 이는 해안 공공시설 디자인에서 사람들이 시설의 안전성을 먼저 보장하고자 하며, 그다음으로는 다기능적인 시설을 선호한다는 것을 시사한다. 또한, 공공시설은 깨끗하고 정돈된 상태를 유지해야 하므로 청소가 쉬운 재료와 구조가 필요하다. 마지막으로, 시각적 요소와 환경 적응성 면에서 사람들은 공공시설의 디자인과 색상이 주변 환경과 조화를 이루며, 아름다운 경관을 감상하는 데 방해되지 않기를 원한다. 이를 바탕으로 주요 요구 사항을 반영한 다양한 디자인안을 도출하고, 최적의 설계안을 선택하였다. 본 연구를 통해 해변 공공시설의 사용 효율성을 높이는 한편, 다른 비슷한 휴식 지역 시설 디자인에 대한 이론적 지원과 설계 방법을 제공할 수 있기를 바란다. 연구 범위와 저자의 주관적 요인에 의해 평가 모델의 객관성과 완전성에는 한계가 있으며, 후속 연구에서는 연구 범위와 표본 수를 확대하고 연구 결정을 보완하여 부산 지역 해변 공공시설 디자인에 대한 효과적인 이론적 근거와 실용적 참고 자료를 제공할 예정이다.

참고문헌

1. 손동주. "공공디자인에서 스마트 공공시설물의 발전 가능성에 관한 연구 -스마트 도시의 공공시설물 사례를 중심으로 -", 서비스 연구, 2023
- 2.李文嘉,任梅,孔晓燕.城市风貌视域下的公共设施设计构建研究.包装工程,2013
3. 이수해. "SD 기법을 통한 해안지역 인터랙션을 활용한 공공공간 디자인 분석", 아시아태평양 융합 연구 교류논문지, 2023
4. Shirwaiker R A, Okudan G E. Triz and axiomatic design: a review of case-studies and a proposed synergistic use. Journal of Intelligent Manufacturing, 2008
- 5.吴扬东,张太华,刘丹.复杂产品设计方案的数据驱动多属性优化决策.中国机械工程,2020
6. 이명아, 이연숙. "AHP를 활용한 공동체주택 지속 가능성 평가요소의 상대적 중요도 분석", 한국 실내디자인학회 논문집, 2024
- 7.王敏,尹崇鑫,程金兰.层次分析-模糊综合评价法在制浆造纸水污染控制技术评估中的应用.林业工程学报, 2021
8. Analytic Hierarchy Process-Models, Methods, Concepts, and Applications: Models, Methods, Concepts, and Applications. BoD-Books on Demand, 2023.
9. Cai C L, Xiao R B, Yang P. The method for analysing and disposing of functional interaction in axiomatic design. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2010
- 10.仓诗建,于茗珠,钱梦梦.KANO-AHP-TOPSIS混合模型在泥人张包装设计中的应用研究.包装工程.2022
- 11.彭定洪,卞志洋.面向产品设计方案的犹豫模糊 Kansei-TOPSIS评价方法.系统科学于数学,2021
- 12.谢文婷,徐聪.基于KJ-AHP-VIKOR集成法的老年智能厨电产品设计研究.包装工程,2024