

# AHP 분석을 통한 종합병원 리모델링 공사의 리스크 요인 우선순위 평가

## An Evaluation of the Importance of Risk Factors for the General Hospital Remodeling Approached by Analytic Hierarchy Process (AHP)

문성주\* Moon, Seong Joo | 고성석\*\* Go, Seong Seok

### Abstract

**Purpose:** It is important to note that the relative importance of risk factors should be identified to successfully complete the remodeling project of general hospital. Approached by analytic hierarchy process (AHP), the present study aimed to systematically evaluate the risk factors for remodeling of general hospital. **Methods:** The present work classified the risk factors of general hospital remodeling into four major categories including the requirements survey stage, planning and design stage, dismantling and construction stage, and maintenance stage. In addition, four sub-categories were derived from each major category factor. Furthermore, five major categories and four subcategories were selected to be considered from the perspectives of two stakeholders of contractor and constructor. The relative importance of the major and sub-categories factors was calculated using the AHP technique on the survey data collected from 49 respondents who participated in the survey study. **Results:** The results indicate that, the risk factor of requirements survey stage was found to be the most important risk factor to consider among the four major categories of factors. Also, insufficient preliminary investigation, design inconsistencies in architecture/mechanics/electricity, occurrence of safety accidents, and insufficient review of various equipment capacities and performances were found to have the highest priorities of each subcategory factor group included in the four major categories. From the perspective of contractor, the error in predicting the construction period was found to be the most important risk factor. The occurrence of safety accidents during construction was found to be the most important risk factor to be considered by constructor. **Implications:** The result of the current work should provide important insights and guidelines for the risk management activity that contributes to controlling the project time, cost, and scope required for general hospital remodeling.

주제어: 종합병원 리모델링, 리스크 요인, AHP

Keywords: Remodeling of General Hospital, Risk Factor, AHP

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

종합병원 리모델링은 병원 인프라의 노후화와 급변하는 의료 환경에 대응하기 위한 필수적인 과정이다(홍순명, 2008). 현대 의료 기술의 발전과 인구 고령화, 질병 패턴의 변화 등은 기존 시설의 기능적 한계를 초래할 수 있으며, 이는 환자 안전과

의료 서비스의 질에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 크다. 따라서 리모델링을 통해 최신 의료장비와 진료 공간의 최적화를 추구함으로써 의료 효율성을 높이고, 환자 및 의료진의 만족도를 향상시키는 것이 중요하다(김상복, 양내원, 2012). 그러나 리모델링 공사는 새로운 건축 프로젝트와는 달리 기존에 건축된 건물 내에서 이루어지며, 이는 공사 기간 동안 병원이 계속 운영되어야 하는 상황을 포함한다. 이러한 환경에서 발생할 수 있는 주요 문제는 소음과 진동, 공기질 저하, 감염 관리 문제, 의료 서비스 제공 중단 등이다(김서영, 권지훈, 2018). 또한, 중환자실(ICU)이나 수술실 등 민감한 구역의 경우 리모델링 과정에서 환자의 안전과 직결되는 특별한 조치가 필요하다. 따라서 종합병

\* 정회원, 박사과정 수료, 건축공학과, 전남대학교 공과대학  
(주저자: msj27@hanmail.net)

\*\* 정회원, 교수, 건축공학과, 전남대학교 공과대학  
(교신저자: ssgo@jnu.ac.kr)

원 리모델링은 여러 가지 측면에서 신축공사보다 어려우며 공사 조건이 열악하다는 평가를 받고 있다. 또한, 리모델링을 수행하는 과정에서 안전관리가 제대로 이루어지지 않는다면 안전 사고 뿐만 아니라 병원을 이용하는 환자와 보호자, 의료진 등에게 영향을 미칠 수 있다(신태섭, 정미영, 2021).

특히, 종합병원 리모델링은 현실적으로 다양한 이해관계자의 요구와 기대를 조정해야 하는 복잡한 관리 과정을 수반한다. 이는 발주자와 시공자를 포함하며, 각 이해관계자가 중요시하는 우선순위와 요구가 상충할 수 있으며, 이는 프로젝트의 진행 과정에서 추가적인 리스크 요인을 발생시킬 수 있다(김동재 외, 2010). 따라서 종합병원 리모델링 공사의 성공적인 완수를 위해서는 사전에 리스크 요인을 식별하고, 이를 관리하기 위한 체계적인 접근이 필요하다. 이러한 리스크 관리 활동은 리모델링에 소요되는 시간과 비용, 범위를 통제하고, 궁극적으로 병원의 장기적인 기능과 평판을 유지하는 데 기여할 것으로 예상된다.

## 1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구는 종합병원 리모델링 과정에서 발생할 수 있는 리스크 요인을 체계적으로 분석하고, 이를 효과적으로 관리하기 위한 전략을 제안하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로, 본 연구는 종합병원 리모델링 리스크 요인을 요구조사 단계와 기획 및 설계단계, 해체 및 시공단계, 그리고 유지관리 단계를 포함하는 4개의 대분류 요인으로 분류하였다. 그리고 각각의 대분류 요인으로부터 4개의 소분류 도출하였다. 이와 더불어, 발주자와 시공사 측면에서 고려해야 하는 5개의 대분류 요인과 4개의 소분류 요인을 선정하였다. 종합병원 리모델링 공사와 관련한 49명의 관계자로부터 수집한 설문조사 자료에 대해 분석적 계층 프로세스(analytical hierarchy process; AHP) 기법을 활용하여 대분류 요인과 소분류 요인의 상대적 중요도를 계산하였다.

## 2. 종합병원 리모델링 공사의 고찰

### 2.1 리모델링의 개념

리모델링은 건축물의 유지보수 활동 이후 일정 기간이 지나면서 준공 시점보다 더 높은 수준의 건축물로 새롭게 탄생시키는 일련의 활동을 의미한다(김준섭 외, 2024). 그리고 건축물에 대한 정밀 조사와 설계를 검토하고, 경제적이고 타당한 방안을 마련하여 보수를 진행하는 활동이다. 혹은, 물리적, 경제적, 환경적 가치가 건설 당시와 비교하여 저하된 건축물에 대해 개선 조치를 통해 가치를 향상시키는 활동이기도 하다(임동권 외, 2023). 리모델링에 관한 개념은 관련 법률에서도 명시되고 있는데, 건축법 제2조제1항제10호에서 건축물의 노후화를 억제하거나 기능 향상 등을 위하여 대수선하거나 일부 증축하는 행위로 정의되고 있다(국가법령정보센터, 2023).

리모델링과 유사한 개념으로서 리노베이션(renovation), 리폼(reform), 복원(restoration)이 논의될 수 있다(Liao et al., 2023). 리노베이션은 기존 건물의 내부구조 및 외 부형태의 변

경 등에 의해 계획적인 사용 또는 재사용을 추구하는 행위를 의미한다. 그리고 리폼은 일본에서 주로 쓰이는 용어이며, 증축 및 개축, 유지 및 수선 등을 통하여 기존 건축물의 유효 활용으로 욕구를 충족시키는 것을 뜻한다. 그리고 복원은 건축물을 원래의 상세 및 재료에 세심하게 주의를 기울여 특정한 시기의 모습으로 회복시키는 것을 의미한다.

리모델링 프로젝트를 성공적으로 수행하기 위해서는 리모델링의 대상이 되는 건축물의 특성을 종합적으로 이해하고 신축 공사와는 차별화된 접근 방식을 취해야 하는 것이 무엇보다도 중요한 관건이다(곽보윤, 이소연, 2023). 일반적으로 리모델링 프로젝트는 골조 공사가 포함되지 않기 때문에 공사 기간이 짧고, 비용도 비교적 적게 드는 경우가 많다. 그러나 그 범위는 일상적인 유지관리에서부터 골조 일부의 해체와 증축을 포함하는 대규모 공사에 이르기까지 다양하며, 작업 자체가 복잡하고 다양한 외부적 요인들이 공정에 영향을 미칠 수 있다. 특히 리모델링은 여러 측면에서 신축공사와 다른 특징을 가지고 있다. 예를 들어서 신축공사 과정에서는 설계변경 요소가 비교적 적으나, 리모델링 공사 과정에서는 시공자의 공사 계획 범위가 발주자의 요구가 다른 경우가 발생하는 경우가 많다. 또한, 신축공사와 비교하여 리모델링 공사는 외부적인 요인에 영향을 많이 받기 때문에 정형화된 공사 계획을 수립하기가 어렵다는 점이 지적된다(Chan & Chan, 2004).

### 2.2 종합병원 리모델링의 특징

종합병원 리모델링은 기존 병원 시설의 물리적 구조와 기능적 측면을 현대화하고 개선하기 위한 포괄적인 재구성 과정이다. 이 과정은 의료 서비스의 질을 향상시키고, 환자와 의료진의 경험을 최적화하며, 병원의 효율성을 증대시키는 것을 목표로 한다(최광석, 김기연, 2016). 구체적으로, 종합병원의 리모델링은 물리적 인프라의 개선과 기술적 업그레이드, 환자 중심의 설계, 환경 지속 가능성, 그리고 규제 및 법적 요구 사항의 준수를 위해 수행한다. 종합병원 리모델링의 기본적인 목표 중 하나는 병원의 물리적 인프라를 개선하는 것이다(Çubukçuoğlu et al., 2021). 이는 구조적인 재건과 공간의 재배치, 현대적 설비와 기술의 도입 등을 포함한다. 예를 들어서, 기존 병동의 확장이나 개조, 진료실의 재구성, 새로운 수술실 및 진단실의 추가 등이 이에 해당한다. 이러한 물리적 변화는 병원의 기능적 효율성을 향상시키고, 더 나은 의료 서비스를 제공할 수 있는 기반을 제공하게 된다(Jiang et al., 2022). 이와 함께, 현대적인 의료 기술의 도입은 종합병원 리모델링의 핵심 요소 중 하나이다. 이는 최신 의료 장비와 정보 기술 시스템의 통합을 포함하며, 전자 의료 기록(EMR) 시스템, 병원 정보 시스템(HIS), 원격 의료 시스템 등의 도입이 대표적이다(Xu et al., 2020). 이러한 기술적 업그레이드는 의료진의 진단 및 치료 정확도를 높이고, 병원의 운영 효율성을 증대시키며, 환자 데이터의 보안과 접근성을 강화한다. 더불어, 종합병원 리모델링은 환자 중심의 설계 철학을 반영하기 위함을 목적으로 한다. 이는 환자의 편안함과 안전을

고려한 공간 디자인, 감염 예방을 위한 시설, 접근성 향상을 위한 장애인 친화적 구조 등을 포함한다. 이러한 설계는 환자의 만족도를 높이고, 치료 결과를 긍정적으로 이끌어낼 수 있다(임진우, 박재승, 2004). 그리고, 병원 리모델링은 에너지 효율성을 높이고 환경적으로 지속 가능한 디자인을 채택하는 것을 목표로 한다. 이는 에너지 절약형 조명과 재생 가능 에너지의 사용, 폐기물 관리 시스템의 개선 등을 포함한다. 이를 통하여 병원의 운영 비용을 절감하고, 환경에 미치는 영향을 최소화하며, 병원의 지속 가능한 운영을 가능하게 한다. 또한, 각종 규제 및 법적 요구 사항의 준수 측면에서 병원 리모델링은 보건 및 안전 규정, 장애인 접근성 법규에 따른 건축물 배치를 수정하여 병원의 합법적인 운영을 보장하고, 환자 및 직원의 안전을 보호하는 데 필수적이다. 종합한다면, 종합병원 리모델링은 단순한 건축적 변화에 국한되지 않고, 병원의 전체적인 운영과 의료 서비스 제공 방식을 혁신적으로 개선하는 것을 목표로 한다(김영애, 이현진, 2023). 그리고 이 과정은 병원의 장기적인 비전과 전략에 부합해야 하며, 종합적이고 통합적인 접근 방식을 통해 최적의 결과를 도출하는 것을 지향해야 한다.

### 2.3 종합병원 리모델링의 리스크 요인

종합병원 리모델링 과정에서 고려해야 할 리스크 요인은 기술적, 경제적, 법적 및 규제적, 사회적, 그리고 환경적 측면을 포함한다(Alkubaisi & Alnsour, 2022). 기술적 측면에서의 리스크 요인은 종합병원 리모델링 프로젝트의 기술적 요소와 관련된 잠재적인 문제나 불확실성을 의미한다. 이러한 리스크는 프로젝트의 설계와 시공, 기존 시설과의 통합, 그리고 전반적인 기술적 요구 사항과 관련된 요소들에서 발생할 수 있다. 예를 들어서, 리모델링 프로젝트의 설계 단계에서 발생할 수 있는 복잡성이나 오류는 중요한 기술적 리스크 요인이다. 복잡한 설계는 예기치 않은 문제를 초래할 수 있으며, 설계 오류는 시공 중 또는 이후에 문제를 야기할 수 있다. 그리고 기존 건축물의 구조적 상태가 예상보다 좋지 않거나, 리모델링을 위한 추가 보강이 필요한 경우 발생하는 리스크를 고려해야 하며, 이러한 리스크 요인은 구조적 안정성과 리모델링 공사의 호환성 문제를 발생시킬 가능성이 크다. 경제적 측면에서의 리스크 요인은 리모델링 사업의 재정적 성과와 지속 가능성에 영향을 미치는 다양한 재정적 요소들을 포함한다. 이는 프로젝트의 계획과 실행, 완성까지의 모든 단계에서 중요한 고려 사항이 되며, 재정적 예측과 실제 결과 간의 차이로 인해 발생할 수 있는 위험을 평가하고 관리하는 데 중점을 두어야 한다. 법적 및 규제적 측면에서의 리스크 요인은 리모델링 프로젝트가 법적 규제와 표준을 준수하지 않음으로써 발생할 수 있는 위험 요소를 뜻한다(Dikmen & Birgonul, 2011). 이러한 리스크 요인은 프로젝트의 일정 지연, 비용 증가, 법적 분쟁 등을 초래할 수 있으며, 프로젝트의 성공적인 완료를 저해할 수 있다. 예를 들어서, 리모델링 프로젝트를 시작하기 위해서는 관련 기관으로부터 필요한 건축 허가 및 승인을 받아야 한다. 만약 이러한 허가 절차가 예상보다 오

래 걸리거나 복잡한 경우, 프로젝트 일정이 지연될 수 있으며, 허가 과정에서 요구되는 추가 자료나 수정 사항이 발생할 수 있다. 또한, 지역별 건축 법규와 규제는 프로젝트의 설계와 시공에 큰 영향을 미치게 된다. 예를 들어, 특정 높이 제한, 구조 안전 기준, 화재 방지 시스템 요구사항 등이 포함될 수 있다. 이러한 규제를 준수하지 않을 경우, 법적 문제와 함께 재설계나 추가 공사로 인한 비용 증가가 발생할 가능성이 있다. 특히, 병원 리모델링 프로젝트에서는 환자와 직원의 안전이 최우선으로 고려되어야 한다. 이는 건축물의 구조적 안전성과 화재 예방 시스템, 전기 및 기계 시스템의 안전성 등을 포함한다. 안전 규정을 준수하지 않으면 법적 책임을 질 수 있으며, 특히 병원 시설에서는 환자의 건강과 안전에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 간과해서는 안된다. 이와 함께, 사회적 측면에서의 리스크 요인은 리모델링 프로젝트가 병원 내부 구성원과 외부 이해관계자, 그리고 지역 사회에 미칠 수 있는 영향을 의미한다(Kordi et al., 2022). 사회적 요인은 프로젝트가 진행되는 동안 발생할 수 있는 다양한 사회적 문제와 도전 과제를 포함하며, 이를 적절하게 관리하지 않을 경우 프로젝트의 성공에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 더불어, 환경적 측면에서의 리스크 요인은 리모델링 프로젝트가 환경과 관련된 다양한 요소들에 미치는 부정적 영향이다(Gavit et al., 2019). 이러한 요인들은 프로젝트의 계획과 시공, 운영 및 유지 관리 단계에서 환경에 대한 잠재적 영향을 미리 식별하고 최소화하기 위해 중요하게 고려되어야 한다. 특히, 리모델링을 수행하는 과정에서 사용되는 자원과 재료의 종류와 양도 중요한 환경적 고려사항이다. 자원 낭비를 최소화하고, 재활용 가능하거나 지속 가능한 자재를 선택하는 것이 환경 보호에 기여할 수 있다. 또한, 리모델링 과정에서 발생하는 건축 폐기물의 양과 처리 방식은 환경적 영향을 크게 미칠 수 있다. 폐기물이 적절히 처리되지 않으면 토양, 수질, 공기 오염을 초래할 수 있기 때문이다.

종합하면, 종합병원 리모델링 공사 과정에서 다양한 측면의 리스크 요인을 식별하는 것은 프로젝트의 성공과 병원의 지속 가능성을 보장하는 데 있어 중요하다. 병원 시설은 고도로 특화된 다수의 요구를 만족시켜야 하며, 리모델링 과정에서 이러한 요구 사항이 충족되지 않으면 시설의 기능성과 안전성이 저하될 수 있기 때문이다. 또한, 리스크 요인을 사전에 식별하고 공사 지연을 초래할 수 있는 잠재적 문제를 미리 파악하고 대응책을 마련해야 한다.

## 3. 종합병원 리모델링 리스크 요인의 중요도 평가

### 3.1 AHP 기법

AHP는 다수의 평가 기준을 포함한 의사결정 문제를 다룰 때 사용되는 다기준 의사결정 기법 중의 하나이다(Saaty, 1980). 이 기법은 평가 기준을 계층적으로 배열하고, 각 계층에서 요소의 중요도를 결정하여 문제를 해결하는 과정으로 구성된다(Petroutsatou et al., 2023). 그리고 AHP는 복잡한 문제를 주요

요인(또는 대분류 요인)과 세부 요인(또는 소분류 요인)으로 분해하고, 이러한 요인들에 대해 쌍대 비교(pairwise comparison)를 통해 평가자의 지식과 경험, 직관을 반영하여 의사결정을 지원하는 방법이다(Deepika et al., 2023). 이 기법은 단순성과 명확성, 사용의 편리성, 범용성으로 인해 다양한 의사결정 분야에서 널리 사용되어 왔다(Sodangi & Salman, 2023). 특히 AHP는 평가와 선택, 예측을 요구하는 의사결정 상황에서 대안의 우선순위를 결정하는 데 유용하게 활용될 수 있다(Saaty, 1980). 더불어, 이 기법은 적용의 절차가 비교적 용이함에도 불구하고 척도 선정과 가중치 산정 절차, 민감도 분석 등에서 사용되는 다양한 방법들이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증을 거쳐 채택되었다는 점에서 이론적으로 높은 평가를 받고 있다(Ayalew et al., 2023).

의사결정에 있어 다수의 문제들은 물리적 속성과 심리적 속성이라는 두 가지 측면을 포함하고 있다. 물리적 속성은 객관적으로 존재하는 유형적인 요소로, 측정의 대상이 되는 주제 외부에서 발견될 수 있다(Alkheder et al., 2023). 이와는 반면에, 심리적 속성은 주관적인 생각과 감정, 신념 등을 포함하는 무형적인 요소를 의미한다. AHP는 이러한 상반된 두 가지 속성을 모두 다룰 수 있는 의사결정 방법으로, 물리적 속성과 심리적 속성 모두에 대한 평가 기준을 확립하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

AHP는 문제 해결을 위한 효과적인 인간 사고가 다음의 세 가지 원리를 준수해야 한다는 점에서 개발된 의사결정 기법이다(Saaty, 1995). 첫째, 계층적 구조 설정(hierarchical structuring)의 원리이다. 이 단계는 문제에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소들을 찾아내어 계층 구조를 구성하는 과정이다(Wang et al., 2024). 이를 통해 의사결정자는 중요한 요소들을 빠짐없이 나열하고 동일한 집단으로 분류함으로써 문제의 구조화에 보다 많은 정보를 포함시키고, 전체 시스템을 더 완벽하게 구성하여 효과적이고 논리적인 접근을 가능하게 한다. 둘째, 상대적 중요도(weight) 설정의 원리이다. 이 단계는 요소별 중요도를 산출하는 과정으로, 첫 번째 단계에서 발견된 요소들 간의 1:1 비교를 통해 동일 계층 내의 요소들 간 중요도를 산출한다(Ma et al., 2023). 셋째, 논리적 일관성(consistency)의 원리이다. 이 단계는 의사결정자가 얼마나 논리적 일관성을 가지고 판단했는지를 검증하는 과정으로, '일관성 지수'라는 값을 산출하여 이 지수가 10% 이상일 경우 피드백 과정을 거치도록 함으로써 보다 논리적인 문제 해결을 지원한다(Rozga et al., 2021).

AHP 기법을 사용할 때, 먼저 문제를 단계별로 나누어 계층 구조를 형성해야 한다. 계층이 구성되면, 최종 목표를 위해 각 평가 기준의 중요도를 산출하고, 중요도가 산출된 평가 기준을 바탕으로 각각의 대안을 평가한다(임재현, 이용환, 2022). 이때 동일 단계에 있는 평가 기준들의 중요도는 하위 단계로 그대로 전달되며, 이러한 계층적 분석 원리에 따라 최종 목표에 부합하는 최적의 대안을 선택한다. AHP 기법의 핵심은 동일한 단계에 있는 요소들의 중요도를 "어떻게 측정할 것인가"와 "어떠한 척도를 사용할 것인가"의 여부이다. 중요도는 우선순위(priority)

라고도 하며, 이는 쌍대 비교 방식을 통해 두 요소만을 상호 비교하여 측정할 수 있다. 쌍대 비교들로 구성되는 행렬(matrix)의 특성 팩터(eigenfactor)와 특성값(eigenvalue)을 통해 각 요소의 중요도를 산정한다(김진호 외, 2022). AHP의 쌍대 비교에 사용되는 척도는 인간이 느낄 수 있는 차이를 최대한 반영할 수 있는 범위를 요구한다. Miller(1956)의 심리학 실험에서 얻은 "인간은 7(±2)개의 대상을 혼동 없이 동시에 비교할 수 있다"는 결과를 바탕으로, 척도의 범위는 1에서 9까지의 수로 설정된다. 한편, Saaty(1983)는 특정한 문제에 대해 서로 다른 27개의 수치 척도를 사용하여 실제 거리와 상대적 거리감 사이의 관계를 분석하는 실험을 수행했으며, 이 실험에서 1-9까지의 척도가 실제 값에 가장 근접한 결과를 나타내었다. 즉, 쌍대 비교를 통한 계량적인 판단을 수행하기 위해서는 신뢰할 만하고 이용 가능한 척도가 필요하며, AHP에서 9점 척도를 사용하는 이유는 행렬의 최종 계산 결과가 응답자에 의해 크게 민감하지 않기 때문에 응답자들이 정확한 값을 선택해야 하는 부담을 덜 수 있기 때문이다.

### 3.2 단계별 종합병원 리모델링 리스크 요인 선정

본 연구는 PMI(Project Management Institute)에서 발간한 PMBOK(Guide to the Project Management Body of Knowledge) 및 선행 연구를 기반으로 종합병원 리모델링 단계에서 고려해야 하는 리스크 요인을 대분류 및 소분류 요인으로 추출하였다. PMBOK은 프로젝트 관리의 체계적인 접근을 위한 다양한 원칙과 프로세스, 그리고 지식 영역을 제시하고 있다. 특히 종합병원 리모델링 프로젝트는 복잡하고 다면적인 특성을 가지고 있으며, 여러 이해 관계자들의 요구와 의료 서비스의 연속성을 유지해야 하는 중요한 과제를 포함한다. 본 연구는 PMBOK이 제시하는 4가지 주요 카테고리인 기술적 리스크와 운영적 리스크, 경제적 및 재정적 리스크, 그리고 법적 및 규제 리스크를 기반으로 요인을 추출하였다. 기술적 리스크는 리모델링 과정에서 사용하는 기술과 관련된 모든 불확실성을 포함한다. 운영적 리스크는 병원이 일상적으로 운영되는 과정에서 발생할 수 있는 리스크를 의미하며, 경제적 및 재정적 리스크는 프로젝트 예산과 관련된 불확실성을 포함한다. 그리고 법적 및 규제적 리스크는 프로젝트가 법적 규제 및 표준을 준수하지 않을 위험을 의미한다. 본 연구는 (1) 종합병원 리모델링 단계의 대분류 요인으로 요구조사 단계와 기획 및 설계 단계, 해체 및 시공 단계, 유지관리 단계의 4개 요인을 선정하였으며, (2) 발주자 및 시공사 측면에서의 대분류 요인으로는 공정관리와 원가관리, 품질관리, 안전관리, 유지관리의 5개 요인을 도출하였다.

구체적으로, 종합병원 리모델링에서 요구조사 단계는 14개의 소분류 요인(사전조사 미비, 타당성 분석상의 오류, 자금 조달 능력 부족 등)으로 세분화하였고, 기획 및 설계 단계, 해체 및 시공 단계, 유지관리 단계는 각각 26개(설계 누락 및 생략, 감리업무 미비, 내부 바닥 레벨 차이 등), 28개(민원 발생, 공사 부실, 공정 마찰 우려 등), 11개(하자 보수 관련 손해배상, 공

사기록 보존, 준공 후 인수인계 미비 등)의 소분류 요인으로 분류하였다. 또한, 발주자 측면에서는 공정관리 대분류 요인에 13개의 소분류 요인(부적격업체 선정, 협조체제 및 의사소통 부족, 시공업자의 노사분규 및 파업), 원가관리 요인에 12개의 소분류 요인(기존 시설 철거 유무, 급격한 물가 변동, 공사비 지급 방식), 품질관리 대분류 요인에 10개의 소분류 요인(감리업무 미비, 사용자재 검수 미비 등), 안전관리 대분류 요인에 11개의 소분류 요인(안전관리 무관심, 정기적인 안전 감사 미수행 등), 그리고 유지관리 대분류 요인에 10개의 소분류 요인(인수인계부실, 보수를 위한 사용 자재 등)을 선정하였다. 그리고 시공자 측면에서는 공정관리 대분류 요인에 17개의 소분류 요인(4M 조달문제, 공법의 적정성, 타 공종과의 간섭), 원가관리 요인에 15개의 소분류 요인(공사시간대 및 작업 장소의 규제, 공법의 적정성, 해체 시 구조체 손상), 품질관리 대분류 요인에 11개의 소분류 요인(설계품질 검토 능력, 하도급자의 안정된 작업여건 조성 등), 안전관리 대분류 요인에 18개의 소분류 요인(시공 중의 안전사고, 돌관작업, 안전작업 미비 등), 유지관리 대분류 요인에 10개의 소분류 요인(대가 지급 지연, 공종간 주체간 하자 분쟁 등)이 도출하였다.

대분류 요인에 대해 도출된 소분류 요인의 타당성을 평가하기 위해 55명의 관련 분야 전문가를 대상으로 1차 설문조사를 실시하였다. 본 연구에 참여한 전문가는 우리나라의 'J 대학병원' 리모델링 건설공사에 참여한 설계 및 감리 전문가, 시공자, 발주자, 그리고 대한병원시설협회 소속 회원들로 구성되었다. 전문가 대상자 중에서 25.5%는 시공자 관계자인 것으로 나타났으며, 설계사 18.2%, 그리고 병원 관계자 56.4%로 구성되었다. 전문가의 업무 경력을 조사한 결과, 대상자 중에서 69.1%가 10년 이상이라고 응답하였으며, 3년 이상 5년 미만 및 5년 이상 10년 미만이라고 응답한 비율은 각 10.9%인 것으로 나타났다. 설문조사의 목적은 본 연구에서 도출한 소분류 요인들이 AHP 모형에 투입될 만한 중요도를 가지고 있는지의 여부를 전문가들의 의견을 통해 검토하고, 불필요하거나 중복된 소분류 요인을 제거하기 위함이다(Kim et al., 2022). 설문조사에서는 5점 리커트 척도(예: 1="전혀 중요하지 않다", 2="중요하지 않다", 3="보통이다", 4="중요하다", 5="매우 중요하다")를 사용하였으며, 2024년 5월부터 2024년 6월까지 진행되었다. 설문조사 분석 결과를 바탕으로 각 소분류 요인의 중요도 값을 기준으로, 각 대분류 요인별로 4개의 소분류 요인을 AHP 모형에 투입할 최종 요인으로 선정하였다(Hong, 2005). [표 1]은 종합병원 리모델링 공사에 관하여 최종적으로 선정된 대분류 및 소분류 리스크 요인을 나타내고 있다. 그리고 [표 2]는 발주자 및 시공자 중심의 대분류 요인 및 소분류 요인을 나타내고 있다.

[표 1] 종합병원 리모델링 공사의 리스크 요인: 대분류 요인 및 소분류 요인

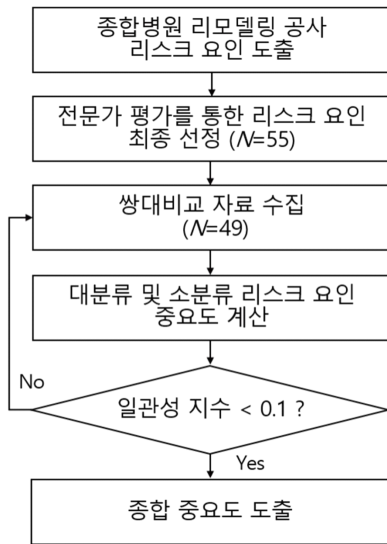
대분류 요인	소분류 요인
요구조사 단계	사전조사 미흡
	기존건물 정보 및 데이터 부족
	타당성 분석상의 오류
	기존건물 도면과 현재도면 불일치
기획 및 설계 단계	공사기획 및 설계기간 부족
	최저가 발주
	건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치 충분한 상세도 작성 미비
해체 및 시공 단계	안전사고 발생
	기존 시설 운영 일정과 공사일정과의 충돌
	해체 시 소음진동 분진에 의한 민원
유지관리 단계	시공사 경험부족
	하자 판정기준
	하자보수 관련 손해배상
	각종 설비용량 및 성능 검토 미비
	보수에 대비한 사용 자재 미확보

[표 2] 종합병원 리모델링 공사의 리스크 요인: 발주자 및 시공자 중심의 대분류 요인 및 소분류 요인

대분류 요인	소분류 요인	
	발주자	시공자
공정관리 측면	공사기간 예측오류	설계변경에 대한 발주자의 처리 지연
	부적격업체 선정	하도급 업체의 부실 및 부도
	병원일정과 공사일정의 마찰	공사 중 안전사고 발생
	민원으로 인한 공사지연	계약상황과 실제상황 불일치
원가관리 측면	사전조사 미흡으로 인한 설계변경 다수발생	공사시간대 작업장소 규제
	시공자의 무리한 추가 공사비 요구	해체공사시 안전사고 발생
	리모델링 규모, 공사비용, 산출 오류	자재 특기시방 다수
	주변 주민과 건물에 대한 고려 미흡	공사비 예측 및 실행예산 편성 오류
품질관리 측면	공사일정 등으로 품질검사 시간 부족	종합적이고 고품질의 기술력 요구
	적절한 품질 구현을 위한 적정 공사비 책정	설계품질 검토 능력
	공사업체 및 하도급 업체의 능력	하자를 방지할 수 있는 신공법 개발 미흡
	최저가 위주의 발주로 품질 확보의 어려움	신속공사에 비해 빠른 공사 속도
안전관리 측면	안전관리 무관심	시공 중의 안전사고
	무리한 공사기간 단축	
	안전능력을 갖추지 못한 시공자 선정	안전 체크리스트 활용 미비
유지관리 측면	설계시 충분하지 못한 안전 비용	안전에 대한 수동적 의식
	하자판정 기준	
	하자관련 손해배상	
	인수인계 부실	설계변경 미반영한 추가공사 요구
	보수를 위한 사용자재 미확보	준공 후 무리한 기술진 상주 요구

### 3.3 자료의 수집

본 연구에서는 종합병원 리모델링 공사 과정에서 고려해야 할 리스크 요인들을 평가하기 위해 대분류 요인과 소분류 요인의 상대적 중요도 및 우선순위를 분석하였다. 이를 위해 1차 설문조사에 참여한 전문가 중 49명을 대상으로 쌍대 비교를 위한 2차 설문조사를 실시하였으며, 조사는 2024년 6월에 진행되었다. 수집된 자료는 R 프로그램을 사용하여 AHP 분석을 수행하였다. 분석 결과, 모든 대분류 요인과 소분류 요인에 대해 계산된 일관성 비율(consistency ratio)이 모두 0.1 이하로 나타났으며(Saaty, 1980), 따라서 본 연구에서 수집한 설문자료는 양호한 일관성을 가지는 것으로 판단되었다. [그림 1]은 본 연구가 수행한 AHP 분석의 흐름도를 나타내고 있다.



[그림 1] AHP 분석의 흐름도

### 3.4 AHP 분석 결과

[표 3]은 종합병원 리모델링 공사에 관한 4개의 대분류 요인에 관하여 계산된 상대적 중요도를 나타내고 있다. 일관성 비율 값은 0.03이며, 이는 최소만족 기준인 0.1 이하를 충족시킨다. 요구조사 단계 요인에 대해 계산된 중요도는 0.36이며, 4개의 요인 중에서 가장 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 이와 함께 해체 및 시공단계(=0.30)와 기획 및 설계 단계(=0.26)의 순서로 상대적 중요도가 평가되었다. 유지관리 단계 요인의 중요도는 0.08이며 4개의 대분류 요인 중에서 가장 낮은 것으로 조사되었다.

[표 3] 대분류 요인의 중요도 및 일관성 비율 평가 결과

대분류 요인	중요도
요구조사 단계	0.36
기획 및 설계 단계	0.26
해체 및 시공 단계	0.30
유지관리 단계	0.08

일관성 비율(C.R.=0.03)

[표 4]는 4개의 대분류 요인이 포함하는 각각의 소분류 요인에 대해 계산된 상대적 중요도와 일관성 비율의 값을 나타내고 있다.

[표 4] 소분류 요인의 중요도 및 일관성 비율 평가 결과

대분류 요인	소분류 요인	중요도
요구조사 단계	사전조사 미흡	0.45
	기존건물 정보 및 데이터부족	0.16
	타당성 분석상의 오류	0.21
	기존건물 도면과 현재도면 불일치	0.17
일관성 비율(C.R.=0.02)		
기획 및 설계 단계	공사기획 및 설계기간 부족	0.30
	최저가 발주	0.16
	건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치	0.37
	충분한 상세도 작성 미비	0.17
일관성 비율(C.R.=0.02)		
해체 및 시공 단계	안전사고 발생	0.43
	기존 시설 운영 일정과 공사일정과의 충돌	0.21
	해체시 소음진동 분진에 의한 민원	0.25
	시공사 경험부족	0.11
일관성 비율(C.R.=0.01)		
유지관리 단계	하자 판정기준	0.32
	하자보수 관련 손해배상	0.19
	각종 설비용량 및 성능 검토 미비	0.33
	보수에 대비한 사용 자재 미확보	0.16
일관성 비율(C.R.=0.01)		

각 소분류 요인의 그룹에 대해 계산된 일관성 비율은 요구조사 단계=0.02, 기획 및 설계 단계=0.02, 해체 및 시공 단계=0.01, 그리고 유지관리 단계=0.01로 계산되었다. 대분류 요인인 요구조사 단계가 포함하는 4개의 소분류 요인 중에서 사전조사 미흡 요인의 중요도는 0.45이며 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 그리고 타당성 분석상의 오류(=0.21), 기존 건물 도면과 현재도면 불일치(=0.17), 기존건물 정보 및 데이터 부족(=0.16)의 순서로 중요도가 평가되었다. 기획 및 설계 단계 대분류 요인에 관한 4개의 소분류 요인 중에서, 건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치 요인(=0.37)이 가장 중요한 요인으로 평가되었다. 이와 함께, 공사기획 및 설계기간 부족(=0.30), 충분한 상세도 작성 미비(=0.17) 및 최저가 발주(=0.16)의 순서로 상대적 중요도가 평가되었다. 해체 및 시공 단계 리스크 요인에 관한 4개의 소분류 요인의 가중치를 계산한 결과, 안전사고 발생(=0.43), 해체 시 소음진동 분진에 의한 민원(=0.25), 기존 시설 운영 일정과 공사일정과의 충돌(=0.21), 시공사 경험부족(=0.11)의 순서로 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 그리고, 유지관리 단계가 포함하는 4개의 소분류 요인 중에서 각종 설비용량 및 성능 검토 미비(=0.33)가 가장 중요하다고 평가되었으며, 하자 판정기준(=0.32)와 하자보수 관련 손해배상(=0.19), 보수에 대비한 사용 자재 미확보(=0.16)의 순서로 중요도가 계산되었다.

[표 5]는 16개 소분류 리스크 요인들의 상대적 중요도 계산 결과를 나타내고 있다. 대분류 리스크 요인의 상대적 중요도와 소분류 요인의 상대적 중요도를 서로 곱하여 소분류 리스크 요인들의 최종 우선순위를 산출하였다. 대분류 요인인 요구조사 단계에 속한 소분류 요인인 사전조사 미흡(=0.164)이 16개의 소분류 요인 중에서 가장 중요하다고 평가되었다. 이와 함께, 안전사고 발생(=0.130) 및 건축, 기계, 전기 등의 설계 등의 불일치(=0.097), 공사기획 및 설계기간 부족(=0.077), 타당성 분석상의 오류(=0.076), 해체시 소음진동 분진에 의한 민원(=0.076), 기존 시설 운영 일정과 공사일정과의 충돌(=0.063), 기존건물 도면과 현재도면 불일치(=0.063) 등의 순서로 소분류 요인의 중요도가 평가되었다. 상위 7개의 소분류 리스크 요인이 전체 16개 요인의 74.6%를 차지하는 것으로 나타났다.

[표 5] 소분류 요인의 중요도 및 일관성 비율 평가 결과

소분류 요인	전체 중요도	순위
사전조사 미흡	0.164	1
기존건물 정보 및 데이터 부족	0.059	9
타당성 분석상의 오류	0.076	5
기존건물 도면과 현재도면 불일치	0.063	7
공사기획 및 설계기간 부족	0.077	4
최저가 발주	0.043	10
건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치	0.097	3
충분한 상세도 작성 미비	0.043	10
안전사고 발생	0.130	2
기존 시설 운영 일정과 공사일정과의 충돌	0.063	7
해체시 소음진동 분진에 의한 민원	0.076	5
시공사 경험 부족	0.034	12
하자 판정기준	0.024	14
하자보수 관련 손해배상	0.015	15
각종 설비용량 및 성능 검토 미비	0.025	13
보수 대배한 사용자재 미확보	0.012	16

[표 6]은 공정관리와 원가관리, 품질관리, 안전관리, 유지관리를 포함하는 5개의 대분류 리스크 요인에 속한 소분류 요인에 대해 발주자 측면에서의 상대적 중요도 계산 결과를 나타내고 있다. 각 대분류 요인이 포함하는 소분류 요인 그룹에 대해 일관성 비율을 계산한 결과, 공정관리=0.03, 원가관리=0.02, 품질관리=0.01, 안전관리=0.01, 그리고 유지관리=0.01인 것으로 나타나 최소만족 기준인 0.1 이하를 충족시키는 것으로 나타났다.

공정관리 대분류 요인의 경우, 공사기간 예측오류와 부적격 업체 선정(=0.33)이 가장 높은 우선순위를 가지는 것으로 나타났다. 그리고 뒤를 이어 민원으로 인한 공사지연(=0.19), 병원일정과 공사일정의 마찰(=0.15)의 순서로 상대적 중요도가 계산되었다. 원가관리 대분류 요인에 대하여, 사전조사 미흡으로 인한 설계변경 다수발생(=0.47), 리모델링 규모, 공사비용, 산출오류(=0.31) 등의 순서로 중요도가 평가되었다. 또한, 품질관리 대분류 요인 중에서 공사업체 및 하도급 업체의 능력(=0.44)이 가장 중요하게 고려해야 할 소분류 요인인 것으로 나타났으며, 최

저가 위주의 발주로 품질확보의 어려움(=0.21), 공사일정 등으로 품질검사 시간 부족(=0.19), 적절한 품질 구현을 위한 적정 공사비 책정(=0.16)의 순서로 상대적인 중요도가 계산되었다. 안전관리 대분류의 측면에서는 안전능력을 갖추지 못한 시공사 선정(=0.44)이 가장 중요한 리스크 요인인 것으로 나타났으며, 뒤를 이어서 무리한 공사기간 단축(=0.29)와 안전관리 무관심(=0.18), 설계시 충분하지 못한 안전비용(=0.10)의 순서로 중요도가 평가되었다. 유지관리와 관련한 소분류 리스크 요인 중에서 인수인계 부실(=0.48)이 가장 중요한 요인인 것으로 나타났으며, 하자판정 기준(=0.24), 하자관련 손해배상(=0.16), 보수를 위한 사용자재 미확보(=0.13)의 순서로 소분류 리스크 요인의 중요도가 계산되었다.

[표 6] 발주자 중심 소분류 요인의 중요도 및 일관성 비율 평가 결과

대분류 요인	소분류 요인	중요도
공정관리 단계	공사기간 예측오류	0.33
	부적격업체선정	0.33
	병원일정과 공사일정의 마찰	0.15
	민원으로 인한 공사지연	0.19
일관성 비율(C.R.=0.03)		
원가관리 단계	사전조사 미흡으로 인한 설계변경 다수발생	0.47
	시공자의 무리한 추가 공사비 요구	0.13
	리모델링 규모, 공사비용, 산출 오류	0.31
	주변 주민과 건물에 대한 고려 미흡	0.08
일관성 비율(C.R.=0.02)		
품질관리 단계	공사일정 등으로 품질검사 시간 부족	0.19
	적절한 품질 구현을 위한 적정 공사비 책정	0.16
	공사업체 및 하도급 업체의 능력	0.44
	최저가 위주의 발주로 품질 확보의 어려움	0.21
일관성 비율(C.R.=0.01)		
안전관리 단계	안전관리 무관심	0.18
	무리한 공사기간 단축	0.29
	안전능력을 갖추지 못한 시공사 선정	0.44
	설계시 충분하지 못한 안전비용	0.10
일관성 비율(C.R.=0.01)		
유지관리 단계	하자판정 기준	0.24
	하자관련 손해배상	0.16
	인수인계 부실	0.48
	보수를 위한 사용자재 미확보	0.13
일관성 비율(C.R.=0.01)		

[표 7]은 시공사 측면에서 5개 대분류 요인에 속한 소분류 요인에 대해 계산된 상대적 중요도 평가 결과를 나타내고 있다. 대분류 요인인 공정관리에 관한 소분류 요인 중에서 공사중 안전사고 발생(=0.37)이 가장 중요하게 고려해야 할 리스크 요인인 것으로 나타났다. 그리고 설계변경에 대한 발주자의 처리 지연(=0.30), 계약상황과 실제상황 불일치(=0.18) 등의 순서로 중요도가 계산되었다.

[표 7] 시공자 중심 소분류 요인의 중요도 및 일관성 비율 평가 결과

대분류 요인	소분류 요인	중요도
공정관리 단계	설계변경에 대한 발주자의 처리 지연	0.30
	하도급업체의 부실 및 부도	0.15
	공사중 안전사고 발생	0.37
	계약상황과 실제상황 불일치	0.18
일관성 비율(C.R.=0.01)		
원가관리 단계	공사시간대 작업장소 규제	0.25
	해체공사시 안전사고 발생	0.30
	자재 특기사항 다수	0.12
	공사비 예측 및 실행예산 편성 오류	0.33
일관성 비율(C.R.=0.02)		
품질관리 단계	종합적이고 고품질의 기술력 요구	0.37
	설계품질 검토 능력	0.23
	하자를 방지할 수 있는 신공법 개발 미흡	0.12
	신축공사에 비해 빠른 공사 속도	0.29
일관성 비율(C.R.=0.01)		
안전관리 단계	시공 중의 안전사고	0.46
	무리한 공사기간 단축	0.27
	안전체크리스트 활용 미비	0.16
	안전에 대한 수동적 인식	0.11
일관성 비율(C.R.=0.04)		
유지관리 단계	하자판정 기준	0.27
	하자관련 손해배상	0.19
	설계변경 미반영한 추가공사 요구	0.44
	준공후 무리한 기술진 상주 요구	0.11
일관성 비율(C.R.=0.01)		

원가관리 대분류 요인 중에서는 공사비 예측 및 실행예산 편성 오류(=0.33) 및 해체공사시 안전사고 발생(=0.30)이 상대적 중요도의 상위에 위치하는 것으로 나타났다. 품질관리 대분류 요인의 경우에는 종합적이고 고품질의 기술력 요구(=0.37)의 중요도가 가장 높게 평가되었으며, 신축공사에 비해 빠른 공사 속도(=0.29), 설계품질 검토 능력(=0.23), 하자를 방지할 수 있는 신공법 개발 미흡(=0.12)의 순서로 상대적 중요도가 계산되었다. 이와 함께, 안전관리 대분류 요인 중에서 시공 중의 안전사고(=0.46)의 중요도가 가장 높게 평가되었으며, 무리한 공사기간 단축(=0.27), 안전체크리스트 활용 미비(=0.16) 등의 순서로 중요도가 나타났다. 유지관리 대분류 요인에 속한 소분류 요인에 대한 중요도를 평가한 결과, 설계변경 미반영한 추가공사 요구(=0.44), 하자판정 기준(=0.27), 하자관련 손해배상(=0.19), 그리고 준공 후 무리한 기술진 상주 요구(=0.11)의 순서로 상대적 중요도가 계산되었다.

#### 4. 종합병원 리모델링 리스크 요인 분석 및 결과

##### 4.1 대분류 요인 분석 및 결과

본 연구에서 수집된 자료에 대해 AHP 분석을 수행한 결과, 4개의 대분류 리스크 요인 중에서 요구조사 단계가 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 종합병원

리모델링에서 초기 정보 수집이 성공적인 리모델링 프로젝트에 필수적이라는 점을 시사한다. 요구조사 단계에서의 철저한 준비와 분석을 통해 리모델링 과정에서 이루어지는 모든 후속 단계에서 발생할 수 있는 문제를 예방하고, 이를 통해 프로젝트의 전반적인 성공 가능성을 높이는 데 기여할 것으로 예상된다. 따라서, 프로젝트 관리자는 요구조사 단계를 철저히 수행하여 관련 정보와 모든 이해관계자의 요구를 정확히 반영하고, 이를 기반으로 명확한 목표와 계획을 수립하는 것이 필수적이다. 요구조사 단계와 함께, 해체 및 시공 단계에 관한 리스크 요인이 종합병원 리모델링 과정에서 중요하게 고려해야 할 요인으로 나타났다. 해체 및 시공 단계는 리모델링의 물리적 실행 과정에서 안전관리의 중요성이 특히 강조되는 시점이다. 기존 병원 구조물의 해체와 새로운 구조물의 시공 과정에서 발생할 수 있는 다양한 물리적 위험 요소를 관리하는 것은 필수적이다. 예를 들어, 기존 건물의 일부를 해체할 때 구조적 불안정성이 발생할 수 있으며, 이는 작업자와 병원 이용자 모두에게 심각한 안전 위협을 초래할 수 있다. 그리고 건설 현장에서의 사고는 작업자의 안전을 위협할 수 있으며, 이는 프로젝트의 진행에도 중대한 영향을 미치게 된다. 또한, 해체 및 시공 단계에서는 고도의 전문성이 요구되는 다양한 시공 기술이 필요하다. 해체 및 시공 과정에서 안전관리와 기술적 복잡성, 환경적 영향 등 다양한 측면에서 리스크를 사전에 식별하고 관리하는 것이 필수적이며, 이를 통해 병원 리모델링 프로젝트가 안전하고 효율적으로 완료될 수 있도록 보장해야 하는 것이 중요한 관건이다.

##### 4.2 소분류 요인 분석 및 결과

대분류 요인 중의 하나인 요구조사 단계가 포함하는 4개의 소분류 요인 중에서 사전조사 미흡이 가장 중요하게 고려해야 하는 리스크 요인으로 나타났다. 사전조사는 리모델링 프로젝트의 초기 단계에서 수행되는 중요한 활동으로, 프로젝트의 전반적인 계획과 실행에 영향을 미치는 다양한 정보를 수집하고 분석하는 과정이다. 이 과정에서 얻은 정보는 리모델링의 범위와 목표 설정, 설계 및 시공 계획 수립에 필수적인 기초 자료로 사용된다. 만약 사전조사가 미흡할 경우에는 공사 도중에 예상하지 못한 구조적 문제가 발견되어 추가 비용과 시간 소요를 초래할 수 있다. 그리고 이해관계자의 요구사항이 충분히 반영되지 않아 리모델링 결과물에 대한 불만족이 발생할 가능성이 크다. 따라서 철저한 사전조사는 리모델링의 성공적인 완료를 위해 필수적이며, 프로젝트 관리자는 이 단계에서 필요한 자원과 노력을 충분히 투입하여 리스크를 최소화해야 한다. 대분류 요인 중의 하나인 기획 및 설계 단계가 포함하는 소분류 요인 중에서 건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치가 가장 높은 중요도를 가지는 리스크 요인으로 조사되었다. 본 연구의 결과는 종합병원과 같은 복잡한 건축 환경에서 다양한 시스템 간의 통합이 중요하다는 점을 강조하며, 설계 불일치로 인해 발생할 수 있는 문제들이 프로젝트 전반에 걸쳐 상당한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 건축, 기계, 전기 시스템은 종합병원의 주요 운영 인



프라를 구성하며, 각각의 시스템이 독립적으로 설계되기 보다는 상호 의존적이고 통합적인 방식으로 설계되어야 한다. 건축 설계와 기계 시스템, 전기 시스템 간의 불일치는 시스템 상호작용 오류를 유발할 수 있다. 예를 들어서, 전기 배선과 HVAC(Heating, Ventilation, Air Conditioning) 시스템의 배치 간 불일치는 과열, 전력 부족, 또는 환기 문제를 발생시킨다. 그리고 각 시스템의 기술적 사양이 상충할 경우, 특정 기술이 필요한 장소에 배치되지 못하거나, 필수적인 유지 관리 접근성이 확보되지 않는 등의 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 초기 설계 단계에서의 철저한 조정과 검토, 그리고 각 시스템의 설치에 관한 명확한 의사소통과 협업이 필요하다. 또한, 통합된 설계 접근 방식과 엄격한 품질 관리 프로세스를 통해 이러한 불일치가 발생할 가능성을 최소화하는 것이 중요하다. AHP 분석을 통해 해체 및 시공단계의 여러 리스크 요인을 평가한 결과, 안전사고 발생이 가장 중요한 소분류 요인으로 나타났다. 해체 및 시공단계는 기존 구조물의 일부 해체와 새로운 구조물의 시공이 동시에 진행되는 복잡한 과정으로, 다양한 기술적, 인적, 환경적 요소들이 혼합되는 단계이다. 이 과정에서는 여러 가지 물리적 위험을 포함하고 있으며, 해체 작업 중의 구조물 붕괴와 시공 중 장비 사용의 부주의, 전기 및 화재 사고 등의 위험이 상존한다. 이와 함께, 안전사고가 발생하는 경우에는 법적 책임이 따르며, 이는 프로젝트의 비용을 크게 증가시킬 수 있다. 안전사고의 발생으로 인한 법적 소송과 의료비용, 작업 지연에 따른 추가 비용 등은 프로젝트의 재정적 안정성을 위협할 수 있다. 따라서 프로젝트 관리자는 철저한 안전 계획을 수립하고, 안전 교육 및 훈련, 위험 요소 사전 식별 및 제거, 긴급 대응 계획 마련 등을 통해 안전사고를 예방하고 관리해야 한다. 종합병원 리모델링 과정에서 유지관리 단계는 리모델링이 이루어진 후에 병원의 지속적인 운영과 시설의 안정성을 보장하는 데 중요한 역할을 담당한다. 본 연구에서는 유지관리 단계에서 고려해야 할 소분류 리스크 요인 중에서 각종 설비용량 및 성능 검토 미비가 가장 중요하게 고려해야 할 요인으로 나타났다. 설비용량 및 성능 검토는 병원 운영의 핵심 인프라를 구성하는 다양한 시스템의 효율성과 안정성을 보장하기 위한 필수적 절차이다. 여기에는 전력 공급 시스템과 HVAC 시스템, 의료 가스 공급, 수처리 시스템, 데이터 및 통신 인프라 등이 포함된다. 이러한 시스템들은 병원의 일상적인 의료 서비스 제공에 필수적이며, 그 용량과 성능이 적절히 유지되지 않으면 병원 운영에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구의 결과는 유지관리 단계에서의 예방 조치와 개선 방안을 제안하는 데 중요한 기초 자료를 제공한다. 구체적으로, 각종 설비의 용량과 성능을 정기적으로 평가하고, 필요한 경우에는 업그레이드를 통해 시스템의 안정성을 유지해야 한다. 또한, 예비 설비와 백업 시스템을 마련하여 긴급 상황에서의 대응력을 강화한다. 이와 함께, 실시간 모니터링 시스템을 도입하여 설비의 성능을 지속적으로 감시하고, 이상 징후를 조기에 감지하여 대응해야 할 것으로 여겨진다.

#### 4.3 발주자 측면의 리스크 요인

종합병원 리모델링 과정에서 발주자 측면에서 고려해야 할 공정관리 단계의 리스크 요인에 대해 중요도를 평가한 결과, 공사가능 예측오류와 부적격업체 선정이 가장 중요한 요인으로 나타났다. 공사가능 예측오류는 프로젝트의 특정 기능 또는 기술적 요구 사항이 제대로 예측되지 못하거나 과소평가되는 경우를 의미한다. 이는 리모델링 프로젝트의 복잡성과 특수성, 특히 의료시설의 엄격한 기준과 요구사항을 고려할 때 더욱 중요하게 다뤄져야 하는 문제이다. 이와 함께, 부적격업체 선정은 리모델링 프로젝트를 수행하는 데 필요한 기술적, 재정적, 운영적 역량이 부족한 업체가 선정되는 상황을 뜻한다. 이는 발주자가 업체의 자격과 역량을 충분히 평가하지 않거나, 잘못된 기준으로 업체를 선정하는 경우 발생할 수 있다. 발주자는 이들 리스크를 효과적으로 관리하기 위해, 초기 단계에서 철저한 요구 조사와 정확한 기술적 평가, 그리고 엄격한 업체 선정 기준을 적용해야 한다. 이를 통해 프로젝트의 경제적, 시간적, 품질적 측면에서의 리스크를 최소화하고, 궁극적으로 환자와 의료진 모두에게 안전하고 효율적인 병원 환경을 제공할 수 있다. 종합병원 리모델링 과정에서 발주자 측면에서의 원가관리에 관한 리스크 요인은 프로젝트의 전체 비용을 관리하고 최적화하는 데 중요한 역할을 담당한다. AHP 분석을 통해 식별된 여러 리스크 요인 중에서, 사전조사 미흡으로 인한 설계변경 다수발생이 가장 중요한 요인으로 나타났다. 이 결과는 발주자가 프로젝트 초기 단계에서 충분한 사전조사를 수행하지 못할 경우, 후속 단계에서 발생할 수 있는 비용 초과 및 일정 지연 문제를 야기할 수 있음을 시사한다. 설계 변경은 리모델링 사업의 원가 및 일정에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 특히, 이러한 변경이 시공 단계에서 발견될 경우, 이미 진행된 공사의 재작업, 추가 자재 구매, 작업 인력의 재배치 등으로 인해 비용이 급격히 상승할 가능성이 크다. 또한, 설계변경은 시공 일정을 지연시키고, 병원의 정상 운영을 방해할 수 있는 잠재적 위험을 증대시킨다. 따라서 기존 건물의 모든 물리적, 기술적 상태를 철저히 파악하기 위해 전문가를 통한 현장 조사를 강화해야 하며, 모든 이해관계자의 요구사항을 명확하게 정의하고 문서화하여 설계 단계에서 정확하게 반영될 수 있도록 노력해야 한다. 또한, 설계 변경에 따른 리스크를 최소화하기 위한 철저한 위험 관리 계획을 수립하고, 비용 초과 및 일정 지연에 대비한 예비 자금을 확보하는 것이 바람직하다. 공사업체 및 하도급 업체의 능력에 관한 요인이 발주자가 고려하는 안전관리 단계의 리스크 요인 중에서 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 평가되었다. 종합병원 리모델링은 의료 시설의 특성상 일반 건축물과는 다른 고도의 기술적 요구사항이 수반된다. 이는 특히 수술실, 중환자실, 방사선실 등 고도로 전문화된 공간의 개보수나 신축에서 두드러진다. 공사업체 및 하도급 업체가 이러한 기술적 요구를 충족시키지 못할 경우, 리모델링 결과물의 품질 저하뿐만 아니라 심각한 안전 문제를 초래할 수 있다. 따라서, 관련 분야에서 충분한 경험과 기술적 역량을 가진 업체의 선정이 필수적이다. 발주자는 업체 선

정 과정에서 공사업체와 하도급 업체의 과거 수행 실적, 기술적 역량, 재정적 안정성, 프로젝트 관리 능력 등을 철저히 검토해야 하며, 이는 입찰 과정에서의 평가 기준을 명확히 하고, 적격 업체를 선별하는 데 도움이 될 것으로 여겨진다. 종합병원 리모델링 과정에서 발주자 측면에서 고려해야 할 안전관리 단계에 관한 리스크 요인을 분석한 결과, 안전능력을 갖추지 못한 시공자 선정이 가장 중요한 요인으로 나타났다. 시공자의 안전능력은 리모델링 과정 중 발생할 수 있는 다양한 안전 위험을 효과적으로 관리하고 예방하는 데 핵심적인 역할을 담당한다. 종합병원 리모델링 프로젝트는 일반 건축물에 비해 복잡하고 민감한 요소들을 포함하고 있다. 발주자는 리모델링 프로젝트에서 시공자 선정의 책임을 지고 있으며, 이는 프로젝트의 안전성과 성공에 중요한 영향을 미친다. 따라서 발주자는 시공자의 안전능력을 평가할 때 다양한 기준을 사용하여 철저한 검토를 수행해야 하며, 이와 동시에 공사 과정에서 정기적인 안전 감사를 실시하고, 시공자가 안전 관리 계획을 철저히 이행하고 있는지 감독해야 한다. 인수인계 부실에 관한 리스크 요인이 유지관리 단계에서 발주자가 가장 중요하게 고려해야 할 요인으로 나타났다. 인수인계 과정에서 리모델링 프로젝트와 관련한 모든 기술적 문서, 설계 도면, 유지관리 매뉴얼 등이 제대로 전달되지 않으면, 발주자와 병원 운영팀은 추후의 시설관리를 원활하게 수행할 수 없다. 그리고 유지보수 작업의 효율성을 저하시킬 뿐만 아니라, 장기적으로는 시설의 성능 저하와 관련된 추가 비용이 발생할 수 있다. 따라서 발주자는 모든 시설과 시스템이 리모델링 설계 및 계약 기준에 맞는지 확인하는 철저한 검수 과정을 시행해야 하며, 모든 기술적 문서와 매뉴얼을 전달받고, 이를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템을 구축해야 한다. 이와 함께, 가능한 모든 시설과 시스템에 대한 보증 및 서비스 계약을 명확히 하고, 추후 문제 발생 시의 대응 방안을 미리 마련해야 한다.

#### 4.4 시공자 측면의 리스크 요인

본 연구는 시공자가 고려해야 할 대분류 리스크 요인을 공정 관리와 원가관리, 품질관리, 안전관리, 유지관리로 분류하였다. 그리고 각각의 대분류 요인이 포함하는 소분류 요인에 대하여 중요도를 계산하였다. 수집된 자료에 대해 AHP 분석을 수행한 결과, 공사 중 안전사고 발생과 공사비 예측 및 실행예산 편성 오류, 종합적이고 고품질의 기술력 요구, 시공 중의 안전사고, 그리고 설계변경을 미반영한 추가공사 요구가 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 종합병원 리모델링 과정에서 공사 중 안전사고 발생에 관한 요인이 중요한 리스크 요인으로 나타난 본 연구의 결과는 병원의 특수성과 리모델링 작업의 복잡성이 함께 반영된 결과라고 판단할 수 있다. 시공자는 공정관리 단계에서 포괄적인 안전 관리 전략을 수립하고 시행해야 한다. 예를 들어서, 모든 시공 인력과 병원 직원에게 철저한 안전 교육과 훈련을 제공하여, 사고 발생 시 대응 능력을 향상시켜야 한다. 그리고 위험 평가, 안전 점검, 사고 보고 및 분석을 통해

체계적인 안전관리 시스템을 구축하고, 위험 요소를 사전에 식별하고 관리할 수 있도록 해야 한다. 공사비 예측과 실행예산 편성은 프로젝트의 초기 단계에서부터 실행 단계에 이르기까지 원가관리를 위한 기초 자료를 제공한다. 정확한 예측과 예산 편성은 자금의 적절한 배분을 가능하게 하며, 예산 초과를 방지하는 데 중요한 역할을 담당한다. 예산 초과는 프로젝트의 전체적인 재정적 건전성을 위협하고, 추가 자금 조달의 필요성을 초래할 수 있다. 또한, 예산 편성의 정확성은 자재의 선택과 시공 방법 결정, 인력 배치 등 다양한 의사결정에 영향을 미치게 된다. 잘못된 예산 편성은 잘못된 의사결정을 초래할 수 있으며, 이는 리모델링 프로젝트의 전반적인 시간과 비용, 그리고 품질에 부정적인 영향을 미치게 된다. 본 연구의 결과는 리모델링 시공자가 리모델링의 초기 단계에서부터 공사비 예측과 예산 편성의 정확성을 높이기 위해 철저한 계획과 검토 과정을 거칠 필요가 있음을 시사한다. 이를 통해 프로젝트의 예산 초과를 방지하고, 자원의 효율적 사용을 보장하며, 최종적으로는 종합병원의 기능성과 서비스 품질을 향상시키는 데 기여할 것으로 예상된다. 종합병원 리모델링은 일반 건축 프로젝트와 달리 고도의 전문성을 요구하는 복잡한 작업이다. 병원은 다양한 진료 부서와 첨단 의료 장비, 정밀한 환경 제어 시스템 등을 포함하고 있으며, 리모델링 과정에서 이러한 요소들을 통합하고 유지하기 위해서는 고도의 기술적 전문성이 필요로 한다. 리모델링 공사 과정에서 각 공정의 품질을 철저히 관리하는 것은 최종 결과물의 품질을 보장하는 데 중요하다. 따라서 시공자들은 고품질의 기술력을 확보하고 이를 유지하기 위한 교육과 훈련, 적절한 기술적 지원 시스템을 구축하는 것이 필수적이라는 점을 본 연구의 결과가 시사한다. 시공자 측면에서 고려해야 할 안전관리 단계의 여러 리스크 요인을 분석한 결과, 시공 중의 안전사고가 가장 중요한 요인으로 나타났다. 종합병원 리모델링과 같은 대규모 프로젝트에서는 다양한 공정이 복합적으로 이루어지며, 이 과정에서 여러 가지 잠재적 위험에 노출된다. 시공 중의 안전사고는 시공에 참여하는 인력뿐만 아니라 병원 직원과 환자, 방문객 등 모든 관련자의 안전에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 시공 중 안전사고를 예방하기 위해서는 포괄적이고 체계적인 안전관리 계획이 필요하다. 이는 사전 위험 평가와 안전 교육, 보호장비 사용, 현장 모니터링 등을 포함하며, 시공 현장에서의 사고 발생 가능성을 최소화하는 것을 목표로 해야 한다. 설계변경 미반영한 추가공사 요구는 설계 변경이 적시에 반영되지 않았거나, 시공 과정에서 새로운 요구사항이 발생했을 때 추가 공사가 필요하게 되는 상황을 의미한다. 본 연구의 결과는, 시공자와 설계자 간의 긴밀한 협력과 커뮤니케이션의 중요성을 강조한다. 시공자는 설계변경 사항을 적시에 파악하고 반영할 수 있는 시스템과 프로세스를 구축해야 하며, 설계자는 시공자가 직면할 수 있는 문제를 이해하고, 변경 사항을 명확하고 구체적으로 전달해야 한다. 또한, 프로젝트 관리자는 설계변경에 따른 추가 공사 요구를 효과적으로 관리하기 위해, 초기 요구조사와 설계 단계에서 가능한 한 모든 이해관계자의 요구를 충분히 반영하고, 프로젝트 범위를 명확하게 정의해야 한다.

## 5. 결론

본 연구는 종합병원 리모델링 과정에서 고려해야 할 리스크 요인의 상대적 중요도를 평가하였다. 이를 위하여 AHP 기법을 활용하여 4개의 대분류 요인과 16개 소분류 요인의 우선순위를 평가하였다. 또한, 발주자 및 시공자의 관점에서 고려해야 할 리스크 요인을 5개의 대분류 요인으로 선정하고 이들이 포함하는 각 4개의 소분류 요인의 우선순위를 평가하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 종합병원의 리모델링과 관련하여 요구조사 단계, 기획 및 설계 단계, 해체 및 시공 단계, 유지관리 단계를 포함하는 4개의 대분류 리스크 요인 중에서 요구조사 단계(=0.36) 요인이 가장 중요하게 고려해야 하는 리스크 요인인 것으로 나타났다. 그리고 해체 및 시공 단계(=0.30), 기획 및 설계 단계(=0.26) 및 유지관리 단계(=0.08)의 순서로 중요도가 평가되었다.

2) 16개의 소분류 리스크 요인들의 상대적 중요도를 계산한 결과, 사전조사 미흡에 관한 요인(=0.164)이 가장 우선적으로 고려해야 할 리스크 요인인 것으로 평가되었다. 그리고 뒤를 이어서 안전사고 발생(=0.130), 건축, 기계, 전기 등의 설계 불일치(=0.097), 공사기획 및 설계기간 부족(=0.077), 해체시 소음진동 분진에 의한 민원(=0.076) 등의 순서로 중요도가 평가되었다.

3) 발주자 측면에서 평가한 자료에 대하여 AHP 분석을 수행한 결과, 20개의 소분류 리스크 요인 중에서 공사기간 예측 오류 및 부적격업체 선정, 사전조사 미흡으로 인한 설계변경 다수 발생, 공사업체 및 하도급 업체의 능력, 안전능력을 갖추지 못한 시공자 선정, 그리고 인수인계 부실과 관련한 요인이 가장 중요하게 고려되어야 하는 것으로 나타났다.

4) 시공자 측면을 고려하여 20개의 소분류 리스크 요인의 중요도를 평가한 결과, 공사 중 안전사고 발생, 공사비 예측 및 실행예산 편성 오류, 종합적이고 고품질의 기술력 요구, 시공 중의 안전사고, 그리고 설계변경 미반영한 추가공사 요구에 관한 요인이 가장 우선적으로 고려해야 하는 리스크 요인인 것으로 나타났다.

5) 발주자와 시공자는 서로 다른 관점에서 성공적인 종합병원 리모델링을 위해 우선시하는 리스크 요인이 서로 다른 것으로 나타났다. 따라서 발주자와 시공자가 가지는 관점의 차이를 인식하고 상호 협력하는 것이 종합병원 신축공사의 성공적인 완수를 위해 필수적이다.

## 참고문헌

- 곽보윤, 이소연, 2023, "리모델링과 재건축 공동주택의 거주 후 평가 (POE) 연구", 대한건축학회논문집, 39(4), 39-48.
- 국가법령정보센터, 2023, "건축법", <https://www.law.go.kr/>
- 김동재, 최용재, 김갑열, 2010, "병원건축물 리모델링의 경제적 타당성에 관한 연구: 삼성제일병원을 중심으로", 한국건설관리학회논문집, 11(1), 70-78.
- 김상복, 양내원, 2012, "실별 기능분석을 통한 리모델링 병원의 공간변화에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 28(6), 105-112.
- 김서영, 권지훈, 2018, "리모델링 전·후 종합병원에서의 이용자 이동에 따른 공간의 감염 노출 가능성의 분석 기법에 관한 연구", 대한건축학회연합논문집, 20(2), 77-86.
- 김영애, 이현진, 2023, "재난에 대응하는 병원 업무연속성의 설계요소 조사", 대한건축학회논문집, 39(9), 93-104.
- 김준섭, 김정원, 문현준, 2024, "민감도 분석과 다기준 의사결정 기법을 활용한 그린 리모델링 최적 대안 도출", 한국생활환경학회지, 31(1), 21-27.
- 김진호, 황찬규, 김지형, 2022, "AHP 기법을 이용한 건축분야 BIM 활성화 방안 연구", 한국건축시공학회지, 22(5), 473-483.
- 신태섭, 정미영, 2021, "의료기관 리모델링의 법적 제문제", 한국콘텐츠학회논문지, 21(8), 294-304.
- 임동권, 정준호, 이육재, 2023, "중소형빌딩 리모델링의 리스크 요인 유형화 연구: 서울시 중소형빌딩 리모델링을 중심으로", 한국주거환경학회지주거환경, 21(2), 89-104.
- 임재현, 이용환, 2022, "AHP 분석을 통한 학교건축 개축 판단 분석", 교육녹색환경연구, 21(4), 13-20.
- 임진우, 박재승, 2004, "치유환경 요소를 고려한 종합병원의 리모델링 사례연구: A병원 사례를 중심으로", 의료·복지 건축, 10(1), 7-17.
- 최광석, 김기연, 2016, "중소규모 병원의 리모델링 계획 특성에 관한 연구: 300병상 종합병원 계획사례를 중심으로", 의료·복지건축, 22(4), 105-115.
- 홍순명, 2008, "기존병원 중심의 리모델링과 새 병원중심의 리모델링 비교연구: A 종합병원을 중심으로", 의료·복지 건축, 14(1), 7-20.
- Alkheder, S.; Al Otaibi, H.; Al Baghli, Z.; Al Ajmi, S.; &Alkhedher, M., 2023, "Analytic hierarchy process (AHP) assessment of Kuwait mega construction projects' complexity. Engineering Construction and Architectural Management", 21, DOI:10.1108/ECAM-10-2021-0933
- Alkubaisi, A.; Alnsour, M., 2022, "Using AHP method for development of existing building green assessment system in Jordan", Asian Journal of Civil Engineering, 23(5), 1231-1250.
- Ayalew, G. G.; Ayalew, G. M.; Meharie, M. G., 2023, "Integrating exploratory factor analysis and fuzzy AHP models for assessing the factors affecting the performance of building construction projects: The case of Ethiopia", Cogent Engineering, 10(1), 1-38.
- Chan, A. P. C.; Chan, A. P. L., 2004, "Key performance indicators for measuring construction success", Benchmarking: An International Journal, 11(2), 203-221.
- Çubukçuoğlu, C.; Nourian, P.; Tasgetiren, M. F.; Sariyildiz, S., 2021, "Hospital layout design renovation as a Quadratic Assignment Problem with geodesic distances", Journal of Building Engineering, 44, 102952, DOI:10.1016/j.job.2021.102952

- Deepika, S.; Anandakumar, S.; Bhuvanesh, K. M.; Baskar, C., 2023, "Performance appraisal of supplier selection in construction company with Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, and DEA: A case study based approach", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 45(6), 10515-10528.
- Dikmen, I.; Birgonul, M. T., 2011, "An analytic hierarchy process based model for risk and opportunity assessment of international construction projects", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(1), 58-68.
- Gavit, S. C.; Pitroda, J.; Makwana, A. H., 2019, "Risk management in high rise construction projects: A review", *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(4), 66-71.
- Hong, S., 2005, "A study on the response strategies for risk management of remodeling projects: Focusing on remodeling projects of women's hospitals", Unpublished Doctoral Dissertation, Youngnam University.
- Jiang, L-X.; Chen, J-H.; Wang, E-L.; Zeng, W.; Chen, H.; Su, Z-M., 2021, "Process analysis and optimization of modern general hospital projects based on lean construction", *Journal of Engineering Management*, 36(5), 130-135.
- Kim, J-H.; Hwang, C-G.; Kim, J-H., 2022, "A Study on the Revitalization of BIM in the Field of Architecture Using AHP Method", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 22(5), 473-483.
- Kordi, N. E.; Belayutham, S.; Ibrahim, C. K. I. C., 2022, "Social sustainability in construction projects: Perception versus reality and the gap-filling strategies", *Frontiers in Build Environment*, 8, DOI:10.3389/fbuil.2022.1053144
- Liao, H.; Ren, R.; Li, L., 2023, "Existing building renovation: A review of barriers to economic and environmental benefit", *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 20(5), 4058; DOI:10.3390/ijerph20054058
- Ma, S.; Tian, Q.; Zou, C.; Yang, G., 2023, "Quality risk evaluation of urban rail transit construction based on AHP-FCE method", *Advances in Civil Engineering*, DOI:10.1155/2023/2187071
- Miller, G. A., 1956, "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information", *Psychological Review*, 63(2), 81-97.
- Petrousatou, K.; Ladopoulos, I.; Nalmpantis, D., 2023, "Hierarchizing the Criteria of Construction Equipment Procurement Decision Using the AHP Method", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(9), 3271-3282.
- Rozga, P.; Kraslawski, A.; Klaecki, A.; Romanowski, A.; Krysiak, W., 2021, "A new approach for decision support of the selection of construction technology of high-voltage substations based on AHP method", *IEEE Access*, 9, 73413-73423.
- Saaty, T. L., 1980, "The analytic hierarchy process", McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., 1983, "Priority setting in complex problems", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 30(3), 140-145.
- Sodangi, M.; Salman, A., 2023, "AHP-DEMATEL modelling of consultant related delay factors affecting sustainable housing construction in Saudi Arabia", *International Journal of Construction Management*, 23(16), 2859-2868.
- Wang, Q.; Tian, L.; Yan, H.; Zhang, G.; Yin, H., 2024, "Maturity evaluation of real-name management for construction enterprise workers based on PMMM model and AHP algorithm", *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 24(1), 277-287.
- Xu, H.; Li, P.; Yang, Z.; Liu, X.; Wang, Z.; Yan, W.; He, M.; Chu, W.; She, Y.; Li, Y.; Cao, D.; Yan, M.; Zhang, Z., 2020, "Construction and application of a medical-grade wireless monitoring system for physiological signals at general wards", *Journal of Medical Systems*, 44, DOI:10.1007/s10916-020-01653-z

접수 : 2024년 8월 9일  
 1차 심사완료 : 2024년 8월 19일  
 게재확정일자 : 2024년 8월 19일  
 3인 익명 심사 필

