

# User Requirement Analysis on Risk Management of Architectural Heritage in Virtual Reality

Jongwook Lee\*

## Abstract

We propose a method to analyze user requirements to design a virtual reality-based risk management system. This paper presents surveys, interviews, prototype evaluation methods, and implementation process. Architectural heritage is easily exposed to natural and artificial dangers caused by various material combinations and structural features. So, risk management of cultural heritage plays a key role in preserving and managing cultural heritage. However, risk management has been carried out through empirical methods using distributed data. This study analyzes user requirements for designing functions and interfaces of VR-based risk management system and evaluates prototypes to overcome the above problems. As a result, most heritage managers wanted a system function to support risk analysis and response. They also found that they prefer 2D information such as existing drawings and photos rather than 3D information. The results of the user requirements analysis derived from this study will be used to create risk management applications.

▶ Keyword: Risk management, User requirement analysis, Virtual reality, Architectural heritage, Building maintenance

## I. Introduction

건축문화유산은 다양한 재료 조합과 구조적 특징으로 인한 자연적 인공 위협과 위험에 쉽게 노출되어 있다. 예를 들어 홍수, 산사태, 산사태, 해안 침식, 화재, 지진, 인명 위험, 산업화 및 화학 폐기물과 같은 위험에 지속적으로 노출되어 있다. 특히 목조 건축 유산은 나무 재료 특성으로 인해 화재, 습기, 해충 및 자연 침입에 매우 취약하여 손상이 자주 발생한다. 이러한 변형 및 손상은 목재 구성품의 균열, 비틀림, 누수, 정착, 변위, 변형 및 붕괴를 유발하여 건물의 내구성을 저하 시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위한 문화유산의 위험 관리(risk management)는 문화유산을 보존하고 관리하는데 핵심적인 역할을 한다. 문화유산의 위험 관리(risk management)는 유적지에 대한 가능한 손상을 식별, 평가 및 분석하는 프로세스 또는 문화유산에 대한 손상을 줄이기 위한 전략을 수립하는 프로세스로 정의할 수 있

다. 그러나 지금까지의 위험 관리는 분산된 자료를 활용하여 경험적인 방법을 통해서 수행되어 왔다.

이러한 문제를 극복하기 위해, 본 연구는 가상현실에서 위험 관리(risk management system)의 기능과 인터페이스를 설계하기 위한 사용자 요구사항을 분석하고 프로토타입을 제안하여 평가하고자 한다. 본 연구는 시스템의 인터페이스 및 상호작용에 대한 설계 기준을 정의하기 위해 4단계를 수행했다 (Fig. 1). 먼저 전문가 인터뷰를 통해 시스템 요구사항을 분석하고 초기 디자인을 검토하였다. 그리고 우리는 시스템 요구사항을 구체적으로 반영하는 프로토타입을 제작하였다. 마지막으로 프로토타입 평가를 수행하고 설계 기준과 시스템 기능을 도출하였다.

• First Author: Jongwook Lee, Corresponding Author: Jongwook Lee

\*Jongwook Lee (bellee85@gmail.com), Graduate School of Culture Technology, Korea Advanced Institute of Science and Technology

• Received: 2019. 09. 02, Revised: 2019. 09. 23, Accepted: 2019. 09. 23.

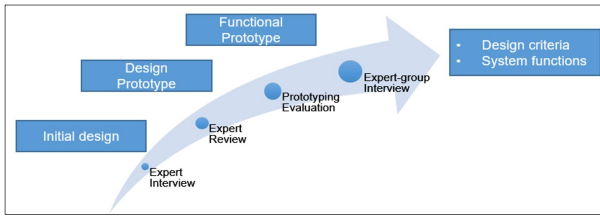


Fig. 1. Process of user requirement analysis

사용자 요구사항 분석은 상호작용 시스템(interactive system)을 설계하는 데 중요한 프로세스이다[1]. 사용자가 실제로 시스템을 운영하려면 사용자 요구사항을 설정하고 문서화하는 것이 특히 중요하다. 이 사용자 요구사항 분석을 기반으로 시스템 기능, 인터페이스 및 상호작용을 설계할 수 있다.

우리는 사용자 요구사항을 반영하여 프로토타입을 디자인하고 평가했다. 특히 전문가 인터뷰를 기반으로 가상현실에서 위험 관리를 위한 디자인 기준과 시스템 기능을 수정하였다. 이 연구의 사용자 요구사항 분석 결과, 디자인 기준 및 시스템 기능은 향후 위험 관리 시스템을 제작하는데 활용할 수 있다.

## II. Preliminaries

### 1. Risk management of architectural heritage

Risk는 일반적으로 ‘부정적인 영향을 줄 수 있는 일이 일어날 확률로 정의된다. 문화유산에 대한 위험(risk)은 지진, 홍수, 화재 및 무력 충돌과 같은 갑작스러운 사건에서부터 화학, 물리적 또는 생물학적 분해와 같은 지속적인 사건에 이르기까지 다양하다[2]. 문화유산이 한번 손상되면 그 가치를 잃게 되고 완전히 복원 할 수 없기 때문에 위험 관리가 매우 중요하다.

현재 문화유산의 손상을 막기 위해 위험 관리가 시행되고 있다. 문화유산의 위험 관리는 유적지에 대한 가능한 손상을 식별, 평가 및 분석하는 프로세스 또는 문화유산에 대한 손상을 줄이기 위한 전략을 수립하는 프로세스로 정의 할 수 있다(Fig. 2). 위험 관리는 유산의 진정성 상실을 방지하는 효과적인 방법이기 때문에 유산의 보존 및 개입에 핵심적인 역할을 한다[3]. 보존 및 관리 계획 결정을 돕는 방법 및 도구에 대한 연구는 적절한 위험 관리를 위해 많은 문화 유산 단체에 의해 수행되었다.

건설 분야에서 위험(risk)은 바람직하지 않은 위험의 가능성과 그에 따른 결과로 정의될 수 있다[4]. 건축문화유산은 구조적 불안정성과 다양한 건축 부재가 조합되어 이루어지므로 위험 관리가 매우 중요하다. 건축문화유산의 위험 관리를 위해서 건축문화유산의 손상 확률 또는 영향을 최소화, 모니터링 및 제어하기 위해 자원을 적용하는 것이 중요하다. 위험 관리는 위험 확인(risk identification), 위험 분석(risk analysis), 위험 대응(risk response)으로 나눌 수 있다. 각각의 단계에서 생산되는

맥락 정보(context information)는 저장되고 관리되어 지속적인 위험 관리에 활용된다[5].

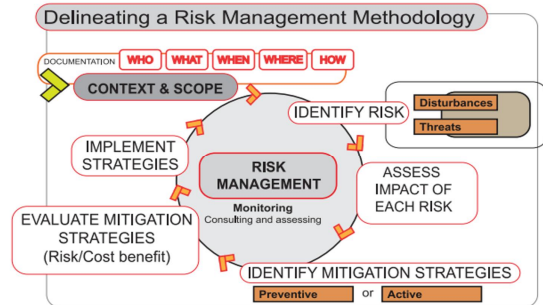


Fig. 2. Process of risk management[5]

### 2. Risk management system for architectural heritage

건축문화유산의 위험 관리를 위한 시스템으로는 BIM(Building Information Modeling) 및 GIS(Geographic information system)가 대표적이다. 두 시스템은 분산된 위험 관리 정보들을 통합, 기록, 관리, 검색 및 공유할 수 있도록 지원한다.

BIM은 프로젝트에서 건축, 유지 보수, 관리 및 해체에 이르기까지 건물의 전체 수명주기에 대한 프로세스이다. BIM은 사전에 정의된 매개 변수화된 라이브러리에서 디지털 객체를 불러와서 건축물의 3D 모델을 구성한다[6]. 또한 GIS는 기하학적 형상과 관련된 데이터베이스 요소를 저장, 조작, 분석 및 시각화하도록 설계된 기술이다[7].

그러나 BIM, GIS와 같은 기존의 위험 관리를 위한 시스템들은 몰입형 환경에서 정보를 공유하고 상황에 따라 정보를 검색할 수 있는 가상현실 어플리케이션과 연동하는데 한계가 있다. 본 연구는 기존의 시스템들의 한계점을 극복하기 위한 가상현실 어플리케이션을 제안하기 위해 사용자 요구사항을 조사하고 분석하고자 한다.

### 3. Virtual reality for architectural heritage management

가상현실은 실제 환경을 시뮬레이션하여 해당 환경에 몰입하는 느낌을 주는 기술을 의미한다. 가상 환경은 회전, 확대, 축소와 같은 자연스러운 사용자 인터페이스(NUI)를 사용하여 객체에 대한 정보를 확인하는데 용이하다. 또한 가상현실에서의 원격 진단은 다양한 원격 사이트에서 현장 정보를 진단하는 장점이 있다.

건축문화유산의 위험 관리에 가상현실 기술을 사용하면 다음과 같은 이점이 있다. 첫째, 사람들이 실제로 유산 건물에 실제로 있지 않고도 중요한 정보와 상호작용하고 직관적으로 중요한 정보를 공유하고 수리 작업을 계획할 수 있다. 둘째, 많은 전문가들이 가상 환경에서 공동 작업을 수행할 수 있다. 이러한 이점으로 최근 건축문화유산의 관리에 가상현실이 활발히 적용되고 있다 [8, 9]. 예를 들어 Fassi(2016)는 헤리티지 관리자

가 가상 환경에서 위험 정보를 식별하고 공유할 수 있는 가상 현실 애플리케이션을 사용하였다[10].

이와 같은 논의를 기반으로 본 연구는 건축문화유산의 위험 관리를 위한 사용자 요구사항을 분석하고, 가상현실 기반의 프로토타입을 제안하여 평가하고자 한다.

### III. Method

#### 1. User requirement analysis

본 연구에서는 시스템과 디자인에 관한 사용자 요구사항을 수집하기 위해 전문가와 문화유산 관리자를 대상으로 한 설문 조사와 인터뷰를 수행하고자 한다. 전문가는 10년 이상의 기간 동안 문화유산의 위험 관리를 수행한 사람으로 정의하였고, 전문가를 대상으로는 심층 인터뷰를 실시하고자 한다. 문화유산 관리자는 경력에 상관없이 현장에서 문화유산을 관리하는 사람으로 정의하였으며, 이들을 대상으로는 설문조사와 인터뷰를 실시하고자 한다.

사용자 요구사항 분석을 통해 위험 관리를 위한 메타데이터와 인터페이스 및 인터랙션 디자인 기준을 도출할 수 있다. 우리는 가상현실에서 위험 관리를 위한 인터페이스 및 상호작용을 개발하는 데 적합한 메타데이터 구조와 속성을 정의하고자 하였다. 인터페이스 및 인터랙션 디자인 기준은 프로토타입을 제작하는데 반영된다.

#### 2. Prototype evaluation

사용자 요구사항 분석에 따라 가상현실 애플리케이션 프로토타입을 제작한다. 이후 이 애플리케이션의 효율성을 측정하기 위해 문화유산 관리자를 대상으로 설문조사를 실시하고자 한다. 이것은 프로토타입 평가 결과를 기반으로 시스템 기능과 설계 기준을 도출하고자 한 것이다[11].

### IV. Result of user requirement analysis

#### 1. Survey method

우선 위험 관리 시스템에서 사용자 요구사항의 수집 및 분석을 위해 설문조사를 실시 하였다. 설문조사에는 편의 표집을 통해 모집한 문화유산 관리 작업에 종사하는 대전문화재돌봄사업단 소속 전문가 22명이 참여했다. 관리자는 편의 표집을 통하여 모집하였다. 설문조사의 목적은 관리자가 선호하는 정보 유형과 서비스 환경을 평가하기 위한 것이었다.

연구자들은 설문조사 전에 가상현실에서 위험 관리 개념을 제시하고 안내하였다. 설문조사는 위험 관리 프로세스(위험 식

별, 위험 분석 및 위험 대응) 가운데 관리자들이 어떤 것을 우선시하는지 평가하도록 했다. 또한 여러 가지 정보 유형(텍스트, 이미지, 2D 도면 및 3D 모델) 가운데 어떤 정보 유형이 정보를 전달하는데 유용한지 조사했다.

#### 2. Survey result

연구결과, 문화유산 관리자는 위험 관리의 모든 프로세스를 강조하는 것으로 나타났다. 위험에 대한 분석(평균 4.82 점)과 대응(평균 4.82 점)은 특히 중요한 것으로 나타났고 위험 식별은(평균 4.55 점)은 상대적으로 덜 중요한 것으로 나타났다. 이 결과는 문화유산 관리에 있어 위험에 대한 분석 및 대응이 더욱 시급하다는 것을 보여준다.

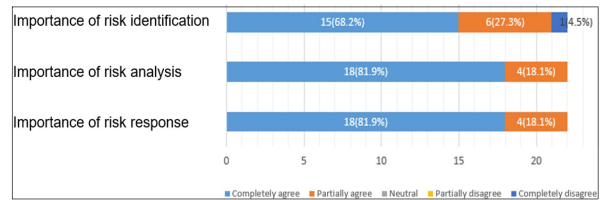


Fig. 3. Priority of risk management process

또한, 관리자들은 2D 도면(평균 4.59 포인트), 이미지(평균 4.59 포인트), 텍스트(평균 4.36 포인트) 및 3D 모델(평균 4.32 포인트)의 순서로 자료 유용성의 우선순위를 평가했다. 2D 도면은 건물의 구조를 이해하고 문제가 있는 구성 요소의 위치를 확인하기 위해 활용된다. 연구결과에서 2D 도면에 대한 선호도가 높게 나타난 것은 전문가들이 건축 유산의 손상을 식별하기 위해 2D 기반의 이미지와 그림에 익숙하기 때문으로 보인다.

한편, 본 연구에서는 3D 모델을 통해서도 문제가 있는 구성 요소의 위치를 보여주고 정보를 제공하고자 하였다. 그러나 연구결과 3D 모델에 대한 선호도는 낮게 나타났다. 현재 문화유산 관리에서 3D 모델은 활용되지 않기 때문에 결과가 낮게 나타난 것으로 보인다. 이러한 관리자들의 응답들은 시스템 설계 및 개선에 반영되었다.

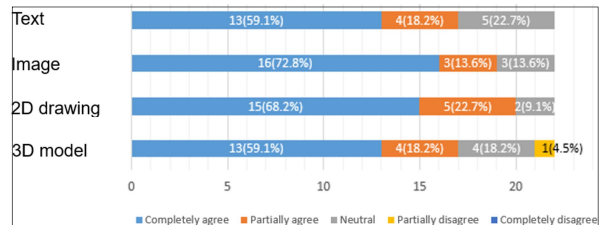


Fig. 4. Priority of media type

#### 3. Interview method

인터뷰는 전문가 및 관리자를 대상으로 수행하였다. 전문가는 국립문화재연구소에서 근무한 10년 이상의 경력을 가진 전문가 한 명을 편의 표집을 통하여 모집하였다. 또한 관리자는 설문조사에 참여한 22명을 대상으로 하였다.

한 명의 전문가와는 개별적으로 심층 인터뷰를 수행하였고, 관리자들과는 그룹 인터뷰를 수행했다. 그룹 인터뷰는 다양한 사용자들의 관점을 신속하게 확보하여 공통적인 의견을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 하지만 주요 참가자들이 그룹에 영향을 미친다는 단점이 있다[11].

4. Interview result

전문가 인터뷰 결과, 전문가는 디지털 기반 시스템이 시간을 절약하고 위험 관리 작업을 위해 이전 위험 관리 정보(텍스트, 이미지, 도면, 3D 모델)를 활용하는 데 종이 기반 시스템보다 더 실용적이라고 응답했다. 그는 손상 요인을 추측하는 것이 축적된 지식을 필요로 하는 복잡한 작업이기 때문에 위험 원인을 추천해주는 기능은 비전문가에게 좋은 참고자료가 될 수 있다고 답했다. 그는 가상현실 기반 시스템이 텍스트 또는 3D 모델 기반 모바일 관리 시스템보다 더 빨리 위험을 식별할 수 있다고 답하였다. 우리는 시스템 요구사항을 분석하고 평가 기준을 세울 때 이러한 인터뷰 내용을 반영하였다.

다음으로, 관리자를 대상으로 한 인터뷰 결과, 가상현실 어플리케이션을 통해 실무자들이 문화유산의 상태를 더 잘 이해할 수 있다는 언급이 있었다. BIM을 이용하여 3D 모델 및 관련 정보의 시각화가 유리하다는 것이다. 또한 가상현실 어플리케이션을 통해 추가 데이터를 가져가지 않고 현장에서 건물에 데이터를 얻는 것이 가능하다는 점도 언급되었는데, 이는 모바일 기반 BIM의 장점이다. 이 밖에도 증강현실이 보다 직관적이고 이전에 조사한 건축부재의 위치를 보다 쉽게 파악할 수 있기 때문에 시스템이 건물 문화재의 이력 및 수리 이력과 같은 정보를 신속하고 집합적으로 정확하게 파악할 수 있다는 언급도 있었다. 선행 연구에 따르면 BIM과 증강현실의 결합에 따라 대중의 건축 부재에 대한 인식과 이해 능력을 향상시킬 수 있다[12].

한 관리자는 문화유산 관리에 필요하지 않은 건축 유산의 기본적인 내용은 굳이 제시될 필요가 없다는 의견을 제시했다. 이를 극복하기 위해서는 사용법과 목적에 따라 정보를 시각화해야 한다. 또한 증강현실 환경에서 정보의 위치, 크기, 수량 및 상호작용 유형과 같은 사용자 인터페이스를 고려해야 한다는 의견이 있었다. 예를 들어, 사용자 인터페이스를 구성할 때 전문 지식을 가진 사람에게는 이전 연구 정보를 보는 것이 도움이 되지만 결정을 지원하는 기능은 필요하지 않다. 피해 유형, 심각성 및 대응에 대한 결정은 전문가가 직접해야 하고, 특히 미래의 행동 결정을 위해서는 건물의 환경(기후, 계절, 습도 등)을 포괄적으로 고려해야 한다. 따라서 인터페이스는 이러한 점들을 반영하여 구성되어야 한다.

이를 위해서는 더 많은 도메인 지식을 반영하는 위험 운톨로지를 구축하고, 맥락 정보를 반영하여 위험 상황에서 더 정확하게 권장 조치를 제안하도록 해야 한다. 한 관리자는 전통적인 기술에 익숙한 사람이 이러한 기기를 사용하는 데 익숙하지 못할 수 있다고 우려했다. 이와 관련하여, 사용자에 따라 적절한 관리 정보를 정의하는 등 우선순위가 주어져야 한다는 의견이 있었다.

V. Result of prototype evaluation

앞서 도출한 사용자 요구사항을 반영하여 본 연구는 가상현실에서 위험 관리의 효과를 입증하기 위한 프로토타입을 제작하였다. 프로토타입은 설문조사와 인터뷰 결과를 기반으로 제작되었으며, 설계 및 시스템 요구 사항을 식별하기 위해 인터페이스만 구현되었다. 또한 가상 환경이 구축되지 않았기 때문에 가상의 문화유산이 아닌 사진 위에 POI(Point of Interest) 및 위험 관리 정보를 표시하도록 하였다. 우리는 상호작용형 어플리케이션을 디자인하기 위해 Proto.io 소프트웨어를 사용했다.

프로토타입의 사용자 시나리오는 다음과 같다. 먼저 모바일 디바이스의 GPS(Global Positioning System) sensor에 의해 사용자의 위치가 감지된다. 그 후, 모바일 디바이스는 사용자 위치 정보에 기반하여 콘텐츠 데이터베이스로부터 주변 사용자의 태깅된 콘텐츠를 검색한다. 이러한 가상 환경에서 사용자는 가상 환경에서 POI 중 위험을 포함하는 POI를 선택할 수 있다. 사용자가 POI를 선택하면, 연결된 앵커(anchor)를 통해 콘텐츠 데이터베이스에 저장된 기록, 위험 대응, 미디어 정보와 같은 다양한 콘텐츠에 접근할 수 있다(그림 15). 사용자는 POI와 콘텐츠를 연결하며 시각화 정보를 포함하는 앵커에 따라 콘텐츠를 제공받게 된다.

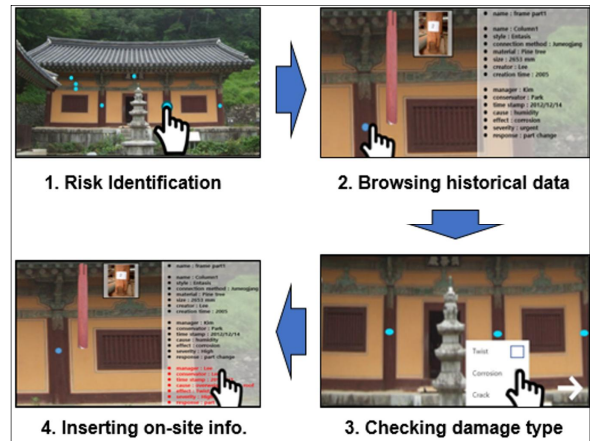


Fig. 5. Workflow of risk management prototype in VR

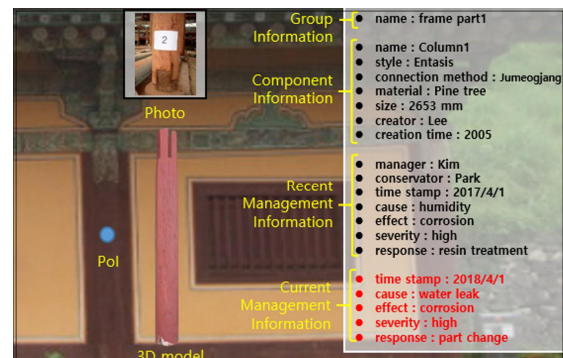


Fig. 6. Example of Risk Information of Column1

사용자는 다른 관련 콘텐츠가 링커(linker)를 통해 연결된 경우 이를 추가로 체험할 수 있다. 관리 정보는 지리 공간(geo-spatial) 서버를 통해 BIM 데이터베이스에 저장되고, 이 정보는 다음 위험 관리 작업 또는 수리 작업에 활용된다.

1. Prototype evaluation method

프로토타입은 설문조사를 통해 평가되었다. 설문조사의 문항은 1) 관련 정보 제공, 2) 시간 절약 및 정확도 향상, 3) 위험 관리 프로세스 지원(Table 1)에 대한 문항들로 구성되었다. 관련 정보 제공과 관련해서는 현장에서의 위험 관리를 위해 사전 조사 정보를 제공하는 것이 유용한지에 대해 질문하였다. 시간 절약 및 정확성 향상과 관련해서는 현장의 관련 정보 및 의사결정 지원 기능이 효과적인 위험 관리를 가능하게 하는지에 대해 질문하였다. 마지막으로 위험 관리 프로세스 지원과 관련해서는 각 프로세스에서 시스템의 유용성에 대해 질문하였다. 모든 질문 문항은 5점 척도로 측정되었다(전혀 동의하지 않는다 - 매우 동의한다).

Table 1. Questions for prototype evaluation

Category	Question
Providing related information	1. Storing and managing previous survey information in digitally texts, images, 2D drawings, and 3D models is useful.
	2. Utilizing previous research information in digital form in the field is useful.
Saving time and increasing accuracy	3. This system reduces the safety inspection time of cultural heritages.
	4. This system reduces false safety checks.
Supporting risk management process	5. This system is useful for damage verification.
	6. This system is be useful in determining risk severity.
	7. This system is be useful for future action decisions.
	8. The progress of this system is satisfactory.

총 22명의 문화유산 관리자가 프로토타입 평가에 참여하였다. 그 중 15명(71.4%)은 30대, 3명(14.3%)은 20대, 40대는 1명(7.2%), 60대는 1명(7.2%)이었다. 참가자 중 9명(42.9%)은 문화유산 관리경험이 3~5년이고 5명(23.8%)은 5~10년의 경험이 있는 것으로 나타났다. 나머지 7명은 3년 미만의 경험을 가지고 있었다.

연구자들은 실험 프로토타입 평가 전에 참가자들에게 어플리케이션의 기본 기능을 설명하고 프로토타입을 직접 사용해보도록 안내했다. 프로토타입은 안드로이드(Android) 환경에서 실행되도록 개발되었다.

2. Result of prototype evaluation

프로토타입에 대한 설문조사 평가 결과, 참가자들은 이전 정보를 디지털 형식으로 활용하는 것의 유용성(2번 문항, 평균 4.36 포인트)에 가장 긍정적으로 반응했다. 즉, 이전 정보를 현장에서 사용할 수 있다는 것이다. 디지털 형식의 정보를 저장하

고 관리하는 것의 유용성(1번 문항, 평균 4.32 점)에 대해서도 긍정적인 반응이 나타났다.

한편, 문화유산 안전점검 시간의 절약(3번 문항, 평균 3.95 점)과 정확도 향상(4번 문항, 3.91 점)의 결과는 이 시스템이 건축 문화유산의 관리 시간을 줄이고 정확도를 높인다는 것을 보여준다. 손상 검증에 대한 유용성(5번 문항, 평균 4.05 점)에서 15명의 응답자는 프로토타입이 이전 문제가 발생한 구성 요소의 위치를 확대하여 위험을 확인하는데 유용하다고 응답했다.

그러나 위험 심각도 결정에 대한 유용성(6번 문항, 평균 3.82 점)의 경우, 9명의 응답자는 긍정적으로 응답하지 않았으며, 이 시스템은 문화유산의 상태를 분석할 때 다양한 다른 요소를 고려하지 않는다고 언급했다. 그러나 참가자들은 일반적으로 위험에 대한 시스템의 권장 조치에 대해서는 긍정적으로 응답했다. 또한 시스템에서 지원하는 기능 및 프로세스에 대해 긍정적으로 응답했다(7번 문항). 한편, 전반적 진행에 대한 만족감(평균 3.77 점)에 대해서는 가장 낮은 평균 점수를 보여준다.

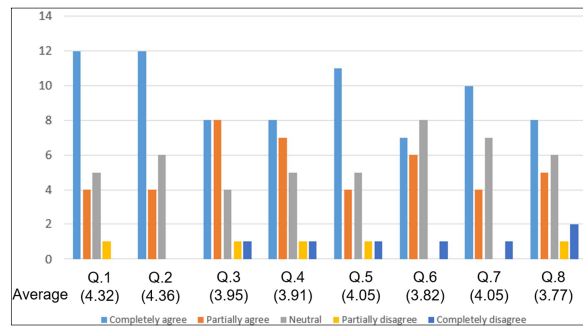


Fig. 7. Result of prototype evaluation

VI. Design guidelines for interface and interaction of the application

위험 관리에는 상세하고 다양한 정보를 기반으로 한 판단이 필요하기 때문에 가상현실 어플리케이션의 인터페이스와 인터랙션 디자인이 중요하다. 본 연구에서는 사용자 요구사항 조사와 프로토타입을 통한 사용자 조사 결과 4가지 인터페이스 기준과 5가지 인터랙션 기준을 도출했다. 4가지 인터페이스 기준은 다음과 같다.

- 인터페이스는 사용자가 디지털 기기에 익숙한지 여부에 관계없이 정보에 쉽게 접근할 수 있도록 디자인되어야 한다.
- 위험 관리에 필요한 미디어(건축 도면 등)를 보려면 아이콘 또는 링크가 제공되어야 한다.
- 한 화면에 너무 많은 정보가 포함될 경우 혼동을 줄 수 있으므로 각 화면에 담을 수 있는 정보의 양은 제한되어야 한다.
- 제공된 정보를 다시 확인할 수 있는 되돌아가기 버튼이

있어야 한다.

또한 인터랙션 디자인 기준에 대해서는 다음의 5가지 기준을 설정했다.

- 가상현실 어플리케이션과의 상호작용은 쉽고 직관적이어야 한다.
- 사용자가 어플리케이션에 의견을 남길 때 시스템은 텍스트 입력 대신 이미지 또는 음성 레코드를 제공해야 한다.
- 이미지, 사진, 그림 또는 360도 이미지의 이미지 데이터는 사용자가 이미지의 원하는 부분에 초점을 맞출 수 있도록 확대, 축소 및 회전해야 한다.
- 가상 환경에서 응용 프로그램은 사용자가 가상 건물 내의 모든 위치에서 POI를 생성할 수 있도록 해야 한다.
- 가상현실 어플리케이션의 탐색을 위해 사용자는 지붕 및 천장을 포함하여 건물의 모든 건축 부재를 고려해야 한다.

## VII. Conclusion

본 연구에서는 가상현실에서 위험 관리를 위한 사용자 요구사항 분석을 수행하고 분석하였다. 이를 통해 사용자 요구사항 분석을 통해 시스템 요구사항을 도출할 수 있었다. 관리자들은 대부분 위험 분석 및 대응을 지원하는 시스템 기능을 원하는 것으로 나타났다. 또한 관리자들은 3D 정보보다 기존 도면 및 사진과 같은 2D 정보를 선호하는 것으로 나타났다. 이 연구에서 도출된 사용자 요구사항 분석 결과는 문화유산 메타데이터의 속성을 정의하는데 활용된다. 또한 미래의 위험 관리 응용 프로그램에 대한 참조로 사용할 수도 있다.

또한 본 연구에서는 전문가 인터뷰의 피드백을 바탕으로 프로토타입을 만들고 평가했다. 프로토타입 평가 결과 현장에서 위험 관리 정보를 활용할 수 있다는 점에 가장 긍정적으로 반응하였으며 전반적인 어플리케이션 진행방식에 대해서 가장 부정적인 의견을 내었다. 이러한 의견은 가상현실 기반 어플리케이션을 실제로 제작하는데 반영될 수 있을 것이다.

본 연구는 사용자 요구사항 분석과 프로토타입에 대한 사용자 조사를 통해 위험 관리를 위한 가상현실 어플리케이션 디자인 요구사항과 인터페이스 및 상호작용 기준을 도출했다. 특히 사용자는 탐색 및 상호작용 조작에 어려움을 나타냈고 위험 요소를 쉽게 식별할 수 있도록 미디어 파일을 자유롭게 확장하고 회전하는 것이 중요하다고 언급했다. 향후 위험 관리를 위한 가상현실 어플리케이션에서 이와 같은 인터페이스 및 상호작용을 적용할 수 있을 것이다.

본 연구는 프로토타입 제작에 있어 3차원 공간이 아닌 2차원 공간에 텍스트, 이미지, 3D 모델을 시각화한 한계가 있다. 또한 사용자 요구사항 조사를 위한 피험자 모집에 있어서 문화재 관리자라는 특수한 역할을 하는 그룹을 대상으로 하였다. 그

러한 이유로 피험자의 수가 22명으로 문화재 관리자를 대표하기에 적은 한계가 있다.

향후 위와 같은 한계점들을 극복하기 위해 3차원 공간에서 정보를 확인할 수 있는 프로토타입을 제작하고 다수의 피험자를 대상으로 요구사항을 조사할 것이다. 본 연구와 후속 연구결과를 바탕으로 위험 관리 시스템을 제안하고자 한다. 또한 증강현실 기술과 결합하여 현장에서 직관적으로 위험 정보를 확인하는 시스템을 제안하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] Maguire, Martin, and Nigel Bevan. "User requirements analysis." in IFIP World Computer Congress, Springer, Boston, pp. 133-148, 2002.
- [2] <https://www.iccrom.org/>
- [3] Cesaro, Giorgia, M. Santana Quintero, Anna Paolini, Pieter Jan De Vos, Eleni Glekas, and Luca Visconti. "Preliminary risk assessment at the Petra Archaeological Park recording strategy," *International Journal of Heritage in the Digital Era*, vol 1, no. 2, pp. 295-312, 2012.
- [4] Zou, Y., A. Kiviniemi, and S.W. Jones, "Retrieving similar cases for construction project risk management using Natural Language Processing techniques," in *Automation in Construction*, vol. 80, pp. 66-76, 2017.
- [5] Paolini, Anna, Azadeh Vafadari, Giorgia Cesaro, Mario Santana Quintero, Koen Van Balen, and Ona Vileikis Pinilla, "Risk management at heritage sites: A case study of the Petra world heritage site," UNESCO, 2012.
- [6] Brusaporci S, "Digital Innovations in Architectural Heritage Conservation: Emerging Research and Opportunities: Emerging Research and Opportunities," IGI Global, 2017.
- [7] Campanaro, D.M., et al., "3D GIS for cultural heritage restoration: A 'white box' workflow," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 18, pp. 321-332, 2016.
- [8] Davardoust, S., "The BIM process for the architectural heritage: New communication tools based on AR/VR Case study: Palazzo di Città," Doctoral dissertation, Politecnico di Torino, 2017.
- [9] Mortara, Michela, and Chiara Catalano, "3D Virtual environments as effective learning contexts for cultural heritage," *Italian Journal of Educational Technology*, vol. 26, no. 2, pp. 5-21, 2018.
- [10] Fassi, F., et al., "VR for Cultural Heritage," in *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics*, pp. 139-157, 2016.
- [11] Maguire, Martin. "Methods to support human-centred

design," *International journal of human-computer studies*  
vol. 55, no. 4, pp. 587-634, October, 2001.

- [12] Barazzetti, L. and F. Banfi, "Historic BIM for Mobile VR/AR Applications," in *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage*. pp. 271-290, 2017.

### Authors



Jongwook Lee received the B.S. degree in Dept. of Cultural Properties Management from Korea National University of Cultural Heritage. And he received M.S. and Ph.D. degrees in Graduate School of Culture Technology from Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea, in 2012 and 2019, respectively. Dr. Lee is interested in digital heritage, heritage management, virtual reality, and augmented reality.