

4D CAD와 GIS의 통합시스템을 통한 프로젝트 단계별 리스크관리 모델에 관한 연구

A Study on 4D CAD and GIS Integrated System for Process Risk Management Model

전 승 호*

Jeon, Seung Ho

윤 석 현**

Yun, Seok-Heon

백 준 흥***

Paek, Joon-Hong

Abstract

Recently a construction industry introduces information that brings about many advantages in the early planning phase, design phase and construction phase. Especially it replaces 2D, 3D systems(usually using explanation of drawing information) as 4D CAD(offering a sort of 4D-having relation of construction schedule and 3D drawing information). Nevertheless a 4D has these benefits, it has limits which are not only usually using 3D modeling but also limit of making full use of practical affairs because of a lack of connecting varieties of progress of work. To solve these uppermost limits, this research is presenting unified systems to use in risk management which are efficient management of space and non-space information, space analysis, making full use of data base, introducing GIS system of easy interaction.

키워드 : 위험관리, 4D CAD, GIS, 통합시스템

Keywords : Risk management, 4D CAD, GIS, Integrated system

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

하루가 다르게 발전하고 있는 IT기술은 여러 산업에 기반 기술로 도입되어 각 산업의 비약적인 발전을 돕고 있다. 이러한 가운데 IT기술의 발달로 인해 가상현실의 구현이 가능해졌으며 가상현실 속에서 현실적 감각들을 느끼고 여러 분야에서 다양하게 활용 되어 지고 있다.

이러한 영향으로 건축·토목 분야에서도 IT기술과 가상현실에 관련된 기술을 도입하여 작업의 효율성과 생산성을 비약적으로 발전시켰는데, 그 좋은 예로 3D 모델링에 공정정보를 연계시킨 4D CAD는 3D 모델링 정보로부터 추출한 작업항목들의 공정정보를 해당 3D 모델링 요소와 연계시킴으로써 프로젝트 수행 이전에 프로젝트의 공정 프로세스를 사전에 검토하는 도구로 활용 되어 지고 있다.

기존의 여러 4D CAD 연구가 국내에 발표된 바 있으며, 이들 연구는 기존의 2차원 방식 공정관리개념에서 발생하는 공정상의 불확실성 및 간섭오류를 4D CAD에 적용을 통하여 해결하는 방안을 모색하는 사례와 4D 도구의 적용효과 분석 및

자체적 모델링도구 개발사례 등으로 구분된다고 할 수 있다.

GIS는 실세계의 지리적 위치에 대한 공간 정보와 비 공간 정보를 결합하여 원하는 정보를 지도를 통해 시각적으로 가공하여 제공함으로써 의사결정을 지원하는 정보기술의 하나로 사회 각 분야에서 활용성이 증대되고 있는 실정이다.

4D CAD와 관련된 대부분 기존의 연구는 건축물의 공정과 관련된 내적인 문제점을 사전에 예측하고 검토하는데 초점을 맞추고 있으며, 건설공사의 주변여건과 지장물 등 현장적용상의 외부적인 위험 요소들을 고려하는데 한계를 가지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 GIS와 4D CAD의 통합으로 프로젝트의 전체 생애주기의 단계별 공정관련 내부 요인은 물론 외부의 주요 영향 위험 요소를 함께 고려하고, 사전에 예측하고 관리할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

이를 위해 4D 모델의 기본적 이론 고찰과 분석을 통하여 GIS와 4D 모델의 연계성을 파악하고, 기존의 도출되어진 건설공사 생애주기의 내·외부 리스크요인들 중에서 4D CAD와 GIS 통합 시스템을 이용하여 효과를 거둘 수 있는 요소들이 있는지, 효과를 거둘 수 있는 요소들이 있다면 이러한 요소들이 어떠한 특징을 가지고 있는지 파악하여 향후 4D CAD와 GIS가 통합된 새로운 리스크 관리 시스템의 개발 방향을 제시하는데 본 논문의 목적이 있다고 할 수 있다.

1.2 연구의 방법

연구의 방법으로는 4D CAD와 GIS의 이론고찰을 통해 이 두가지 이론의 개념 및 연구동향과 활용 현황을 살펴보고,

* 연세대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 경상대 건축공학과 조교수

*** 연세대 건축공학과 정교수

본 논문은 건설교통부가 출원하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합건설기술개발사업 (과제 번호: 06첨단융합C03)의 지원으로 이루어진 것임

4D CAD와 GIS를 리스크 관리 측면에서 접근하기 위하여 각 각이 가지고 있는 요소들의 연계성을 파악 하였다. 또한 분야 별 전문가의 인터뷰와 설문조사를 통해 Project Life Cycle (PLC)의 단계별 위험요인을 도출하여, 4D CAD와 GIS 통합 시스템을 통해 해결 가능한 위험요인을 도출하였다. 도출된 위험 요인들을 AHP기법을 통해 우선순위를 정하고, 이를 통해 Project Life Cycle(PLC)상 4D CAD와 GIS 통합 시스템을 가장 효율적으로 적용할 수 있는 리스크 관리 모델의 개념을 제시하고자 하며, 본 연구의 진행 방법은 <그림 1>과 같다.

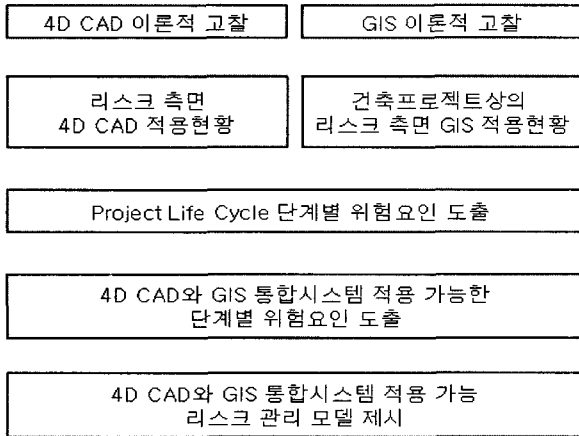


그림 1. 연구 진행 방법

1.3 기존 문헌의 고찰 및 분석

표 1. 기존 연구의 요약

주제 및 저자	내용의 요약
GIS와 CAD 기술을 접목한 도시경관시뮬레이터의 개발 - 김충식, 2004	건축물의 형태와 규모를 결정하게 되는 제어요소의 작용과정을 검토하여 도시경관 시뮬레이터를 개발한다.
건설관리분야 4D 시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선방안 - 강인석, 2002	향후 4D CAD 개념의 소프트웨어가 일반화되면 4D시스템의 현장 적용이 일반화 될 것이며 시스템 구축이 급선무이다.
4차원 CAD의 지하공사 간섭관리 시스템 개발연구 - 강경인의 4명, 2001	4D CAD의 사용으로 시공단계의 시행착오를 줄이고 공기 및 비용을 절감할 수 있다.
GIS 수치지도상에서의 도로대장 CAD도면 연계에 관한 연구 - 성정근외 3명, 2001	도로대장 CAD와 GIS를 연계함으로써 GIS상에서 쉽게 검색해유지관리를 할 수 있다.
3차원 GIS를 이용한 도로공사의 시공계획 - 서종원의 1명, 2004	GIS 환경 하에서 정확한 공기소요 시간 및 비용의 결과를 얻을 수 있었다.

지리정보체계(GIS: Geographic Information Systems)의 활용은 1980년대에 의사결정에 중요한 역할을 담당하게 되면서부터 극적인 성장을 가져오게 되었다. 이 후 지속적으로 관련을 가지고 있던 CAD 시스템과의 통합 요구가 증가함에 따라 이

에 대한 연구가 추진되어 왔으며, 최근에는 확대되어 3차원 CAD시스템의 활용방안에 대한 연구가 여러 분야에서 진행되고 있으나, 건축분야에서는 GIS 통합에 관한 연구 및 실적이 미흡한 상태이다. 4D CAD의 연구와 GIS 활용을 통한 관리에 대한 연구는 개별적으로 활발히 진행되고 있음에도 불구하고 이 두가지의 통합에 관한 연구는 미흡한 실정이었는데, 이는 근본적으로 CAD와 GIS가 가지고 있는 기능과 역할이 서로 다르다고 인식하는 것으로 판단되어진다. 다음 <표 1>은 4D CAD와 GIS에 대해 기준에 발표된 주요 논문이다.

2. 건설프로젝트의 4D CAD와 GIS

2.1 4D CAD의 개념

건설공사가 대형화 복합화 됨에 따라 3차원 객체를 기반으로 이루어지는 건축물의 전체 프로세스 정보를 공급·공유하며 프로젝트를 효율적으로 관리하기 위해서는 2차원적인 접근만으로는 한계를 가지게 되었다. 이러한 문제점을 3D 모델의 시각화를 통해 극복하고자 하였으며, 더 나아가 기타정보들과의 연계에 대한 연구들이 진행되었다. 그 중에서 공정(Time)을 더해 프로젝트의 효율성을 증진시키고자 한 것이 4D CAD이다. 즉, 4D CAD는 3차원적인 도면정보를 시간 개념의 일정정보와의 연계를 통해 4차원적인 정보로 제공하는 것으로, 이를 통해 그래픽적 요소와 엔지니어링 요소들의 상호작용을 시각화한다.

4D CAD는 3D Model과 공정을 연계하여 보여주고 있는데 이를 통해 이용자의 공정검토를 위한 시간적 효율성을 증대시킨다. 이때 일정정보는 Microsoft Project 또는 Primavera등의 외부도구에 의해 생성된 파일을 도구 내에 임포트 하여 사용하며 Archicad, Revit, Microstation과 같은 CAD제품군의 도면정보와의 연계를 통해 공사 진행일별 진행과정을 시각화하게 된다.

4D CAD는 정보들의 연계방법 및 구현방법에 따라 다각도로 연구가 진행되고 있는데, 기본적으로 3D Modeling과 일정정보의 연계 방법에 따라 나눌 수 있다. 일정정보와 도면정보의 수작업을 통한 연계로 공정의 시각화가 가능하며 이러한 경우는 연계 시 많은 시간과 품을 요하고 설계변경 시 정보의 재작성 및 연계를 위한 작업을 반복해야 하는 어려움이 있다. 이 외에 일정정보를 WBS(Work Breakdown Structure)와 같은 하나의 체계 구축을 통해 자동연계를 위한 데이터베이스를 만들고 이를 통해 자동화를 실현하는 방법을 들 수 있다. 이때는 WBS(Work Breakdown Structure)와 같은 Structure체계의 구축과 자동화가 가능한 시스템 개발이 선행되어야 한다. 마지막으로 모듈화 설계가 전제로 된 레고(Lego)방식을 들 수 있다. 이 방식의 경우 IFC(Industry Foundation Classes)와 같은 표준화를 규격화된 자재정보로 이용하게 되는데 IFC는 건설 및 기타 제조업에 사용되는 응용 프로그램 간에 정보의 상호 호환성 및 운용성을 확립하기 위한 목적으로 개발되고 있으며, 모듈화된 데이터 구조, 표준화된 정보 공유체계, 정보의 재사용에 대한 상호 호환성, 응용 프로그램의 효율적인 개발을 제공하고 있

다. IFC모델은 1994년 말경에 초안된 이후 현재 2*3버전이 출시된 상태이며, 지속적인 모델 확장이 이루어지고 있다. 이를 이용하여 시공자가 직접 부재들의 가상공간 내에서 배치해봄으로써 공정의 시각화가 가능하다.

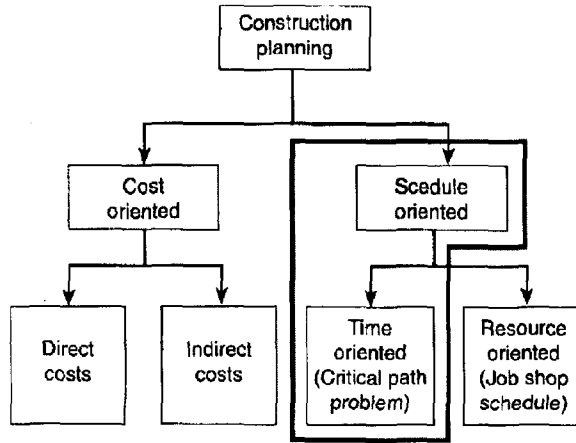


그림 2. 4D CAD 개념도¹⁾

2.2 리스크 측면 4D CAD의 적용효과

4D CAD 시스템은 공기단축, 비용절감 및 품질향상을 위하여 건축시공 시에 가장 기본적이면서도 필수적으로 고려해야 하는 요소에서 효과를 얻기 위해 다양한 프로젝트에서 이용되고 있으며, 적용되는 부분에 있어서도 다양하다.

기존의 Bar Chart와 같은 2D공정관리기법과 비교 시 4D CAD 시스템은 단순한 디자인의 시각화뿐만 아니라 공정진행상태의 파악이 가능하며 이를 통해 공사 진행에 있어서 보다 효율적인 의사결정을 지원한다.

설비 시스템을 예를 들어보면 2층 바닥슬래브 하단부에 설치되는 HVAC 설비가 2층 바닥슬래브 타설 이전에 먼저 설치되는 모습이 구현된다면, 공정수준이 잘못되었음을 나타내는 것이며, 4D CAD 시스템의 실행으로 초기공정계획의 리스크를 파악가능 하여, 이를 통해 생산성의 향상을 기대할 수 있을 것이다.

이외에도 4D CAD의 실행은 공정표의 일정계획 순서대로 시설물의 완전한 상태로의 변화모습을 나타내므로 초기 일정계획 오류 및 재설계로 인한 리스크를 용이하게 파악할 수 있다. 또한 4D 구현화면에서 시공성 및 작업효율의 파악이 시간적으로 가능해진다. 4D CAD의 실행은 실제 현장작업공간이 가상현실로 화면상에 제시되고, 제시된 작업공간내의 가상 작업상황이 시각적으로 표현되므로, 실제 작업시의 작업 시공성 및 작업효율의 파악이 가능해진다. 즉 초기 공정계획에 근거하여 4D를 실행한 결과, 안전성 및 손실가능성 등을 파악할 수 있으며, 이러한 공정계획의 사전 모의조작으로 부적합한 공정계획은 실제 공사가 진행되기 전에 조정이 가능한 것이다. 이러한 효과 외에도 CAD도면의 평면적인 데이터가 아닌 현실의 공사와 유사한 3D상에서 공간형상과 공정을 볼 수 있으므로 발주자, 설계자, 시공자등의 공사 참여자들 간의 의사소통을

증진시켜 원활하게 해줌으로써 시공상의 실수와 재시공을 방지할 수 있다²⁾. 이러한 4D CAD 시스템의 적용을 통해 다음과 같은 장점을 가지게 된다.

- (1) 의사결정 자료의 제공 및 커뮤니케이션 활성화
- (2) 사전 검토를 통한 건설생애주기 예측
- (3) 공정의 시각화 및 시공과정의 최적화

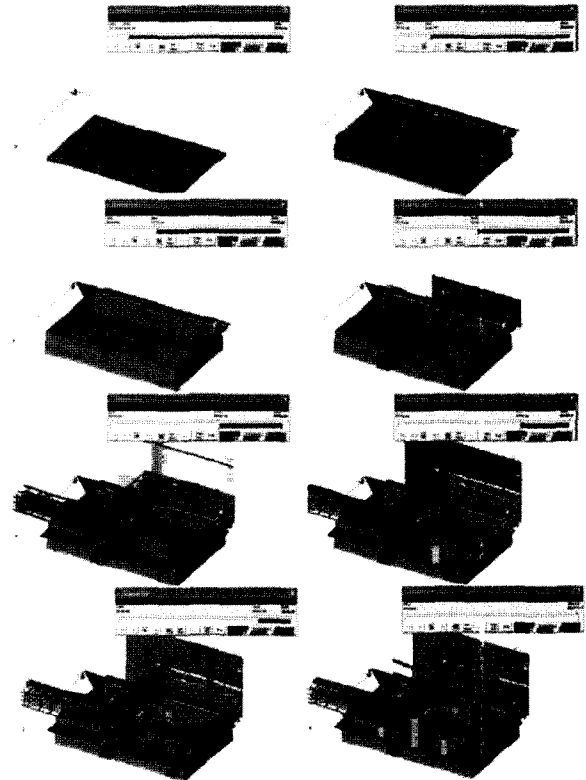


그림 3. 4D CAD SYSTEM 적용 사례³⁾

그림 3은 오레곤주 Hillsboro에 위치한 nuclear power plant 현장의 4D CAD SYSTEM 적용사례로 시공 진행상의 공정의 상태를 나타내고 있다. 4D CAD SYSTEM적용을 통하여 진행상태, Critical Path, 공정의 완성상태 등을 나타낸다. 사전에 설계검증 및 시공단계에 있어서 시공순서에 따른 시공방법 검토와 부재간의 간섭체크에 활용했으며 공정의 시각화로 공사의 특성과 환경 조건에 맞는 공정의 대안을 적은 비용으로 충분히 검토하게 되어 공기 단축뿐만 아니라 전체 프로젝트에서 비용절감 효과를 가지고 왔다. 이는 부재간의 간섭체크를 통해 부재 간 충돌의 50%를 해결한데서 기인한 것이다.

2.3 GIS(Geographic Information System)의 개념

GIS는 실제세계의 지리적 위치에 대한 공간정보와 비 공간정보를 결합하여 원하는 정보를 지도를 통해 시각적으로 가공하여 제공함으로써 의사결정을 지원하는 컴퓨터 기반의 정보기술이라고 할 수 있다.

GIS 지리정보는 두 가지로 구분된다. 하나는 도형정보로서

- 2) 강인석, 건설관리분야 4D 시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선 방안, 대한건축학회논문집, 2002.10
- 3) IEEE Computer Graphics and Applications. 2004.1/2

1) DAVID H, LAMINE M, "Trend of 4D CAD application for construction planning"

공간객체의 형상을 2차원의 공간좌표 XY 혹은 3차원의 공간 좌표 XYZ으로 표현하며 시각적인 판단의 근거를 제공한다.

또 다른 하나는 속성정보로서 도형정보와 같이 시각적인 형태를 갖지는 않으나 지리적 객체와 연관된 다양한 관련 정보를 포함한다. 이런 정보를 활용해서 지물을 표시하기 위하여 좌표(coordinates)를 이용하는 방법과 위상요소의 도식으로 표현하는 방법이 있다.

위상(topology)은 지도상에 있는 지물들의 공간적 관계를 기하학적으로 표현하는 것을 말하는데 연결, 인접, 포함 등 한 지물의 공간적 위치가 다른 지물과 어떤 관계를 갖는지 보여준다. GIS 시스템은 위와 같은 많은 데이터를 가지고 있으며, GIS 시스템 구축 시 필요요소는 다음과 같다.

2.3.1 자료 전환의 용이성

지리정보체계에 수용할 자료의 내용을 합리적으로 확정하고 기존 자료의 효율적인 전환이 보장되어야 한다. GIS구축 사업의 60-80%가 자료전환 및 데이터베이스 구축비용이기 때문에 사업효과의 우선순위, 전환의 용이성 등을 고려하여 비용을 절감할 수 있어야 한다.

2.3.2 데이터베이스 유지관리의 유연성

데이터베이스의 유지관리에 대한 확실한 대책이 있어야 한다. 현재 정보는 실시간으로 변화하기 때문에 기존 데이터를 DB화 시키고 최근의 자료를 새롭고, 정확하게 수정·관리하여야 하고 기존 데이터도 신뢰성을 가질 수 있게 지속적인 관리가 필요하다.

2.3.3 사용 편리성 및 업무 프로세스 반영

GIS시스템은 사용하는 사용자에게 편리하게 개발되어야 하며 업무프로세스가 적절하게 반영되도록 해야 한다. 또 사용자는 GIS체계 구축 이전에 교육이 이루어져야 한다. GIS 시스템의 구축을 위해 강조되어지는 것은 DB이다. 모든 산업에 적용되는 요소들이 같은 특성을 가지고 있겠지만 특히 유동성 요소가 많은 건설현장에서 사용되는 모든 데이터들은 매일 실시간으로 변하기 때문에 특히 데이터베이스화가 중요하다고 할 수 있다.

이와 같은 GIS 및 지리정보 관련 표준을 제정하는 기관으로는 OGC(Open Geospatial Consortium)가 있는데, KML이라는 GIS관련 표준을 버전별로 제시하여 위치표지, 3D모델, 이미지 피라미드, 관찰자 위치 등의 다양한 정보를 제시하고 있다.

2.4 건설프로젝트의 리스크 측면 GIS 현황

GIS의 건설 분야에의 적용을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있는데, GIS를 이용한 공사비 산정, 사이트 배치, 공사정보 통합, 시각화 등이 지속적으로 연구되고 있으며, 연구 현황은 다음과 같다.

건설 분야에서 실질적인 GIS의 적용은 아직은 미비하다고 할 수 있지만, GIS는 좌표변환, 중첩, 위상 등을 사용하여 지리적 위치의 여러 기술적 사회경제적 영향을 검토할 수 있는 기

능이 있으므로 향후 건설 분야 에서는 많은 활용 가능성을 가지고 있으며, 그 활용 방향은 다음과 같이 이용 될 수 있을 것이다.

표 2. 기존연구의 요약 및 주장

주제 및 저자	내용의 요약
ArcSite: Enhanced GIS for Construction Site Layout - Cheng M.Y	공간적인 충돌이 없도록 SITE 내에 가설시설물 배치 계획을 수립
GIS based Cost Estimates Integrating with Material Layout Planning - Cheng M.Y	작업의 진행에 따라 변화하는 공간조건에 맞게 자재 보관 장소운영
Acquisition and Analysis for Highway Construction using GIS - Moselhi	장비접근로, 공사용수, 자재운반 경로 등 현장의 공사수행조건 조사
GIS를 이용한 도로공사의 시공계획에 관한 연구 - 서종원, 강상혁	도로공사의 토공수량 산출

- 주변 지형 및 지물에 대한 인구 분포 및 환경영향평가, 교통 영향평가의 기초적인 분석 데이터
- 기획 및 설계 단계에서의 site 선정 및 분석
- site의 지질 특성, 지질조사의 필요성, Borehole의 위치 나 깊이 결정하는 등 현장 조사 수행
- 공공시설물의 분포 및 이용 계획
- 건설자원의 조달 계획 및 방법
- 지하시설물 관리 계획 수립
- 지형 및 지물에 따른 공사 가설 계획
- 시공 진행에 따른 주변 지형 및 지물과의 영향력 평가

위와 같은 방향으로의 GIS시스템의 활용을 통하여 건설프로젝트의 내·외부의 리스크 요인을 도출할 수 있으며, GIS와 CAD의 접목으로 지능형 정보를 구축한다면, 건설 분야 에서는 많은 효과를 기대 할 수 있으며, 본 연구에서는 건설생산 과정의 리스크를 도출하여, GIS와 4D CAD의 접목으로 각각의 리스크를 관리하는 통합 시스템 모델을 제시하고자 한다.

3. 4D CAD와 GIS 연계성 분석

4D CAD 시스템과 GIS는 각각의 분야에서 활용되고 있으며 CAD 시스템과 GIS는 많은 부분에서 공통적인 요소를 가지고 있다. GIS의 특징인 위상(Topology)이란 수학의 한 분야로서 변형된 이후에도 위치변화를 가져오지 않는 기하학적 특성을 말하는 것으로 점과 관련된 표(pointtable), 선과 관련된 표(line table), 면과 관련된 표(area table)를 포함하고 있다. 공간정보의 분석은 중첩(overlay), 버퍼링(buffering) 및 경로찾기(routing)와 같은 공간조작기능을 데이터베이스관리시스템에 의한 속성정보의 조작과 조합하여 모델링 기법을 지원한다.

4D CAD System은 일반적으로 화상표현(display)의 장점 때

문에 많이 활용되고 있으며, 많은 데이터 레이어에 저장된 점, 선 및 객체로 이루어진 반면에, GIS는 점, 선, 면으로 이루어져 있다. 대부분의 CAD는 단순히 각각의 레이어의 데이터들을 중첩하여 출력한다. 아래의 표 3은 GIS와 4D CAD의 기능을 비교 분석한 것이다.

표 3. GIS와 4D CAD 기능 비교·분석

분류	GIS	4D CAD
공간분석기능	강력한 공간정보분석 기능	공간정보분석기능
공간 데이터 베이스 관리기능	주요공간자료관계수단으로 위상관계를 지님	공간정보를 속성 정보로 취급함 공간정보와 속성정보의 연계와 DB기능미약
토지기록 정보기능	강력한 토지기록 정보 제공	없음
위상자료구조	강력한 위상구조	없음
자동지도제작	강력한 자동지도제작기법 제공	자동지도제작 기능 빈약

4D CAD는 공간분석을 할 수 없는데, 이것은 CAD가 기하학적 조작능력이 결여되어있으며 완벽한 데이터구조를 가지고 있지 못하기 때문이다. 이를 보완하기 위하여 GIS를 도입함으로써 공간관계의 분석이 가능한 통합시스템을 구축하게 된다.

4. Project Life Cycle의 리스크 요인 도출

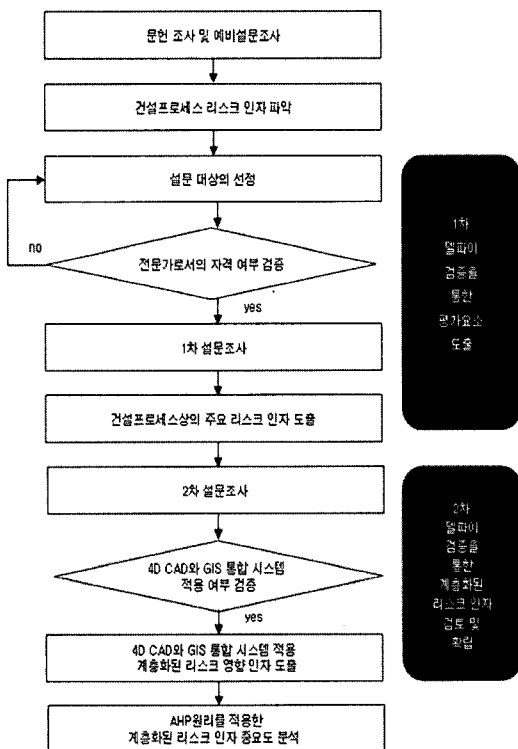


그림 4. 요인 도출 및 검증 순서

PLC(Project Life Cycle)동안 공사기간, 공사비용, 소요품질 및 안전성등과 관련된 많은 리스크들이 발생하며 4D CAD와 GIS 통합시스템을 적용하여 리스크를 사전 예측·예방하기 위해서는 4D CAD와 GIS 통합시스템 적용 리스크 영향 인자의 제시에 앞서 건설프로세스의 리스크 인자의 파악이 선행되어야 한다. 따라서 과거 리스크 발생사례와 설문조사를 통해 건설프로세스의 리스크 인자를 도출하고 전문가 인터뷰를 통해 현장에서 발생빈도가 높은 리스크를 발생 위험요인별로 분류하였다. 설문조사의 방법은 전문가의 의견을 통한 4D와 GIS 통합시스템의 리스크 관리에의 적용성을 입증하기 위하여 델파이 방법을 사용하였으며, 델파이 방법을 적용할 때는 전문가 집단 선택과 관계되는 “신뢰도”와 전문가 협의의 정도에 관계되는 “타당성”에 유의해야 한다.⁴⁾ 이러한 점에 유의하며 본 연구에서 델파이 기법을 적용하여 리스크 인자를 도출하며 요인 도출 및 검증의 순서는 <그림 4>와 같다.

위의 그림과 같이 문헌조사에 의해 리스크 인자를 도출하게 되고 1차 설문조사를 통해 건설프로세스상 주요 리스크 인자의 도출에 이르게 된다. 최종 4D CAD와 GIS 통합시스템 리스크 인자의 도출을 위한 이러한 일련의 필터링 과정은 델파이 기법의 적용에 의해 진행되었다.

이러한 델파이 기법에 있어서는 전문가들의 의견이 인자 도출의 결정적인 영향을 미치므로 신뢰도의 확보가 중요하며 패널이 되는 전문가 집단은 4D CAD와 GIS 시스템에 대한 충분한 지식을 가지고 있는 인원24명을 대상으로 하였으며 구성은, 아래의 <표 4>와 같다.

표 4. 전문가 집단 구성 및 인원

전문가 집단 구성 및 인원			
학·연구계	부동산 디벨로퍼	시공 기술자	건축가
6	5	9	4

표 5. PLC 단계별 리스크 인자 계층화

계층 1	계층 2	계층 3	계층 4
Project life cycle	사업 분석 단계	프로젝트 공식화	세부업무별 리스크 요인
		타당성 분석	
		전략 설계	
		승인 업무	
	계획 및 설계 단계	기초 설계	세부업무별 리스크 요인
		공사비와 일정	
		계약항목과 조건	
	시공 단계	상세 계획	세부업무별 리스크 요인
		제 조	
		조 탈	
토공사			
시공 이후 단계	설치	최종 테스트	세부업무별 리스크 요인
		유지관리	

4) 송기준, “우선수리대상 문화재 선정을 위한 의사결정 지원 모델 개발”, 대한건축학회 논문집, 2007, 05

1차 설문을 통해 66개의 건설프로세스 주요 리스크 인자가 도출되었으며 주요 리스크 인자들은 AHP 원리에 따라 분류하여 상위 개념의 평가 항목 아래 하위 개념의 항목이 포함되도록 계층화 하였다. <표 5>는 계층화된 리스크 인자 분류 기준을 나타내며 이는 PMBOK2000에서 건설 프로젝트의 라이프사이클을 기준으로 하여 분류한 것으로 사업분석단계, 계획 및 설계단계, 시공단계, 시공이후단계의 4단계로 분류된다.

5. 리스크 요소중 4D 와 GIS 통합시스템 관련 요소의 중요도 분석

1차 설문조사를 통해 도출된 건설프로세스상 주요 리스크 인자를 AHP기법에 의해 계층화하고 전문가 집단의 2차 설문을 통해 4D CAD와 GIS 통합시스템에 적용 가능한 리스크 인자를 36개 항목을 도출하였다. AHP는 1970년대 초반 Tomas Saaty에 의해 개발된 의사결정 방법으로, 문제를 계층화시킨 후 계층 구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 각 요소간의 상대적 중요도를 측정하여 대안을 평가한다. AHP 기법은 대안간의 중요도 평가에 있어서 계량 가능한 '정량적 요소' 뿐만 아니라 '정성적 요소' 까지 고려가 가능하며, 평가자의 의견에 대하여 일관성 비율(Consistency Ratio : C.R.)을 검증하는 과정을 통해 평가결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있으며⁵⁾ 일관성 비율(CR)의 경우 0.1 이하이면 일관성에 있어 믿을 수 있음을 나타낸다. 본 연구에서도 1차 설문조사에 참여하였던 24명의 전문가가 2차 설문조사에도 참여하였으며 설문문의 결과의 값이 효과적이고 일관성 있다고 볼 수 있도록 일관성 평가를 하였다. 이 중 0.1%이상으로 CR값을 가지는 3명의 전문가는 일관성을 신뢰하는데 무리가 예상되어 3명의 전문가의 설문을 제외한 21명에 대한 설문내용으로 진행되었다. 위험요소별 중요도 산정은 다음 <표 6>과 같으며 요소간의 가중치 차이는 중요도 차이를 나타내는 것이다.

표 6. 위험요소별 중요도 산정 결과

계층1	계층2	계층3	위험요소	중요도	순위
P R O J E C T	사업 분석 단계 (0.424)	프로젝트 공식화 (0.116)	사업자의 사업에 대한 이해도 부족	0.036	10
			사업 관계자간의 의사소통 부족	0.029	14
			주변 주민의 반대 (조망권, 일조권 침해 등)	0.051	5
		타당성 분석 (0.097)	환경 여건의 고려 부족	0.073	3
			지가 변동 예측 오류	0.016	24
			임대면적, 임대수익 예상 오류	0.008	31
		전략설계 (0.108)	지역적 조건 사전 조사 부족	0.076	2
			교통 인프라의 분석 및 고려 부족	0.018	23

5) 송기준, 김창준, 강경인 "우선수리대상 문화재 선정에 위한 의사결정 지원 모델 개발" 대한건축학회 논문집 23(5), 2007, 05, pp221-218

L I F E C Y C L E	승인업무 (0.103)	용적, 공개공지 제공 계획의 오류	0.014	27		
		관련 법률 변경	0.011	29		
		지역 정비 계획 변경에 따른 입지조건의 변화	0.021	20		
		주변 지역적 조건을 고려하지 않은 도면 작성	0.071	4		
	기초설계 (0.059)	설계 범위의 미확정	0.026	16		
		설계 누락 및 생략	0.010	30		
		공사 참여자간 의사소통의 부족	0.023	18		
	공사비와 일정 (0.135)	공기 자재 산정 D/B 부족	0.019	22		
		지리 정보를 고려하지 않은 시공계획	0.077	1		
		공종별 체크 리스트 부실	0.039	8		
	계약항목 과 조건 (0.080)	설계 조건과 현장여건 상이	0.036	10		
		매설물현황 파악 부실	0.042	6		
		설계 변경 요구	0.002	35		
	상세계획 (0.059)	부정확한 설계 기술 적용	0.016	24		
		부적절한 공법 선정	0.020	21		
		부적절한 시방	0.023	18		
	시공 단계 (0.238)	제조 (0.026)	자재 활용 및 관리계획 부족	0.026	16	
			조달 (0.051)	자재 조달 지연 및 자재 불량	0.005	33
				현장 내 저장 공간 부족	0.031	13
		부적절한 장비선정 및 장비의 활용 계획 부족		0.015	26	
		토공사 (0.102)	지장물 사전 검토 부족	0.034	12	
			지반조사 / 지하수면 파악 오류	0.039	8	
			토지 및 지질 조사의 부족	0.029	14	
		설치 (0.059)	공종의 간섭 및 지연	0.040	7	
			민원에 대한 예방 및 처리 능력 부족	0.013	28	
	설계와 시공기술간의 부적절한 조화		0.006	32		
	시공 이후 단계 (0.005)	최종 테스트 (0.003)	공사 오류로 인한 하자보수	0.003	34	
		유지관리 (0.002)	부적절한 유지 관리 방식	0.002	36	

4D CAD와 GIS 통합시스템에 적용 가능한 계층화된 리스크 인자의 최상위 계층에서는 사업 분석 단계가 0.424로 가장 중요하게 고려해야 할 평가항목으로 나타났으며, 다음으로는 계획 및 설계단계(0.333), 시공단계(0.238), 시공이후단계(0.005)의 순으로 중요도가 산정되었다.

PMBOK2000의 건설 프로젝트의 라이프사이클을 기준으로 분류된 계층 2는 공사비와 일정(0.135), 프로젝트 공식화(0.116),

전략설계(0.108), 승인업무(0.103), 토공사(0.102)순으로 나타났다. 이와 같이 전체적으로 4D CAD와 GIS의 영향이 미치는 요인들이 중요한 것으로 나타났으며, 그 이외에도 사업 분석 단계의 관리 업무가 중요한 것으로 조사되었다.

3계층의 상위 11개 주요현황을 살펴보면 다음 <표 7>과 같으며 계층 1에서 살펴보면 사업 분석단계가 5개 요소, 계획 및 설계단계가 4개 요소, 시공단계가 3개 요소를 가지고 있으며 상위 11개 요소의 합이 0.58로 절반이 넘는 중요도를 가지고 있다.

표 7. 3계층 상위 11개의 주요현황

위험 요소	중요도	순위
지리 정보를 고려하지 않은 시공계획	0.077	1
지역적 조건 사전 조사 부족	0.076	2
환경 여건의 고려 부족	0.073	3
주변 지역적 조건을 고려하지 않은 도면 작성	0.071	4
주변 주민의 반대(조망권, 일조권 침해 등)	0.051	5
매설물현황 파악 부실	0.042	6
공종의 간섭 및 지연	0.040	7
공종별 체크 리스트 부실	0.039	8
지반조사 / 지하수면 파악 오류	0.039	9
설계 누락 및 생략	0.036	10
사업자의 사업에 대한 이해도 부족	0.036	10

각적으로 공정별로 제공 할 수 있을 것이다.

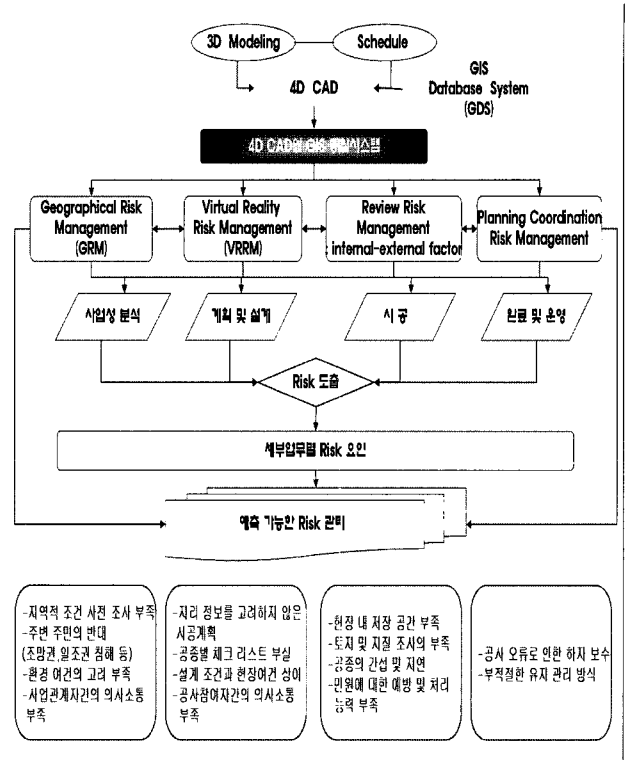


그림 5. 4D CAD와 GIS의 통합시스템 모델

6. 리스크 관리를 위한 4D CAD와 GIS의 통합시스템 모델

본 연구에서는 앞서 언급한 바와 같이 4D CAD와 GIS 통합 시스템을 제시함으로써 건설공사에서 발생할 수 있는 리스크를 사전에 예측·검토함으로써 감소시킴과 동시에 공기와 비용 품질 측면에서 향상을 도모하고자 한다. 위의 전문가 설문 조사를 통하여 본 논문에서 제시하고자 하는 4D CAD와 GIS 통합 시스템의 효율성 및 중요도에 대하여 검증 하였으며 이를 토대로 시스템을 모듈화 하여 위에서 도출되어진 4D·GIS와 직접적인 연관성을 가지고 있는 리스크 요소들을 효과적으로 예측 및 관리 할 수 있는 시스템의 개념을 제시 하고자 한다. 이를 위하여 크게 4가지의 모듈로 4D·GIS 시스템을 분류 하여 보았으며 그 개념적인 모델은 <그림 5>와 같다.

4가지 모듈을 살펴보면 GIS의 정보가 주축이 되어 사업지의 지리적 리스크를 관리할 수 있는 GRM(Geographical Risk Management)모듈과 4D CAD의 시각화 정보가 주축이 되는 VRRM(Virtual Reality Risk Management)모듈, 4D CAD의 공정별 시각화와 GIS의 지리적 정보의 활용을 통한 사업지 내·외부 리스크 관리 가능한 RRM(Review Risk Management)모듈, 각 단계별 프로세스를 통합관리 할 수 있는 PCRM(Planning Coordination Risk Management)모듈로 구성되어 보았으며, 각각의 모듈은 그림 5의 가장 하부에 있는 리스크 요소들을 4D·GIS 시스템을 통하여 분석하여 각각의 리스크 요소들을 시

7. 결 론

본 연구는 현재 이슈화 되고 있는 4D CAD 적용효과를 좀 더 광범위하게 적용할 수 없을가하는 생각에서 시작되었다. 4D CAD가 건축 프로세스의 시각화를 통한 커뮤니케이션을 증진과 시공성 검토와 같은 효과를 가지고 있지만 건축물 내·외부의 지리적 정보에 관해 고려하고 있지 않기에 건설공사 중 주변지역과 지하에 관한 리스크등을 시각적으로 혹은 정량적으로 예측 관리 하는데 한계를 가지고 있었다.

따라서 본 연구에서는 4D CAD와 GIS 통합시스템이 가지는 리스크 관리 기능들 중에서 4D CAD와 GIS의 통합 시스템을 통해 예측하고 사전에 예방할 수 있는 리스크 들을 도출 하고 리스크관리를 위한 모듈적 개념을 제시하였다. 또한 4D CAD와 GIS의 통합 시스템을 통해 예측가능 한 리스크들의 중요도 조사를 통해 발생할 수 있는 리스크에 우선순위를 부여함으로써 리스크들 사이에서 우선적으로 고려되어야 하는 관계가 설정되었으며 이를 토대로 4D CAD와 GIS의 통합 시스템을 통한 리스크 관리의 효용성을 검증 하고자 하였다.

연구에서 조사 되어진 것처럼 4D와 GIS 통합 시스템은 건설 프로젝트에 가장 큰 영향력을 가지고 있는 프로젝트의 초기단계의 리스크 관리에 많은 도움을 제공 할 수 있을 것으로 보여 짐으로 그 효용성이 더욱 크다고 할 수 있으며, 또한 4D CAD와 GIS 통합 시스템의 도입은 건설단계에서 발생하는 리스크 들을 공기와 비용 및 품질 측면에서 관리하기 위한 최적의 방안을 제시하는데 큰 도움이 될 것으로 보여 진다.

본 연구는 4D CAD와 GIS의 통합시스템을 통한 리스크 관리의 개념적 모델 제시에 관한 것이므로 향후 연구에서는 이와 관련된 시스템의 개발과 실제 현장에서의 적용 등에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 강미선, 이상현, 조난주, GIS를 이용한 도시 주거지 상업용도화 예측 모델링, 대한건축학회 논문집 18(11)
2. 강인석, 건설관리분야 4D시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선 방안, 대한건축학회 논문집 18(10), 2002.10, pp85-92
3. 강인석, 김창학, 박중민, 건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황분석, 1999년도 한국과학재단 특정기초연구, 과제번호: 1999-2-311-002-5, pp1-8
4. 김충식, GIS와 CAD 기술을 접목한 도시경관시뮬레이터의 개발, 대한건축학회 논문집 22(3), 2006.03, pp247-254
5. 류한국, 김선국, 이현수, 착공전 단계에서의 철근콘크리트 공사 공정리스크 관리 방안, 한국건설관리학회논문집 6(5), 2005.10
6. 박치호, 김경훈, 이윤선, 김재준, 초고층 건축물이 경제·사회에 미치는 영향요인 분석, 대한건축학회 논문집 23(5), 2007.05, pp179-186
7. 송기준, 김창준, 강경인, 우선수리대상 문화재 선정에 위한 의사결정 지원 모델 개발, 대한건축학회 논문집 23(5), 2007. 05, pp221-218
8. 송상훈, 김우영, 이현수, 공사관리에 따른 시공관리 개선방안, 대한건축학회 논문집 19(2), 2003.02, pp149-158
9. 윤민수, 시공관리 GIS의 개념적 데이터모델에 관한 연구, 서울시립대 석사학위논문 2006
10. 장명훈, 윤유상, 서상욱, 공정관리와 리스크관리의 통합을 위한 기초연구, 2005년도 건설기술기반구축사업 pp105-110
11. 조항민, 송영웅, 안재봉, 최윤기, 강구조물 공사의 품질관리를 위한 리스크 중요도 분석 및 대응방안, 한국건설관리학회논문집 8(3), 2007.06, pp1 119-127
12. 홍성욱, 김형일, 안용선, 국내 건설기업의 리스크 관리의 실태분석 및 개선방향에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 19(5), 2003.05, pp153-160