

의사결정모델을 이용한 시설물관리시스템 Facility Management Techniques Using AHP Model

강인준* · 최 현** · 이준석**

Kang, In-Joon · Choi, Hyun · Lee, Jun-Seok

요 旨

본 논문은 시설물 관리에서 시스템분석과 업무분석으로 인터넷기반 시설물 관리 시스템을 개발하고 AHP모델을 시스템에 도입하여 원활한 시설물관리기법을 제시하는데 있다. 기존의 공간분석과 연산은 정확성의 기준이 불분명하며 단순한 수준의 출력만을 하기 때문에, 의사결정을 위한 지리적자료에 대한 정확한 분석을 위해서는 통계적인 분석이 필요하였으며, 관리자위주의 시스템은 사용자의 욕구를 충족시키지 못하였다. 그리고, 인터넷 GIS 기반의 분석적 요구사항을 충족시켜줄 수 있는 일련의 공간통계분석기법들을 GIS로 공간분석기능으로 구조화시키기 위해서는 기존의 일반통계 모듈과 인터넷 GIS의 통합 또는 인터페이스의 구성이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 시설물의 장기적인 유지관리에 있어서 인터넷 GIS 기술도입의 필요성을 제시하고 의사 결정에서 AHP모델의 적용가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

The goal of this research is to develop the method of facility management which is used to manage the facility efficiently by using existing analyses of a system and a operation, and establish the method of a facility administration by applying AHP(Analytic Hierarchy Process) model. Because the standard of a accuracy in spacial analysis and calculation is a unclear, the exact analysis of a geographic data for a decision-making needs statistical analysis and administrator-centered type of system didn't satisfy the desire of users. There must be the existing general statistics module, integrated internet GIS and the composition of interface in order to structure a spacial statistics analysis methods that satisfy the matters desired in internet GIS into the spacial analysis function. This paper presents the need of internet GIS and AHP Model in supporting and managing function of all facilities in campus and introduce the possibility of applying.

1. 서론

의사 결정모델은 계량화하기 어려운 정보들을 계량화하여 판단의 우선순위를 결정하는 기법으로서, 평

가모형을 개발하거나, 평가대상에 관한 가중치를 구하기 위해 많이 이용된다.

GIS기술개발로 인하여 현대사회는 인간이 직면하고 있는 사회, 경제, 문화, 국방, 환경과 같은 거시적인

* 정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 (kangprof@hanmail.net)

** 정회원 · 부산대학교 토목공학과 박사 수료 (xhyun@pusan.ac.kr)

문제들로부터 도시의 가스관, 전기관, 상하수도관 관리나 학교 시설물의 관리와 같은 미시적인 문제에 이르기까지, 수많은 문제들을 해결하는데 필요한 데이터의 정보화와 구축된 정보들을 이용한 분석으로 현실세계에 대한 예측들을 보다 손쉽게 해결할 수 있다. 기존의 시설물 관리 체계는 원시도면과 속성 자료들을 분리하여 관리해왔는데 이러한 방식들은 속성 자료와 도형자료들을 따로따로 참조해야하므로 비효율적인 면이 많았다.

일차적으로 모든 시설에 대한 실태를 올바르게 파악해야 하므로 건설 당시의 설계도면이나 자료들이 정리되어 영구 보관되어 있어야 하는데 이러한 도면 및 자료의 보존에 따른 장소의 부족과 관리부실로 데이터의 유실이 잦아 시설관리의 측면에서 어려움이 있는 실정이다[Lyttle T, 1999]. 또한 기존데이터의 분산관리와 중복작업으로 인해 업무의 처리에 있어서도 역시 중복적인 일들과 장기적인 업무 대기시간이 불가피하였고 이는 시간적으로나 경제적으로도 상당히 비효율적인 시스템이었다. 그리고 최근 들어가는 국가 프로젝트 역시 시민의 편의를 고려해서 시설물 관리에 대한 여러 가지 응용을 하고있으나 수동적인 관리로 인해서 시설물의 정확한 현황 파악이 제대로 이루어지지 않아 전체적인 유지보수와 도시행정 계획시 정책가에 의사결정에 있어서 큰 어려움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 GIS 기반의 분석적 요구사항을 충족시켜 줄 수 있는 일련의 공간통계 분석 기법들을 GIS의 공간분석 기능으로 구조화시키기 위해서는 기존의 일반통계 모듈과 GIS의 통합 또는 상호작용공간의 구성이 필요하며[GoodChild et al, 1992], 이에 대한 기초적인 연구가 수행되었다[강인준등, 2000].

그러나, 의사결정에 지원되는 대부분의 정보는 기존의 자료를 분석하고 통합하여 그래픽으로 출력함으로써 의사결정자가 각종 상황들을 쉽게 이해하고 최종적으로 결정을 하는데 도움을 줄 수 있어야 하는데 기존의 방식은 정보를 가공해서 출력만을 해주는

것으로 합리적인 의사결정에 많은 오류를 내포할 수가 있다. 또한 공간분석과 연산은 이러한 정보의 가공을 지원해주었으나 정확성의 기준이 불분명할 뿐만 아니라 아주 단순한 수준의 출력만을 지원하여 의사결정을 위한 지리자료에 대한 정확한 분석을 위해서는 통계적인 공간분석개념에 대한 개념이 없었다. 그리고, 시설물관리에 대한 내용은 관리자뿐만 아니라 시설물을 실제 사용하는 사용자 역시 이용에 불편을 느낄 때마다 그 원인이나 내용에 대해 알고 싶어하는 경향이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 의사결정모델중의 하나인 AHP기법을 이용한 연구가 있으며[남광우, 1999], 인터넷GIS와 AHP모델을 이용하여 의사결정을 실시한다면 더욱 효율적인 업무분석 및 시스템 분석이 가능할 것으로 판단이 된다. 따라서, 본 연구에서는 인터넷 GIS와 AHP모델을 이용하여 효율적인 업무분석 및 시스템 분석이 가능하게 하고, AHP의 사결정모델의 적용으로 사용자에게 다중인자에 대한 결정이 체계적으로 계층화가 가능하게 하는데 그 목적이 있다.

2. 인터넷 GIS와 AHP 모델

2.1 인터넷 GIS

인터넷과 GIS는 초기에는 서로 독립된 영역으로 발전하였다. GIS는 단독 시스템과 부가장치들을 설치하고 데이터베이스를 Local에 구축하는 방식으로 수행되어왔으나, 인터넷은 정보 통신의 매체인 네트워크의 급속한 발전으로 멀티미디어 중심의 인터넷 정보서비스를 대중화시키게 되었다. 현재 인터넷의 대중화는 이제까지의 GIS의 활용 영역에서 구축된 공간데이터를 상호 공유하면서 데이터 유통에 있어 고비용을 들이지 않아도 된다는 가능성을 제시하여 네트워크를 통한 분산환경 상에서 GIS를 구현하고

있다. 인터넷GIS란 인터넷을 통하여 공간자료를 교환하고, 공간자료를 원격에서 접속하여 전송하며 분석, 처리할 수 있는 시스템이다[Peng, 1997]. 그림 1은 이러한 인터넷 GIS의 기본적인 시스템의 구성을 나타낸다.

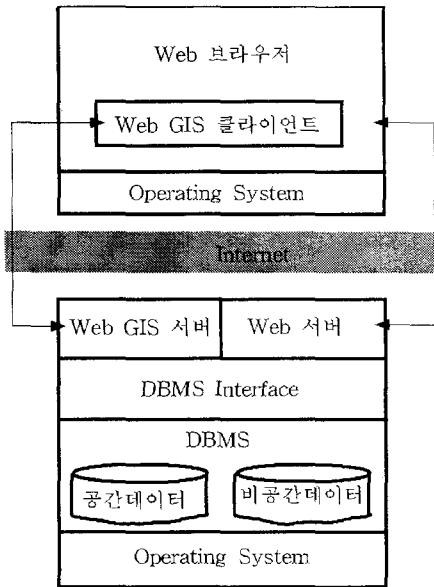


그림 1. 인터넷 GIS 기본구성

인터넷 GIS는 Data Format과 Client/Server환경하의 자료제공으로 나누어 발전되어왔다. Data Format에서의 자료제공은 다시 래스터자료와 벡터자료로 나누어지는데, 래스터자료에 대한 자료제공은 서버중심 서비스로 Client는 Display를 주로 하게 되나, 벡터자료에 대한 자료제공은 서버 측에서만뿐만 아니라, 클라이언트 측에서도 지형공간데이터를 처리할 수 있게 되는데, 이것은 서버 측과 클라이언트 측의 적절한 기능 분산이 가능하다는 것을 말한다. 일반 Netscape나 Explorer와 같은 브라우저는 지형공간자료를 지원하지 않으므로 벡터 데이터 포맷을 지원하는 별도의 클라이언트, 즉 vector 브라우저가 필요하다. Client/Server환경하의 자료제공방식의 대표적인

기능은 지형공간정보자료의 저장, 관리 및 서비스, 다중 사용자접속처리가 가능하고, 지형공간자료의 디스플레이와 사용자 인터페이스가 가능하다. 그림 2는 Client/Server환경하의 인터넷 GIS방식에 대한 상호관계를 나타낸다.

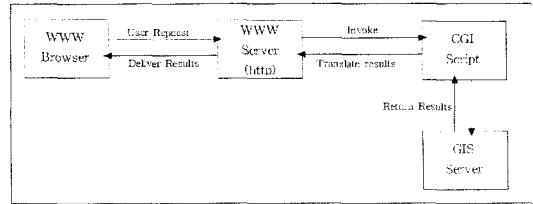


그림 2. Client/Server환경하의 인터넷 GIS방식에 대한 상호관계

3.1 의사결정모델

의사결정은 대안의 선택과 그 대안들 사이의 우선순위의 판단, 그리고 의사결정의 일련의 과정을 거친다고 말할 수 있다. 이러한 의사결정의 중요성 때문에 학자들은 통계학과 컴퓨터의 발달에 힘입어 OR(Operations Research)과 MS (Management Science)의 발전적 도입을 통해 보다 과학적이고 논리적인 의사결정 방법론을 연구해 오고 있다. 이러한 과학적이고 논리적인 의사결정 방법으로 미국에서 개발된 의사결정 모델중의 하나가 AHP(Analytic Hierarchy Process)모델이다.

AHP모델은 요소나 대안의 중요도 평가 과정에서 이원비교를 함으로써 분석과정이 간단하며, 정성적 요소에 대한 평가 결과를 정량화 하거나 평가 결과를 표준화하는 과정을 거치지 않기 때문에 의사결정 모델 중에서 가장 많이 이용된다. AHP모델을 적용하는 과정에서 의사결정자는 각 기준의 상대적 중요성을 판단하고 각각의 기준에 따라서 의사결정의 대상이 되는 대체안의 선호도를 표시한다. AHP모델은 각 대체안들에 대한 전반적인 선호도가 우선순위로

제시되는데 의사결정문제를 해결하는데 있어서 먼저, 의사결정요소를 계층화하고, 이원비교를 통해 투입자료를 수집한다. 그리고 의사결정의 선호도를 추정하기 위해서 고유치방법을 이용하고 마지막으로 의사결정대안에 대한 비율을 계산하기 위해 의사결정요소의 선호도를 종합화한다. 이러한 AHP이론은 평가, 선택, 예측을 위한 의사결정대체안을 가진 의사결정문제이며 계량적 요소들을 수반하는데, 응용분야는 경제 및 계획 분야, 자원정책 및 할당, 건강, 무기통제, 자재취급 및 구매문제, FMS, 인력선택 및 성과도, 프로젝트의 선택, 마케팅, 데이터베이스관리시스템의 선택, 사무자동화시스템, 마이크로컴퓨터의 선택, 예산할당, 포트폴리오 선택, CVP 분석을 위한 모델 선택, 회계감사, 교육, 정치, 사회, 경쟁상황하의 행위, 환경, 건축, 퍼지집합에서의 Membership Grade 측정, 방법론의 개발, 컨설팅 분야에서 연구되어지고 있다[김성희 외 2인]. 그림 3은 본 연구에 적용된 AHP모델에 대한 기본개념이다.

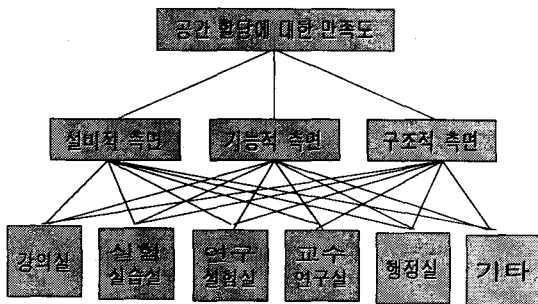


그림 3. AHP 계층 설계

3. 연구대상지역 적용

3.1 연구에 적용된 프로그램 및 모듈

본 시스템에 사용된 하드웨어로는 Pentium III 633 PC, Scanner, Plotter 등을 이용하였으며, 데이터베이스

스 구축에는 AutoCAD와 Arc/Info, Microstation, IRAS/B, GEOVEC등을 이용하였고, 데이터베이스 서버로는 Oracle 8i를 이용하였다. 어플리케이션개발에는 Visual Basic 6.0과 Map Object 2.0을 이용하였으며, 인터넷기반의 어플리케이션에는 ASP(Active Server Pages)와 Microsoft Visual InterViewDev 6.0을 사용하였고, Map Sever로 Map Object IMS(Internet Map Server)를 사용하였다. 서버쪽 운영체제로는 Windows NT server 4.0, 클라이언트 운영체제로는 Windows 98, 인터넷서버는 MIIS(Microsoft Internet Information Server)를 사용하였으며, 그림 4. 은 본연구에서 이용된 시스템 구축에 관한 흐름을 나타내고 있다.

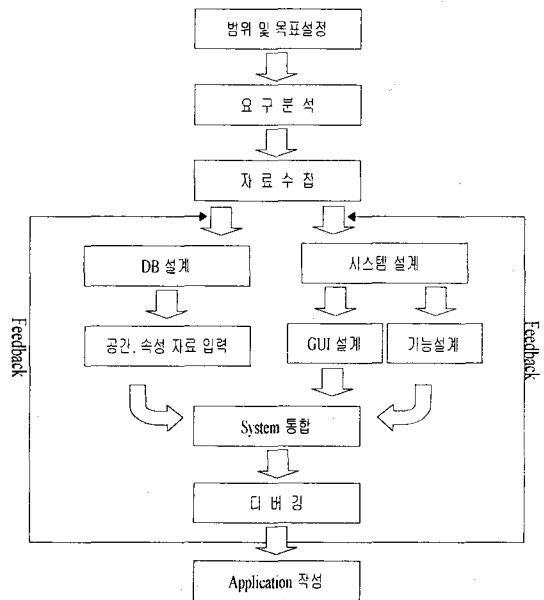


그림 4. 시스템 구축 흐름도

3.2 연구대상지역

연구대상지역은 일정영역내에서 복잡한 시설구조를 가지는 지역이 적절하다. 따라서 부산대학교내의 시설물 최적지 선정 및 의사결정모델을 적용하여 시

시설물관리기법에 대해서 적용하였다. 인터넷 GIS구현에서는 데이터베이스 구축은 시간과 비용에 있어서 큰 비중을 차지한다. 이러한 데이터베이스구조는 지도요소와 속성요소 간의 연결, 지리 정보들의 레이어 구조화, 그리고 연속된 공간도면의 개념으로 구성되며, GIS응용프로그램 개발에서도 이러한 개념이 적용되어야한다. 본 연구에서의 데이터베이스 구축은 크게 재조사, 지형입력 및 속성입력의 3가지로 나누어 이루어졌다. 기본데이터베이스를 구축하기 위해서 부산대학교가 있는 1:1,000 수치지도와 건물현황도, 1:600 축척의 지하매설물도를 이용하였으며, 6개월간 학내 지하매설물의 재질, 길이 및 깊이 등을 탐사하여 수치지도화 하였다. 이렇게 구성된 기본도면을 Arc/Info에서 polygonize하여 geometry로 변환하고 이것을 다시 shape 파일로 다시 변환하여 공간데이터로 사용하였다. 위의 자료를 이용하여 전반적인 공간 레이어 구성은 그림 5와 같이 13개로 구성하였다.

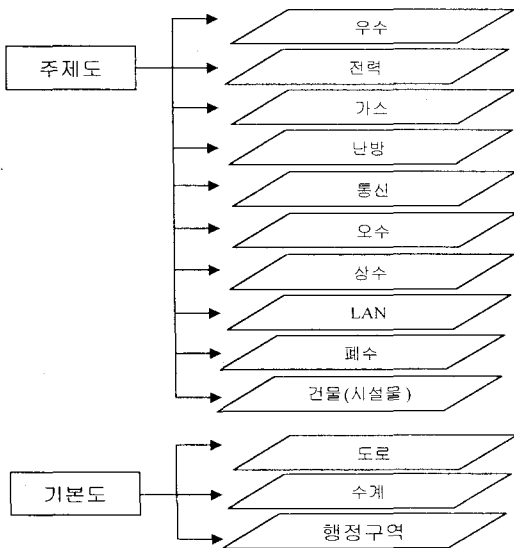


그림 5. 레이어의 구성

속성정보는 건물, 실험실, 실험실 내 기자재 및 부품, 9개의 지하매설물, 도로로 나누어 관리하였으며

건축물과 기자재 및 부품에 관해서는 사용자의 이해를 돕기 위해 이미지 파일을 첨부 시켰다. 건물 및 실험실 속성정보는 교내의 기존자료를 바탕으로 데이터베이스 하였으며, 도로와 지하시설물, 시설물에 대한 속성정보를 추가로 입력하였다. 시설물관리시스템은 공간자료의 입력과 출력, 수정뿐만 아니라 질의를 통한 통계 처리를 수행하여 의사결정을 지원하고 AHP모델을 사용하여 공간의 초기할당과 재할당의 문제를 해결하고자 하였다. 본 연구에서 구축한 시설물 관리시스템의 구현결과는 그림 5과 같다.



그림 6. 대학 시설물 관리 시스템의 메인 화면

그림 7은 시설물관리시스템의 레이어 창이며, 그림 8과 그림 9는 실험실 및 건물의 속성을 나타내는 창이다.

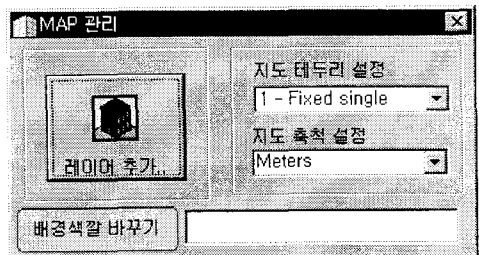


그림 7. 레이어 제어창

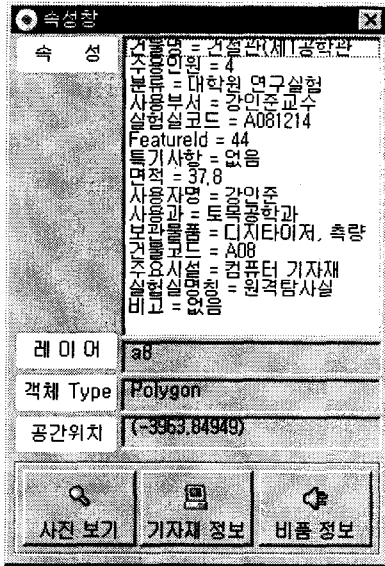


그림 8. 실험실 속성창

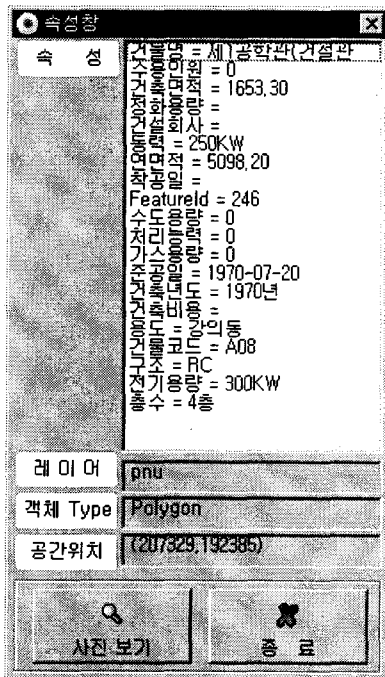


그림 9. 학내 건물 속성창

3.2 인터넷 GIS로 구현한 시설물 관리 시스템

그림 10은 인터넷상에서 구현한 학내공간관리시스템의 초기화면이다. 본 논문에서 구현한 프로그램의 설계는 기존 GIS S/W에서 제공해주는 Map Server를 사용하였기 때문에 플랫폼에 독립적인 시스템은 아니다. 데이터 포맷 측면에서는 래스터 서비스를 지원해주고 있으며 Client/Server의 구조는 2-Tier의 방식으로 구성하였다. 일반적으로 인터넷상에서의 표준 언어라 할 수 있는 자바를 사용해서 웹 프로그래밍을 구현하지만 본 논문에서는 Web server로 IIS를 사용하고 ASP를 이용해 일반적인 웹 데이터베이스 프로그래밍을 구현하였으며 지도 관련 제어 서비스는 Map Server에서 처리할 수 있게끔 하였다. 인터넷에서의 대학시설물관리시스템은 사용자와 시설관리자와의 직접적인 의사소통경로를 제공해주었으며 시설 증축이나 개, 보수 시의 작업 현황을 Internet 상에 게시하여 중복적인 일의 발생을 감소시키고 작업 진행 상황과 처리 사항을 Internet을 통해 알 수 있게 해주고 있다.

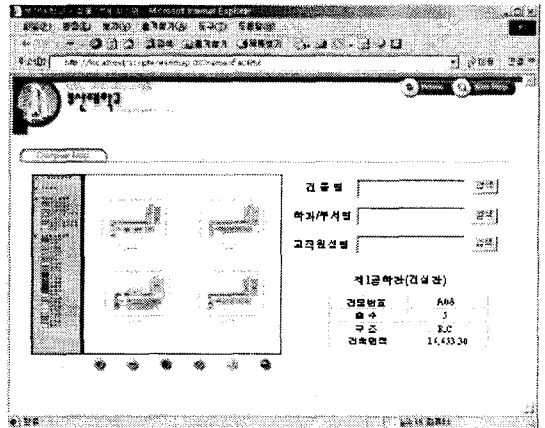


그림 10. Internet상에서 구현한 공간관리시스템

3.3 AHP모델의 이용한 통계출력

의사 결정을 하기 위해 계층도가 완성되면, 의사 결정 요소끼리 이원비교를 하여 요소들 사이의 선호도를 결정하게 되는데, 설비적 측면에서의 공간 할당에

대한 상대적 선호도, 기능적 측면에서의 공간 할당에 대한 상대적 선호도, 구조적 측면에서의 공간 할당에 대한 상대적 선호도를 비교하여 이원비교 매트릭스를 구성한다. 이러한 이원비교 매트릭스는 9점 척도로 가중치를 부여하였다.

표 1은 최종목표에 필요한 각각의 요소들의 중요치를 계산한 것으로서, 이러한 방법은 AHP 이론을 처음 제시한 Satty의 고유벡터법을 이용한 것인데, 이원비교 매트릭스의 고유값 중에서 최대치에 대응하는 고유벡터를 요소의 중요도로 이용하는 방법이다.

표 1. 공간 할당에 대한 만족에 미치는 요소들의 중요도 비교

	설비측면	기능측면	구조측면
설비측면	1	7	3
기능측면	1/7	1	1/2
구조측면	1/3	2	1

($W^1 = (0.258, 0.637, 0.105)$) W^1 =가중치

AHP이론에서는 다요소 의사결정문제에서는 정성적인 요소들을 포함하고 있기 때문에, 이원비교값은 주관적인 평가에 의존하기 때문에 이원비교 매트릭스에서 일관성의 검증을 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 표 2는 설비적측면, 기능적 측면 및 구조적 측면요소에 대한 대안의 중요도를 나타내고 있다.

표 2. 각 요소에 대한 대안들의 중요도

	설비측면	기능측면	구조측면
강의실	0.242	0.220	0.421
실험실습실	0.113	0.058	0.190
연구실습실	0.070	0.062	0.211
교수연구실	0.041	0.220	0.088
행정실	0.041	0.220	0.055
기타	0.491	0.220	0.043

표2에서의 고유벡터인 중요도와 표1의 값을 매트릭스로 계산하면 대안사이의 중요도를 계산값 중에서 중요도가 가장 높은 값은 0.491인 기타공간으로 나타났으며, 이 경우 공간 할당에 대한 가장 큰 만족을 주는 경우가 되나 0.242의 강의실과의 중요도에 비교에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 논리적인 판단을 위해서는 이에 대한 일관성 검증을 시행해야 하는데 일관성 여부를 검증해 보기 위해서는 고유벡터값인 λ_{max} 와 의사결정에 사용된 요소들의 개수(n)가 필요하다. 일관성검증을 위해서 Satty는 두 가지 방법으로 이원비교매트릭스의 일치성여부를 판단하도록 권했는데 이 방법은 일관성지수(CI)를 이용하는 방식이며 식 1과 같다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

다음으로 이용되는 방식은 임의지수(RI)는 매트릭스 차수별로 100개씩의 상반 매트릭스를 임의로 발생시켜 차수별로 일관성지수를 평균한 일치성비율(CR : Consistency Ratio)로 정의하고 식 2와 같다.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (n = 3일 \text{ 경우지수 } 0.58) \quad (2)$$

그림 11. 의사지원 가중치 부여화면

위의 이론을 적용하여 구현된 시설물관리에서 공간 할당의 만족도에 대한 의사 결정 지원모듈은 그림11와 같이 구현된다.

3.4 비교고찰

인터넷상에서의 게시판활용으로 행정문서로 인해 지연되었던 건의사항이나 시설물 관련 문제 해결 등에 대한 즉각적인 의사반영이 이루어질 수 있도록 하였고 수정사항이 생겼을 경우 학과별로 수정권한을 주어 자료의 변경이나 현재 관리되고있는 정보상황을 인터넷에서 공유, 검색이 가능하였으며 인터넷 GIS와 AHP모형을 이용하여 의사결정모형을 적용하여 효율적인 업무분석 및 시스템 분석이 가능하였다. 기존의 시설물관리 및 지하매설물 관리는 표준화된 데이터 설계의 미흡으로 시스템 통합시 부가적인 개발비용이 더 추가되었으나 AHP의사결정모형의 적용으로 사용자에게 다중인자에 대한 결정이 체계적으로 체계화가 가능하였으며, 시설물관리에서 공간 할당에 대한 의사결정지원모듈의 개발이 가능하였다. 그리고, Stand-alone 방식의 관리시스템에서 network을 이용한 정보공유 결과, 행정업무의 80%에 해당하는 도면정보와 제반속성정보를 짧은 시간 내에 정확히 검색이 가능하였다. 학내 시설물 관리에 대한 속성자료의 설계가 끝난 이후 다시 시스템을 피드백해본 결과 건물의 관리시에는 층축일, 층축횟수, 층축부분 등에 대한 자료가 더 필요했다. 또한, 다요소 의사결정 중 AHP모형의 활용에서 정량적인 자료에 의존하면 완전한 의사결정시스템으로 확장 연계되어야 하는 문제를 가지고 있기 때문에 연구자 및 계획자는 가설 지향적으로 문제를 명확히 정리하고 논리적 사고로 모델을 구성하여 조사를 통해 검증하여야 한다. 이는 조사자료를 통한 검증결과 모델의 각 범부에 대한 평가가 일관성이 결여되어있다는 결과가 나왔다고 가정한다면 AHP의 일관성지수가 0.1보다 크게 나왔다면 이때는 조사 자체의 신뢰도가 의심받

거나, 문제의 정리가 정확히 되지 않았거나 조사자료가 일관성이 없다고 볼 수 있기 때문이다. 이러한 AHP모형 활용의 문제점인 비일관성 문제를 극복하기 위해서 FGI(Finished Goods Inventory) 나 CLT(Communicative Language Teaching)와 같은 조사방법의 도입이 가능할 것으로 판단이 된다.

4. 결론

본 연구는 인터넷 GIS와 AHP의사결정모형을 이용한 시설물 관리기법에 대한 연구로써 기존의 시설물 자료에 대한 지형정보시스템을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 인터넷GIS와 AHP모형을 이용하여 의사결정모형을 적용하여 효율적인 업무분석 및 시스템 분석이 가능하였다.

둘째, 기존의 의사결정은 출력된 자료를 가지고 분석가와 전문가의 주관적인 의견이나 경험에서 비롯된 방법이 주로 이용되었으나 객관적인 의사결정모형을 적용함으로써 합리적인 의사결정이 가능하였다.

셋째, AHP의사결정모형의 적용으로 사용자에게 다중인자에 대한 결정이 체계적으로 체계화가 가능하였으며, 시설물관리에서 공간 할당에 대한 의사결정 지원모듈의 개발이 가능하였다.

넷째, AHP모형의 활용은 정량적인 자료에 의존하면 완전한 의사결정시스템으로 확장 연계되어야 하는 문제를 가지고 있으므로 가설 지향적으로 문제를 명확히 정리하고 논리적 사고로 모델을 구성하여야 함을 알 수가 있었다.

기존연구에서는 인터넷 환경에서 GIS의 자료처리 속도 문제와 기능분산의 연구 측면에서 시스템이 구축이 되어왔으나, 앞으로는 네트워크 상에서의

feature 수정이 되는 환경에서의 시스템구축과 관리 기법들의 연구가 수행되어야 할 것이다.

10. Peng, Zhong-Ren and Douglas, D. Nebert (1997) An Internet-Based GIS Data Access System, Journal of Urban and Regional Information Systems, spring.

참고문헌

(2002년 4월 11일 원고접수)

1. 강인준, 김현정, 최현(2000) Web GIS를 이용한 교차로 교통량 분석에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.749-752.
2. 강인준, 성은영, 이용희, 김희규(2000) Internet GIS를 이용한 시설물관리기법. 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.753-756.
3. 남광우 (1998) 퍼지집합개념과 AHP를 이용한 GIS 환경에서의 공간의사결정에 관한 연구 : 토지적합성평가와 시설입지분석에 관한 의사결정을 중심으로. 석사학위논문, 부산대학교.
4. 성은영 (2001) Internet GIS와 AHP의사결정을 이용한 시설물 관리기법, 석사학위논문, 부산대학교.
5. Bishr, Y.A., M. Molenaar, and M.M. Radwan (1996) Spatial Heterogeneity of Federated GIS in a Client/Server Architecture. Proceedings of GIS '96, Tenth Annual Conference on Geographic Information Systems, Vancouver, British Columbia, Canada.
6. Chappell, David (1996) Understanding ActiveX and OLE, Redmond, WA: Microsoft Press.
7. Hall, Carl L. (1994) Technical Foundations of Client/Server Systems, New York: John Wiley & Sons, Inc.
8. Harvey J Miller (1997) GIS and Geometric Representation in Facility Location Problems, INT, J, Geographical Information Science, Vol 10, No 7 p.791-816.
9. Lyttle T (1999) A model univpersity analysis and instrumentation facility, International Scientific Communications.