

도시공원 입지선정을 위한 GIS기반의 의사결정 지원시스템의 개발

조규현 * · 이인성 *

Development of a GIS-based Decision Support System for the Locational Decision of Urban Parks

Kyu-Hyon Jo * · In-sung Lee *

요 약

이 연구에서는 도시공원의 입지결정에 관련된 행정 업무의 효율성과 의사결정의 질 향상을 위하여, GIS와 의사결정 분석기법이 통합된 의사결정 지원시스템을 구축하고자 하였다. 이 시스템은 현황분석, 대안생성, 대안평가에 이르는 일련의 과정을 일관성있는 시스템환경 하에 통합하여 효율적인 관리과정을 제공하고 있다. 도시공원 입지결정을 위하여 형평성, 효율성, 수혜인구, 동별공원비율, 지가, 지장물, 녹지연계성 등의 기준이 적용되었고, 단계별 특성에 따라 MAUT, AHP, ELECTRE 등의 다양한 의사결정 분석기법들이 접목되었으며, GIS를 이용한 다양한 공간분석 기능과 의사결정 과정을 시각적으로 확인할 수 있는 기능들이 개발되었다. 이 시스템은 향후 도시공원 관리기능을 포함하여 종합적인 도시공원 관리시스템으로 발전될 수 있으며, 연구과정에서 개발된 방법론들은 도시공원뿐 아니라 기타 도시시설의 입지결정에도 활용될 수 있을 것이다.

Abstract : This study aimed to develop an effective decision support system for the locational decision of urban parks through integrating decision analysis techniques with spatial analysis functions of GIS, and by doing so, to improve the efficiency and quality of the decision-making process. The system provides an efficient management process by integrating analysis, alternative generation and evaluation procedures into a coherent system environment. Evaluation criteria used in the system includes Equity, Efficiency, Service population, Land cost, Park ratio, Present buildings, and Connectivity of greenery. The system also improves the efficiency and rationality of the decision-making process by incorporating various

* 서울시립대학교 건축도시조경학부 (School of Architecture, Planning & Landscape Architecture, The University of Seoul, 90 Junnong dong, Dongdaemun gu, Seoul, Korea, Tel. (02) 2210-2744)

decision analysis techniques such as MAUT, AHP, and ELECTRE into a decision-making process. The analysis and decision support methods used in the system can be utilized for the locational decisions of other urban public facilities, and the system can also be expanded to a comprehensive park management system by incorporating general management functions for urban parks.

Keywords : Urban park, GIS, Decision Analysis, Decision Support System(DSS)

1. 서 론

도시환경이 악화되고 삶의 질에 대한 관심이 높아짐에 따라 휴식과 여가활동을 위한 도시 오픈스페이스에 대한 요구가 증대되고 있으나, 토지자원의 제한과 토지 가격의 상승으로 대형 공원의 조성을 통한 도시내 오픈스페이스 확충은 매우 어려운 실정이다. 서울시의 '공원녹지 확충 5개년 계획'(1996)에서는 이러한 점을 감안하여 지금까지의 대형공원 위주의 공원 정책방향을 거주지 주변에서 쉽게 찾을 수 있는 소규모 '도보권 도시공원'의 연결체제 구축 위주로 전환하였다.

도보권 도시공원(이하 '도시공원'으로 통칭)은 일상적인 휴식이나 대화, 운동, 놀이 등의 다양한 쓰임새를 가지며, 그 영향권의 반경이 비교적 작다는 특징을 가진다. 이러한 특징 때문에 도시공원 이용자의 공원선택 행태는 무엇보다도 접근성에 의해 가장 큰 영향을 받게된다. 그러므로, 도시공원의 입지결정에 있어서 가장 중요한 과제는 많은 사람들에게 고른 접근성을 효율적으로 제공하는 것이다. 또한 도시공원의 입지결정에 있어서는 접근성 이외에도 예산, 지장물 등 현실적인 제약조건들이 고려되어야

하므로 다양한 기준들을 종합적으로 고려하여 결정될 필요가 있다.

그러나, 지금까지의 도시공원 입지결정은 객관적 기준보다는 행정 편의에 의해 결정되는 경우가 많았으며, 이로 인하여 서비스 부재지역을 초래하여 민원을 야기시켜 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 도시공원의 입지를 분석, 평가, 관리하기 위한 합리적인 의사결정 지원시스템의 구축이 필요하다. 또한 이러한 관리시스템의 구축은 업무 빈도가 상당히 높은 편인 도시계획시설 입안 및 결정에 있어서 반복작업의 효율성을 증대시키는 효과를 거둘 수 있을 것이다.

본 연구에서는 GIS의 공간분석 기능과 의사결정기법을 통합하여, 도시공원 입지결정에 관련된 행정 업무의 효율성을 높이고 의사결정의 질을 향상시키기 위한 의사결정 지원시스템을 구축하고자 하였다.

2. 연구 방향의 설정

2.1 관련 행정부서의 업무분석

컴퓨터를 이용한 관리시스템은 복잡다양한 정보를 종합적으로 분석할 필요가 있는

반복적 업무를 대상으로 할 때 그 효용가치가 크게 나타난다. 본 연구와 관련되는 행정업무는 서울시 도시계획국 시설계획과 공원녹지계획팀의 '도시계획 시설의 입안 및 결정' 업무이다. 서울시 도시계획정보관리시스템 기본계획(서울시 2000^{*)}, p.13)에 따르면 이 업무의 빈도는 월 4회로 높은 편에 속하여, MIS(Management Information Systems)와 GIS 정보구축의 필요성이 높은 업무로 평가되고 있다.

공원녹지계획팀의 도시계획시설 입안 및 결정에 관한 업무흐름을 살펴보면, 먼저 자치구 관련 부서에서 도시계획시설 설치안을 작성하여 서울시 시설계획과에 입안요청을 하며, 시에서는 이를 검토하여 시의회 의견청취와 시 도시계획위원회 심의를 거쳐 결정고시 및 지적고시를 하고 도시계획시설 대장을 작성하는 일련의 과정을 거친다.

이 과정에서 공원의 필요성 및 합리적인 입지에 관한 일차적인 판단은 기본적으로 자치구의 입안과정에서 이루어져야 할 작업이다. 따라서 본 연구의 시스템은 자치구의 관련업무 담당자를 주 이용자로 설정하여 개발되었다. 자치구의 공원녹지 행정업무는 본청의 업무와 중복되고 서로 연결되기 때문에, 이 시스템은 자치구뿐 아니라 서울시 본청의 관련업무에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

현재 자치구의 입안과정에서는 공원의 필요성과 입지에 대한 합리적 근거가 미흡하여 이해당사자간의 갈등 해결을 위한 객관적 자료를 제시하지 못하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위해 의사결정 지원시스템이 갖춰야할 기능을 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 도시공원의 입지선정을 위해서는 대상지역의 상세한 현황이 파악되어야 하므로, 의사결정 지원시스템은 필지별 지가, 토지이용현황, 지장물의 규모, 기존시설과의 거리, 도로현황, 인구 등 다양하고 상세한 현황분석 기능을 제공하여야 한다. 둘째, 대안의 생성과 평가과정에서는 여러가지 상황이 발생할 수 있으므로 의사결정 지원시스템은 다양한 상황과 사용자의 요구를 수용할 수 있는 유연성을 가져야 한다. 셋째, 수많은 후보지 중에서 최적안을 선정하는 과정에 있어서 평가기준이 합리적이고 실제적이어야 하고, 도출과정에 객관성이 있어야 한다. 마지막으로, 이러한 일련의 과정과 결과를 사용자에게 시각적으로 전달하여 검증효과를 높일 수 있어야 하며, 지속적인 유지관리가 가능하여야 한다.

2.2 관련연구의 고찰 및 적용

공공시설의 입지기준에 관한 기존의 연구(Symons 1971, Morrill 1974, McAllister 1976, Bach 1980 등)에서는 일반적으로 효율성(efficiency)과 더불어 형평성(equity)이 강조되고 있는데, Lineberry와 Welch(1974)는 이들 기준외에도 적정성(adequacy), 투입 및 산출의 평등성(input & output equality)을, Lucy(1981)는 필요(need), 수요(demand), 선호(preference), 지불의사(willing to pay)등을 공공시설 입지결정 기준으로 제시하고 있다.

이와 관련된 근래의 국내 연구를 살펴보면, 김광식(1993)은 도시 공공시설물의 동태적 입지배분에 관심을 두고 Bach의 입지분석 모형을 이용하여 도시공공 시설물의

최적 입지를 찾는 방법을 모색하였으며, 최기수(1995)는 근린 옥외여가시설에 대한 대도시 주민의 선택요인을 규명하고, 선택모형을 개발하여 옥외여가시설의 이용권을 추정하였다. Yoihee Chin(1996)은 공간의사지원체계를 활용하여 공원배분이 가지는 비구조적 문제(ill-structured problem)의 결점을 극복하고자 하였으며, 황용진(1994)은 공간상의 거리를 분석의 기초로 하여 최적의 효율성 지점과 최적의 형평지점을 찾아 입지후보지간의 총 통행비용과 최대 통행비용을 비교하였고, 배진보(1991)는 인구변화에 따른 공공시설의 최적 입지점을 모색하고 이를 토대로 기존 시설과 신규 시설 입지의 타당성을 비교검토하였다.

이러한 연구들은 주로 기존의 통계자료에 기초하여 입지의 적정성을 평가하였는데, 기초자료의 한계로 인하여 설정기준이 제한되고 공간분석이 개략적인 수준에 그치고 있으며, 정태적 상황을 위한 단일 입지분석에 그치고 있어서 실제 의사결정과정의 다양한 상황을 지원할 수 있는 논리와 방법론이 미흡하다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 상세한 기초자료가 뒷받침되어야 하고, 다양하고 포괄적인 기준에 의해 복합적 요인을 상황에 맞게 동태적으로 분석, 평가할 수 있는 방법론과 도구의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 필지단위의 상세한 기초자료를 구축하여 형평성, 효율성뿐만 아니라 지가, 수혜 인구수, 지장물의 규모, 동별 공원비율, 녹지의 연계성 등의 실제적 선정기준들이 입지결정에 감안될 수 있도록 하였으며, 전체적인 분석과정을 통합된 시스템으로 구축하여 상황에 따라 다양한 시나

리오들이 용이하게 검토될 수 있도록 하였다. 이러한 과정에서 GIS의 다양한 공간분석 및 시각화 기능이 긴요하게 활용되었다.

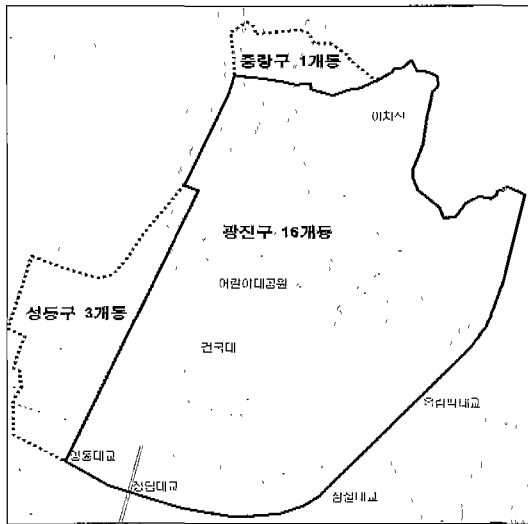
또한 본 연구에서는 다요인 의사결정기법(multiattribute decision-making technique)을 GIS와 통합하여 복합적인 기준과 상황을 가진 의사결정을 효과적으로 지원하고자 하였다. 다요인 의사결정기법은 의사결정분석(decision analysis)의 한 분야로서, 복수의 요인들(선택기준)과 대안들을 포함하는 의사결정문제에서 최선의 대안을 찾는 방법을 제공한다. 그동안 여러 연구자에 의해 다양한 다요인 의사결정기법들이 개발되어 광범위한 분야에서 응용되고 있다. 본 연구에서는 MAUT(Multi-Attribute Utility Theory, Neumann & Morgenstern 1946; Keeney & Raiffa 1976), AHP(Analytic Hierarchy Process, Saaty 1980), ELECTRE(ELimination Et Choice Translating REality, Roy 1990) 등의 의사결정 분석기법이 적용되었는데, 이들 기법들은 각각 다른 특성과 장단점을 가지고 있으므로 의사결정문제의 특성과 주어진 조건에 따라 적절한 방법들이 선택되고 결합되어 활용될 필요가 있다.

MAUT는 가장 고전적인 복합기준 평가 방법으로 간결한 구조와 이해하기 쉬운 명확한 논리를 가지고 있으며, 많은 대안을 일관된 논리로 용이하게 평가할 수 있는 논리적 기틀을 제공하여 주기 때문에, 본 연구에서는 수많은 입지후보지를 공통된 기준으로 비교할 필요가 있을 때 이 방법을 적용하였다. AHP는 문제를 계층적으로 해부하고 각 단계의 가중치를 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 평가할 수 있는 방법을 제공해 주는데, 본 연구에서는

평가기준의 가중치를 산정하는 과정과 최적대안의 선정 과정에 이를 이용하였다. ELECTRE는 대안의 수가 의사결정자가 다루기 힘들 정도로 많을 경우 선정된 대안 중 우수한 소수의 대안을 일차적으로 선별하는데 유용한 기법이며, 본 연구에서는 이를 공원입지 대안의 선별과정에서 활용하였다.

2.3 대상지 및 기초자료 구축

연구는 '서울시 주요산 풍치보전계획'(서울시, 2000¹⁴)에 의해 기초자료가 구축된 서울시 광진구를 대상으로 진행되었다. [그림 1]에서 보듯이 연구 대상지인 광진구뿐 아니라 인접한 중랑구(1개동)와 성동구(3개동)



[그림 1] 연구 대상지

에 대해서도 기초자료가 구축되었는데, 이는 광진구 경계부분의 주민이 인접지역 공원에 의해 수혜받고 있는 현실을 반영하기 위해서이다.

시스템에서 기초자료들은 <표 1>에서와 같이 자연환경, 인문사회환경, 사진자료로 구분되어 제공된다. 대상지의 기초자료는 1:1,000 수치지도, 편집지적도 등의 공간자료를 토지특성자료, 건축물대장, 인구통계자료 등의 속성 데이터와 통합하고 편집하는 과정을 통해 구축되었다.

도로 자료는 도시계획상 대로(폭 25m) 이상은 보도를, 그 미만의 도로는 도로중심선을 선(line) 자료로 구축하였다. 여기에 횡단보도, 육교, 지하도 자료를 추가하고 난이도를 감안하기 위하여 저항값(100m)을 부과하였다.¹⁾ 도시공원의 서비스권은 이 도로자료를 근거로 GIS의 네트워크분석 기능을 이용하여 파악되었는데, 다음의 사항을 상황에 맞게 선택할 수 있도록 하여 보다 현실적인 분석이 될 수 있도록 고려하였다.

첫째, 도시공원법상 공원은 아니지만 공원의 역할을 일부 수행하는 마을마당, 아파트 단지 어린이놀이터, 초·중·고 및 대학교의 자료를 종류별로 분리 구축하여 사용자가 서비스권 분석에 포함하기 원하는 공간 유형을 선택할 수 있도록 하였다. 이들 시설 외에도 공개공지나 광장 등 기타 유형들도 사용자가 추가할 수 있도록 하여 다양한 분석에 응용될 수 있도록 하였다.

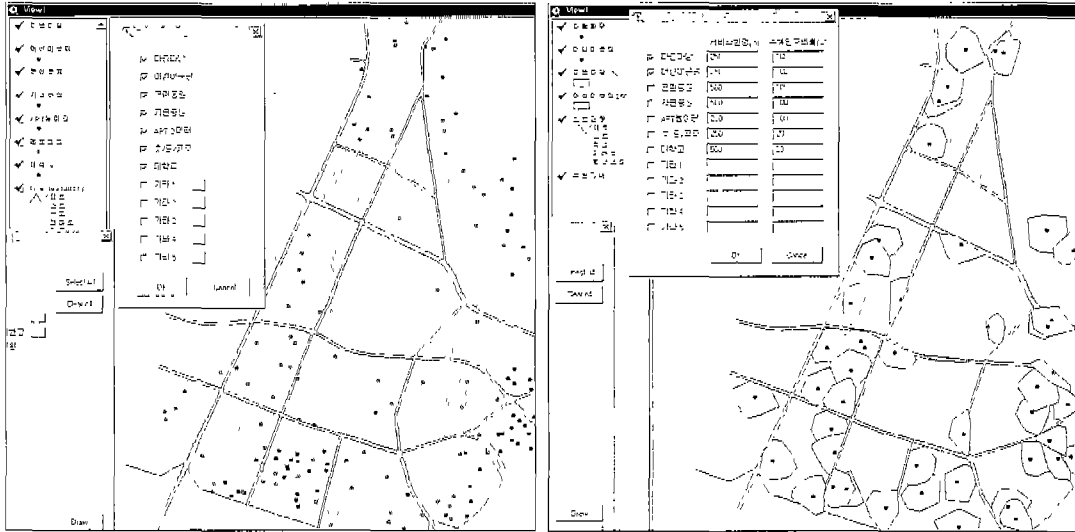
1) 25m 이상의 도로에서 횡단보도의 평균 대기시간은 130초로 이를 보행 속도(400m/10분)와 곱하여 거리로 환산하면 86.7m인데, 여기에 차량 통행이 많은 대로를 건너는 심리적 부담을 고려하여 100m의 저항값을 부과하였음. 육교 및 지하도는 대기시간은 없지만 계단을 이용하는 불편을 감안하여 횡단보도와 동일하게 100m의 저항값을 부과하였음. 횡단보도 대기시간은 도로교통 안전관리공단 실측자료(장덕명, 1988)를, 보행속도는 최기수(1995)의 근린육외 여가시설 선택시의 도보속도를 참조하였음.

<표 1> 구축 데이터

대분류	중분류	주제별 분류	자료구축 방법
자연 환경	지형 현황	·표고 ·경사 ·필지 평균표고 ·필지 평균경사	·수치지도에서 고도 추출하여 20m 그리드로 구축 ·필지별 평균 표고, 경사를 산출하여 편집지적 속성값으로 입력
	비옴 현황	·토지이용현황 ·현존식생현황 ·토양피복현황 ·비옴유형 ·유형평가 ·개별비옴평가	·서울시 비옴 자료(서울시 2000*3) 활용 ·비옴 평가자료를 근거로 신규 공원의 녹지 연계성 향상효과를 평가
인문 사회 환경	행정구역	·행정구역경계	·수치지도 및 편집지적도에서 추출
	서비스권 현황	·도시공원현황 ·도로현황 ·기존시설 서비스권 ·기존시설과의 거리	·공원현황은 수치지도, 편집지적 및 현장조사결과를 종합. ·25m 이상도로는 보도, 그 이하는 중심선데이터 구축 ·유치거리는 사용자가 입력, 서비스권은 네트워크 분석으로 파악
	지적 현황	·필지면적 ·지목 ·토지이용 ·용도지역 ·소유 ·공시지가 ·주거인구	·편집지적도와 토지특성자료 및 인구통계자료 연계 ·행정동별 인구자료를 주거용 건물의 총 연면적으로 나누어 필지당 인구수로 전환
	건축물 현황	·건면적 ·연면적 ·층수 ·노후도	·수치지도의 건물도형자료, 편집지적도, 건축물대장 연계
사진 자료	현황사진 자료	·서울시 사진 ·공원 사진	·서울모습 2차 사진 기록화 작업(서울시 2000*1)의 자료 및 관리용 공원사진자료

둘째, 서비스권 분석에 있어서 사용자는 유형선택은 물론, 유형별 유치거리와 수혜인구 비율도 설정할 수 있도록 하였다. 즉 도시공원법상의 시설별 유치거리가 기본값으로 주어지지만 사용자는 이를 변경할 수 있으며, 공원 종류와 유시시설 유형에 따라

각각 다른 유치거리(예: 근린공원 500m, 어린이공원 250m, 마을마당 150m 등)를 지정할 수 있다. 또한 수혜인구의 계산에 있어서 유치거리 내 인구 중 수혜인구로 계산되는 비율을 시설별로 다르게(예: 공원 100%, 학교 20% 등) 적용할 수 있다.



[그림 2] 공원유형 선택 및 서비스권 분석 화면

셋째, 각 필지로부터 가장 가까운 공원까지의 거리는 사용자가 선택한 유형에 대해서만 분석되는데, 모든 필지에 대해 각각 가장 가까운 공원까지의 실제 거리를 계산하는 것은 처리시간이 많이 소요되므로, 본 연구에서는 이 거리를 100m 간격으로 구분하여 100m 미만~1,000m 이상까지 총 11등급으로 분석하였다.

3. 시스템 설계

본 연구에서 구축한 시스템은 Arcview 3.2를 기본으로 개발되었으며, 3D Analyst, Spatial Analyst, Network Analyst, Cad Reader, Dialog Designer, Geoprocessing, JPEG(JFIF) Image Support, Shortest Network Paths v1.1 등의 확장기능을 추가하고 사용자정의 메뉴를 사용하여 구축되었다. 시스

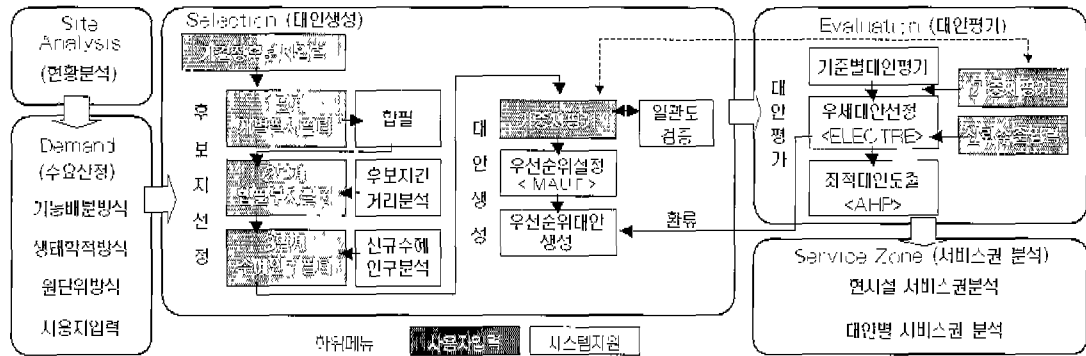
탐은 [그림 3]과 같이 현황분석(Site Analysis), 수요산정(Demand), 대안생성(Selection), 대안평가(Evaluation), 서비스권분석(Service Zone) 등 다섯 모듈로 구성되어 있다.

3.1 수요산정

공원입지 결정에 앞서서 해당 기간의 공원조성 목표를 설정하는 수요설정이 이루어져야 한다. 본 시스템에서는 수요설정을 위해 기능배분 방식, 생태적 방식, 원단위 방식, 사용자입력 방식 등 네가지 방법이 제공되었다.

기능배분 방식은 도시전체 면적에서 공원면적이 차지하는 목표비율을 설정하여 수요를 산정하는 방법이며,²⁾ 생태적 방식은 도시민의 산소(O₂) 공급원으로 요구되는 수림지 면적을 산출하여 공원 및 녹지의 수

2) 서울시는 적정 도시 공원을 8~15%로 설정하고 있음.(서울시, 1985)



[그림 3] 시스템 구성

요를 결정하는 방법이다.³⁾ 원단위 방식은 1인당 공원면적을 기준으로 도시공원수요를 산출하는 방법으로, 현행 우리나라의 도시공원법에서는 이 방법을 사용하고 있다.⁴⁾ 사용자입력 방식은 의사결정자가 예산이나 장기목표 등을 고려하여 당해연도의 공원수요와 단위 최소면적을 직접 입력하는 것이다.

이러한 방식 중에서 사용자는 상황에 맞는 방법으로 공원의 수요를 설정하고 이 수요를 근거로 입지대안을 분석하게 된다. 이 논문의 예시에서는 광진구의 신규공원수요가 면적 1000m²의 공원 5개로 설정된 것을 가정하였다.

3.2 후보지 선정

그 다음 단계로 사용자는 대상지에서 새로운 공원의 후보지를 추출하게 된다. 우선 여러가지 이유로 일부 공원의 입지가 사전

에 결정될 수 있으므로 사용자가 결정된 공원입지를 직접 입력할 수 있어야 한다. 사용자가 후보지를 직접 입력할 경우에는 화면에서 해당필지를 선택하거나, 주소를 입력하여 지정할 수 있다. 예시에서는 현재 광진구에서 공원부지로 고려하고 있는 구의1동 237-5 일대와 중곡1동 618-1 일대를 공원입지 결정지로 지정하였다.

나머지 공원의 입지 결정을 위해서는 전체 필지 중에서 좋은 조건을 갖춘 후보지를 객관적 지표에 의해 단계적으로 선정하는 과정이 필요하다. 단계적 선정은 입지 가능성이 희박한 필지를 기준에 의해 단계적으로 제외시키는 방식이 사용되었는데, 이 과정에서 사용자는 최소·최대기준 또는 특정 속성을 지정하여 원하는 후보지를 찾아낼 수 있다.

후보지 선정 과정은 3단계로 진행되는데, 1단계에서는 단위 필지에 대한 필터링이 수행된다. 사용자는 필터링 조건으로서 지

3) 일본의 관련 연구에서는 도시민 1인이 소모하는 산소 공급에 필요한 수림면적이 40m²라고 밝히고 있는데, 이 수치는 여러 도시계획가들이 제시하는 1인당 도시공원면적의 상한치에 해당됨 (오충현, 1999)

4) 도시계획구역 전체: 주민 1인당 6m² 이상, 개발제한구역·녹지지역을 제외한 도시계획구역: 주민 1인당 3m² 이상. 도시공원법시행규칙 제3조 (개정 93.12.30)

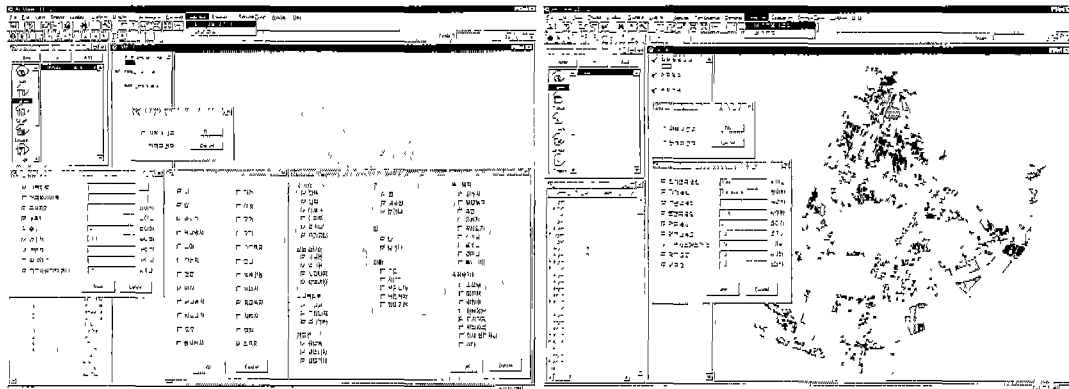
목, 토지이용, 공시지가, 노후도, 층수, 건면적, 연면적, 필지면적, 기존시설과의 거리 등을 선택하고 각각의 조건을 지정할 수 있다. 필터링을 거친 필지들은 적정 공원면적을 만족하기 위해서 인근 필지와 합필되는데, 선정된 필지와 접해있는 필지 중 지가가 낮고 필지면적이 큰 필지가 우선적으로 합필되며, 이 과정은 사용자가 지정한 최소 단위공원면적에 이를 때까지 반복된다.

[그림 4]의 예시에서는 지목이 전, 담, 과수원, 대지, 종교용지 또는 잡종지이고, 공시지가 백만원, 층수 2층, 건면적 100㎡ 및 연면적 200㎡ 이하이며, 건물 노후도가 10년 이상이고 기존시설과의 거리는 250m 이상인 2,015 필지가 선정되고, 이들이 합필을 거쳐 935개의 후보지로 통합되는 과정을 보여주고 있다.

2단계 필터링에서는 합필된 후보지를 대상으로 면적, 지가, 건면적, 연면적의 합과 평균 층수, 노후도, 표고, 경사, 기존시설과

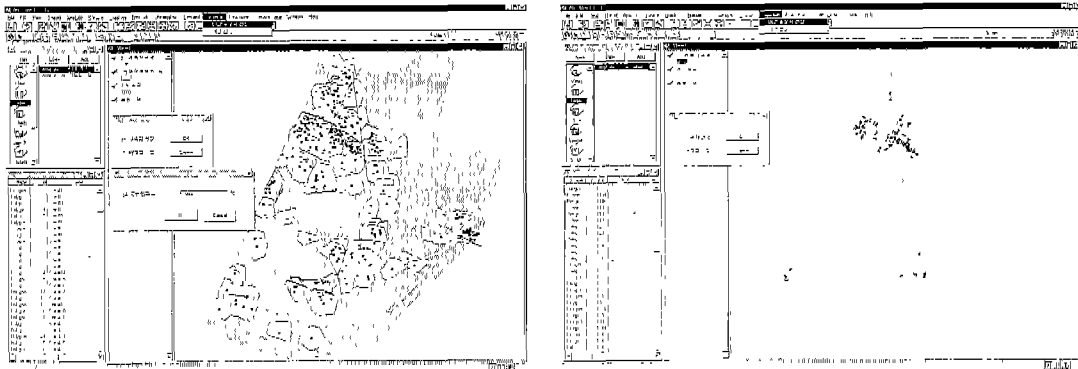
의 거리 등의 기준을 적용할 수 있다. 예시에서는 지가 10억원, 건면적 1,000㎡, 연면적 2,000㎡ 및 평균 층수 2층 이하이고, 노후도 10년 이상, 표고 40m 이상, 경사 10% 이하, 기존시설과의 거리 250m 이상으로 필터링한 결과, 298개의 후보지가 선정되었다.

이러한 과정에서 찾아진 후보지는 주어진 조건은 만족시키지만 공원수요가 없는 외곽지역에 입지할 수 있다. 이러한 점을 감안하여 3단계 필터링에서는 네트워크 분석을 통해 후보지별 신규 수혜인구⁵⁾를 산정하여 일정 수혜인구 이상을 가지는 후보지를 선택하였다. [그림 5]의 예시에서는 신규 수혜인구 기준을 3,000명 이상으로 설정하여 71개의 후보지가 필터링되었으며, 이에 따라 사용자가 직접 입력한 2개의 후보지와 함께 총 73개의 후보지가 선정되었다.



[그림 4] 1단계 조건설정과 합필 결과 및 2단계 조건설정

5) 기존 공원의 혜택을 받지 못하는 인구 중 후보지의 유치거리 내에 거주하여 신규공원 조성으로 수혜받는 인구



[그림 5] 수해인구 분석 및 후보지 선정의 결과

3.3 대안 생성

지금까지 찾아진 후보지들은 개별 공원 입지 후보지일 뿐, 필요한 공원들 전체(예시에서는 5개)에 대한 입지대안은 아니다. 즉 ‘대안’은 하나의 공원에 대한 입지안이 아니라 분석 대상이 되는 전체 공원들(5개)에 대한 입지안이 되어야 한다. 그러므로 대안 생성 단계에서는 공원입지 후보지들을 수요산정에서 지정된 공원의 개수만큼 썬 묶어내는 과정이 필요한데, 이에 해당되는 경우의 수는 무수히 많으므로 가능한 모든 경우를 고려하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 시스템에서는 후보지별 우선순위를 선정하고 그 우선순위에 따라 효율적으로 대안을 생성할 수 있도록 하였다.

물론 이미 공원입지가 결정된 곳(예시에서는 2개소)은 모든 대안에 항상 포함된다. 나머지 후보지에 대한 우선순위는 MAUT를 사용하여 결정되는데, MAUT는 기준 가중치와 효용함수만으로 많은 대안의 선호도를 간단하게 산정할 수 있기 때문에 이

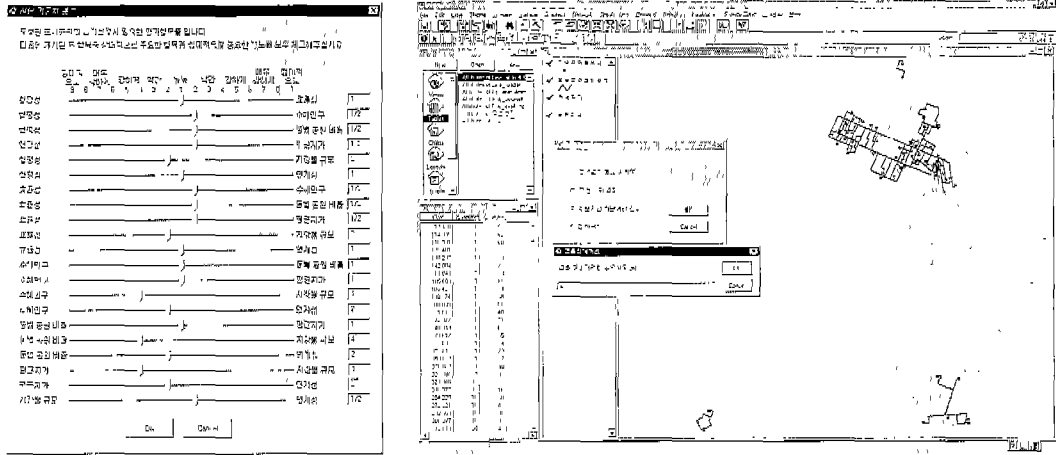
단계의 의사결정방법으로 적합하다. 사용자는 MAUT의 가중치를 직접 입력할 수도 있으며, [그림 6]과 같이 AHP의 쌍대비교법을 사용할 수도 있다. 이 단계의 평가 기준인 수해인구, 동별공원비율, 평균지가, 지장물규모 등의 가중치는 최종평가 단계에서도 동일하게 적용될 수 있다.

예시에서는 쌍대비교로 가중치를 산정하였는데, 수해인구, 동별공원비율, 평균지가가 동일한 가중치를 가지며, 지장물의 규모가 낮은 가중치를 가지는 것으로 가정하였다. 쌍대비교방식을 사용할 경우에는 시스템이 AHP의 일관도를⁶⁾ 검증하여 일관도가 만족스럽지 못하면 사용자에게 이를 알리고 쌍대비교를 수정하도록 한다.

많은 주민에게 고른 접근성을 확보해야 한다는 점에서 보면, 우선순위가 높은 후보지가 하나 선정되면 그 후보지에 가까이 있는 다른 후보지들은 선정되지 않는 것이 합리적이다. 본 시스템에서는 한 후보지가 선정되면 선정된 후보지로부터 일정거리(사용자 입력) 내에 있는 다른 후보지는 제외

6) AHP의 일관도 검증은 Saaty(1980)의 일관비율(consistency ratio)을 사용하였음.

도시공원 입지선정을 위한 GIS기반의 의사결정 지원시스템의 개발



[그림 6] 가중치산정을 위한 쌍대비교와 겹을최단거리의 적용과정

하고, 나머지 후보지 중에서 가장 높은 우선순위의 후보지가 그 다음으로 선택되도록 하였다. 본 연구에서는 사용자가 입력하는 제외거리 값을 '겹을최단거리'라고 명명하였는데, [그림 6]은 이 겹을최단거리를 400m로 설정한 예를 보여준다.

이러한 과정을 거쳐 조성 예정인 전체 공원들에 대한 하나의 입지대안이 작성된다. 그 다음의 단계는 비교를 위한 대안들을 작성하는 과정인데, 본 시스템에서는 이미 작성된 대안에 포함된 후보지들 중에서 가장 우선순위가 높은 후보지를 제외한 다음, 상기 방법을 반복하여 그 다음의 대안이 작성되도록 하였다. 이러한 과정을 거치는 이유는 대안간의 특성차이가 분명해야만 평가의 과정에서 좋은 결과를 기대할 수 있으며, 최선의 대안은 최선의 후보지를 포함하지 않을 가능성도 있기 때문이다.

3.4 대안 평가

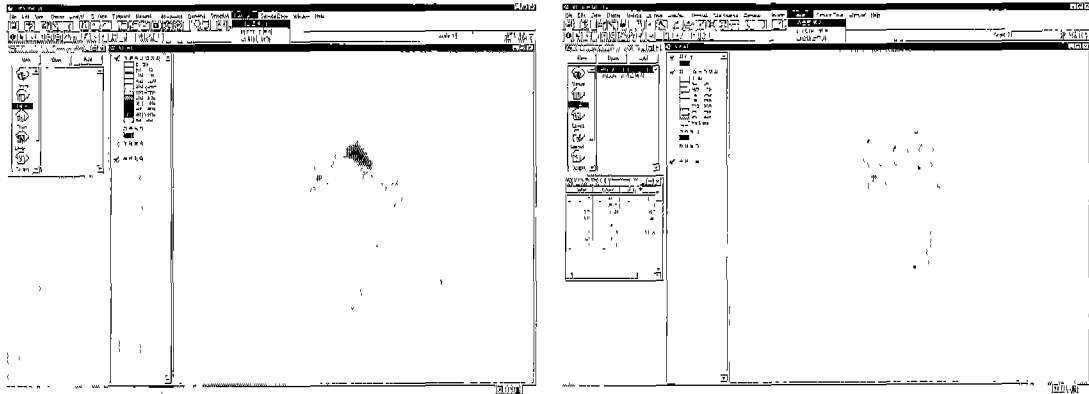
생성된 대안들은 후보지의 수와 적정수

요에 따라 가변적이고 무수히 많을 수 있으므로 가능한 모든 대안에 대해 평가하는 것은 실제로 불가능하며 불필요하다. 따라서 본 시스템에서는 먼저 우선순위가 높은 10개의 대안을 1차적으로 생성하고 기준별 평가를 실시하였다.

대안 평가 기준으로는 관련연구 검토와 관계자 면담을 통하여 <표 2>에서와 같이 형평성, 효율성, 수혜인구, 동별공원비율, 평균지가, 지장물규모, 녹지 연계성 등을 설정하였다.

<표 2> 대안 평가기준 및 평가목적

평가기준	평가목적
형평성	최대통행거리의 최소화
효율성	총통행거리의 최소화
수혜인구	증가되는 수혜인구의 최대화
동별공원비율	동별 공원면적비의 균등화
평균지가	토지매입비의 최소화
지장물 규모	부지내 지장물 연면적함의 최소화
녹지 연계성	녹지간 거리의 최소화



[그림 7] 기존녹지간의 거리와 대안의 녹지연계성 효과 분석 예시

형평성은 공원이용의 공간적 형평성을 뜻하며, 모든 인구가 가장 가까운 공원에 배분될 때 최대 이동거리를 비교함으로써 평가된다. 효율성은 주민들이 공원으로 접근하는 총 통행거리를 합한 지표이다. 본 시스템에서는 각 대안별 네트워크 분석을 통해 각 후보지의 서비스권에 포함되는 필지들의 거리와 인구를 산출하는데, 여기서 산출된 최대 거리값이 형평성의 점수가 되고 모든 인구의 이동거리를 더한 값이 효율성의 점수가 된다. 형평성과 효율성의 값이 작을수록 더 우수한 대안으로 평가된다.

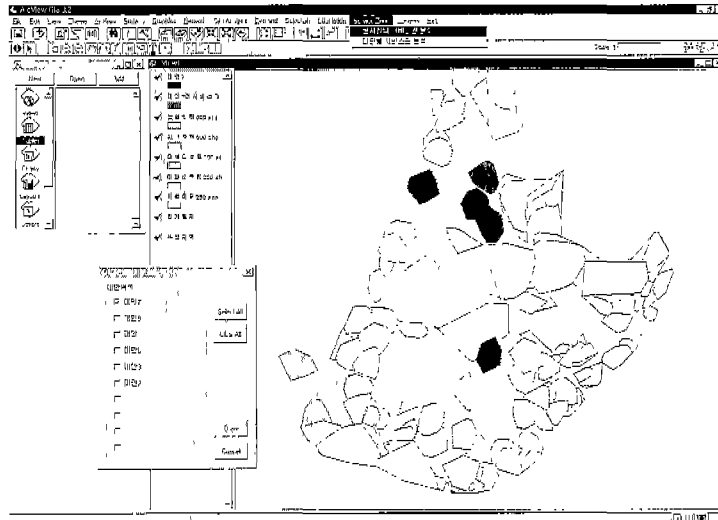
수혜인구는 공원 서비스권에 포함되는 인구의 합을 말하며 수혜인구가 많을수록 우수한 대안이다. 본 시스템에서는 공원뿐 아니라 아파트단지 어린이놀이터, 학교 등도 수혜인구 계산에 포함시킬 수 있도록 하고, 사용자가 시설의 종류별로 유치거리와 수혜인구 비율을 다르게 적용할 수 있도록 하였다.⁷⁾

동별공원비율은 동별 인구당 공원 면적이며, 지가는 후보지의 매입비용이고, 지장물은 현재 후보지 내에 있는 건축물을 말한다. 녹지 연계성은 새로운 공원의 조성기 기존 녹지의 연계성을 얼마나 강화하는 효과가 있는지를 평가하는 기준이다. 여기서는 [그림 8]과 같이 비오톱 평가(서울시 2000⁸⁾) 3등급 이상의 지역과 기존 및 새로운 공원간의 거리값을 산정하여 그 최대값을 가지고 평가하였으며, 이 값이 작을수록 우수한 대안으로 평가된다.

최종 단계는 대안들을 평가하여 최적안을 찾는 과정이다. 본 시스템에서는 최종평가에 앞서 우세할 확률이 높은 대안을 먼저 선별하는 과정을 거치는데, 이를 위해 ELECTRE 기법이 사용되었다. ELECTRE의 적용에 있어서는 이인성(1995)의 연구결과를 참조하여 사용자가 입력한 신뢰수준 내에서 가장 높은 효율성을 확보할 수 있도록 하였다.⁸⁾

7) 2장3절 참조.

8) 이인성은 ELECTRE의 일치/불일치지수의 매개변수(Adj)와 열세 관정에 필요한 우세대안의 수(E)를 조정하여 원하는 신뢰도를 얻는 방법을 제시하였음. 본 연구에서는 신뢰구간별로 가장 좋은 효율을 보이는 다음의 'Adj'와 'E'의 조합을 적용하였음. 신뢰도 99.9% 이상: Adj 1.2, E 5; 99-99.9%: Adj 1.3, E 2; 95-99%: Adj 1.1, E 2; 90-95% Adj 1.1, E 1; 90% 이하: Adj 1.0, E 1. 예시에서는 신뢰도 99%의 기준을 적용하였음.



[그림 8] 사례연구 최적대안의 서비스권 분석

그 과정을 살펴보면, 먼저 앞에서 언급하였듯이 우선순위가 가장 높은 10개의 대안을 1차적으로 생성하고 기준별 평가값과 가중치를 이용하여 ELECTRE기법으로 열세로 판정되는 대안이 있는지를 검토한다. 다음 단계에서는 대안생성 단계로 환류하여 탈락된 대안의 수만큼 새로운 대안을 생성·기준별 평가하여 앞단계에서 남은 우수대안과 통합하여 열세대안이 있는지를 검토한다. 이러한 과정은 추가된 대안 모두가 열세로 판정되거나 가능한 모든 대안에 대한 우열비교가 완료될 때까지 반복된다. 예시에서는 2차 검토에서 추가된 대안 모두가 열세로 판정되어 최종 우수대안 6개에 대해 최종평가가 시행되었다.

최종평가에는 AHP가 사용되었는데, 이 방법은 대안 사이의 쌍대비교를 통해 보다 면밀한 비교검토를 가능하게 하며, 모든 대안의 선호도 순위가 파악되고, 필요한 경우 부분적 검토와 보완으로 평가결과의 수정

이 가능하다는 장점이 있다. AHP의 적용을 위해서는 기준의 가중치와 대안들의 상대적 선호도가 계산되어야 하는데, 그 과정은 [그림 6]의 가중치 산정과정과 동일하다.

예시에서는 [그림 8]에 나타난 대안7이 최적으로 평가되었다. 이 대안은 효율성, 수혜인구 등의 기준에 있어서는 다른 대안에 비해 약간 낮은 평가를 받았으나 가중치가 높은 평균지가에 대해서는 높은 점수를 받아 최적대안으로 선정되었다.

본 시스템의 서비스권 분석 모듈인 'Service Zone' 모듈은 사용자가 최종 대안 평가에서 비교된 대안들의 서비스권을 시각적으로 검증할 수 있도록 한다. 이때 각 대안들을 최종 평가점수순으로 정렬되어 나타나도록 설계하여 사용자가 대안평가 결과를 쉽게 인식할 수 있도록 하였다.

4. 결 론

본 연구에서 개발한 의사결정 지원시스템의 특징은 다음과 같이 요약된다.

첫째, 이 시스템에서는 필지 단위의 기본 데이터를 구축하여 대안생성 및 평가의 정밀도와 객관성을 높일 수 있었으며 실제 행정업무의 의사결정과정에 적용가능한 지원시스템을 구축할 수 있었다. GIS 기반의 시스템 구축은 지적단위의 방대한 기초자료의 처리에 있어서 효과적이었을 뿐 아니라, GIS의 네트워크 분석 등 공간분석기능과 시각화 기능을 활용하여 시스템의 분석기능과 의사결정과정 및 결과에 대한 사용자의 인지성을 향상시킬 수 있었다. 현재 서울시에서는 서울시 전역의 지적 및 건물에 대한 기초자료를 구축하고 있는데, 본 의사결정 지원시스템은 이러한 자료를 실제 업무에 이용할 수 있는 방안을 제시해 줌으로써 막대한 비용으로 구축된 기초자료의 활용성을 향상시킬 수 있는 방향을 제시하고 있다.

둘째, 본 시스템은 도시공원 입지분석이라는 업무를 중심으로 구축되어 있으나, 여기에 사용된 기초데이터와 분석과정 및 방법은 주차장, 학교 등 기타 도시계획시설의 입지결정에도 응용할 수 있을 것이다. 또한 현재의 공원입지결정 지원시스템에 일상적인 공원녹지 관리기능을 추가하여 종합적인 공원녹지 관리시스템으로 발전시켜 나갈 수 있을 것이다.

셋째, 본 시스템에서는 MAUT, AHP, ELECTRE 등 다양한 의사결정분석기법을 도입하였고, 의사결정단계의 특성에 따라 가장 적합한 기법을 접목시켜 합리적이고

효율적인 분석과정을 구현하고자 하였다. 이러한 시스템 구축 결과는 GIS의 공간분석 및 시각화 기능과 의사결정분석의 방법론의 통합이 실제적 의사결정과정의 효과성과 효율성을 향상시킬 수 있음을 보여주고 있다.

향후에는 보다 다양한 의사결정기법도 도입되어 사용자의 선호와 의사결정문제의 특성에 맞는 방법론 선택의 폭을 넓힐 수 있도록 시스템이 확장될 필요가 있으며, 더 나아가서는 각 의사결정기법들이 컴포넌트화되어 어떠한 목적의 GIS 커스터마이징 과정에서든 그 시스템에 적합한 의사결정 분석 컴포넌트들을 용이하게 결합하여 효과적인 시스템구축이 가능하도록 발전되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김광식, "도시공공서비스 시설의 동태적 입지-배분 분석", 「대한국토·도시계획학회지」 28:4, 109-137, 1993
2. 배진모, "도시공공서비스시설 입지에 관한 연구", 성균관대학교 석사학위논문, 1991
3. 서울시, 「제1차 서울시 공원녹지 정책방향 연구」, 연구보고서, 1985
4. 서울시, 「공원녹지 확충 5개년 계획」, 연구보고서, 1996
5. 서울시, 「서울모습 2차 사진 기록화 작업」, 연구보고서, 2000*1
6. 서울시, 「서울시 도시계획 정보관리 시스템 구축 기본계획」, 연구보고서, 2000*2
7. 서울시, 「서울시 비오톱 현황조사 및 생태 도시 조성지침 수립」, 연구보고서, 2000*3
8. 서울시, 「서울의 주요산 경관풍치 보전계획」,

- 연구보고서, 2000*4
9. 오충현, "도시공원의 적정수요 산정에 관한 연구", 「한국조경학회 발표자료집」, 1999
 10. 이인성, "복합기준 평가방법 ELECTRE 신뢰도 검증과 신뢰도 증진을 위한 방안 연구", 「한국조경학회지」 23:1, 23-38, 1995
 11. 장덕명, 「보행자 횡단보도 설치기준에 관한 연구」, 도로교통안전관리공단, 1988
 12. 최기수 외, "대도시 주민의 근린 옥외여가 시설 선택모형을 기초로 한 시설지 배분에 관한 연구" 「한국조경학회지」 23:1, 123-156, 1995
 13. 황용진, "공공서비스시설의 최적입지에 관한 연구 - 경상북도 도청의 입지를 중심으로", 성균관대학교 석사논문, 1994
 14. Bach, L., "Locational Models for Systems of Private and Public Facilities Based on Concepts of Accessibility and Access Opportunity", *Environment and Planning A* 12, 301-320, 1980
 15. Chin, Yoihee, "Multi-Stage and Multi-Objective Allocation Procedures of Urban Parks Using Location Decision Support System(UPLDSS)", Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996
 16. Keeney, R. L. and H. Raiffa, *Decision with Multiple Objective: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley & Sons, 1976
 17. Lineberry, R. L. and R. E. Welch, "Who gets What: Measuring the Distribution of Urban Public Service", *Social Science Quarterly* 54, 700-712, 1974
 18. Lucy, W., "Equity and planning for Local Service", *Journal of the American Planning Association* 47, 447-451, 1981
 19. McAllister. D. M., "Equity and Efficiency in Public Facility Location Models" *Geographical Analysis* 8, 47-64, 1976
 20. Morrill, R. L., "Efficiency and Optimum Location Models", *Antipode* 6:1, 41-46, 1974
 21. Neumann, J. and O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, 1946
 22. Roy, B., "The Outranking Approach and the Foundation of ELECTRE Methods" In A. Carlos and B. Costa (Ed.) *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, 1990
 23. Saaty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, 1980
 24. Symons. Jr., J. G., "Some Comments on Equity and Efficiency in Public Facility Location Models". *Antipode* 3:1, pp.54 ~ 67, 1971