

[연구논문]

토지평가와 적지선정을 위한 「Nutz-Wert-Analyse」의 이용과 Expert-GIS의 구축*

Land Evaluation and Site Planning based on 「Nutz-Wert-Analyse」 and Development of Expert-GIS

송 영 배**

목 차

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| I. 서론 | IV. 토지평가 메카니즘과 지식베이스의 구축 |
| II. 토지이용계획과 평가방법론 | V. 사례연구 |
| III. 전문가시스템(Expert-GIS) | VI. 결론 |

ABSTRACT

Young-Bae Song

Planners and decision-makers in the public and private sectors often difficult assessment and decision problems. Prerequisite to solve such problems is the quantitative considerations like numeric analysis and qualitative considerations like heuristic analysis and synthesis, which are based on the intuitive judgement of planners and decision-makers. If the heuristic procedure to solve the planning problems is replicated onto a computer system and as far as possible supported by the use of suitable methods, planners and decision-makers can achieve better solution to such problems. This research work elaborates on process for the construction of result-oriented system, i.e. Expert-GIS, and deals with three different topics. Firstly, it deals with the application of computer technical systems as means to solve spatial planning problems. The theoretical basis for the construction of the Expert-GIS rely on the structured planning methods like a algorithmic procedure of the operations research, decision support system, and knowledge based system. Secondly, it deals with evaluation methods as a part of knowledge base that are applied at different levels of planning to solve competing land uses. In order to solve the problem of land allocation and make a decision through a rational evaluation, this research work pursues the use of "Nutzwertanalyse" Methodology (i.e., Use Value Analysis) and "Ökologische Risikoanalyse" (i.e., Ecological Risk Analysis). Thirdly, it deals with a case study and describes what can be achieved today by the geographic expert system and theoretical approaches to the structured planning methods.

* 본 논문은 저자가 1998년 7월 독일 도르트문트(Dortmund) 대학 공간계획학과(Fakultät Raumplanung)에서 취득한 박사학위 논문(Geographic Expert System(GES)) 중 일부를 발췌하여 수정 및 보완한 것이다.

** 국토연구원 GIS 연구센터 초빙연구원

I. 서론

1. 연구 개요

부족한 환경자원의 고갈로 인한 자원경쟁, 토지 이용 상충 및 환경의 오염은 현대대가 해결해야만 할 큰 과제이다. 위의 문제를 해결하기 위한 대안으로서 리우환경회담 이후 '친환경적 지속가능한 개발'에 대한 관심이 높아지고 있다. 친환경적 지속가능한 개발을 이루기 위해서는 공간계획(Spatial Planning)이 경제, 사회, 정치 및 계획적인 요소들의 통합에 의한 다차원적이고 다원리적인 계획원칙에 근거해야 한다. 그러나 현재 위에서 언급한 모든 요소들을 고려한 포괄적인 계획을 수립한다는 일이 불가능한 것처럼 여겨진다.

인공지능(AI)의 개발과정에서 파생된 전문가시스템(ES)의 이론과 방법론은 위에서 제시한 문제들을 해결하는데 훌륭한 접근방법을 제시한다. 즉, 문제해결에 필요한 전문가들의 다양한 지식과 의견을 수집하여 컴퓨터시스템에 서술할 수 있다는 점이다. 이 같은 문제해결 접근방식은 많은 가능성을 내포하고 있는데, 그 중 대표적인 것이 의사결정과정에서 발생하는 문제들을 해결하기 위한 전문가시스템의 개발이다. 공간정보를 처리할 수 있는 Expert-GIS는 일련의 계획과정에서 계획가나 의사결정자가 평가 및 의사결정의 어려움에 직면했을 때 공간과 관련된 계획사안에 대한 제반 정보와 의사결정의 근거를 제시하여 줄 수 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 도시계획 및 설계시 토지의 수요와 공급의 균형을 맞추며, 토지수요의 과다로 인한 토지이용경쟁 및 상충문제를 해결하기 위한 평가방법론의 정립과 이를 컴퓨터시스템에 응용한 Expert-GIS의 개발이다. 연구의 목적 및 내용은 다음과 같이 크게 3 부분으로 구성되어 있다.

첫째, 계획가나 정책결정자가 제한된 환경자원에 대한 이용경쟁이 심하게 이루어지는 도시지역에서 계획수립시 의사결정을 합리적으로 수행하기 위해 필요한 방법론의 정립이다. 이를 위해 현재 공간계획시 적절한 평가방법론으로 활용되고 있는 이용가치분석(Nutz-Wert-Analyse)¹⁾과 생태학적 위험성분석(Ökologische Risikoanalyse)²⁾ 방법을 토지 분배 및 입지선정에 적용시키기 위한 모델링에 관한 연구이다.

둘째, 토지평가 및 입지분석시 필요한 컴퓨터시스템의 응용에 관한 연구로서 정형화된 계획모델인 OR(Operations Research), 의사결정지원시스템(Decision Support System), 지식기반시스템(Knowledge based System)을 고찰하였다. 컴퓨터시스템을 이용한 공간분석 및 의사결정지원과 위의 모델들을 기반으로 통합환경에서 지리정보를 처리할 수 있는 Expert-GIS를 구축하기 위한 개념의 발전과 시스템의 구축이다.

셋째, 토지평가를 위해 앞서 정립한 평가방법론과 Expert-GIS의 프로토타입을 실제 계획에 적용한

1) Nutz-Wert-Analyse: Zangemeister(1973)에 의해 개발된 평가방법론으로서 "이용가치분석방법(Use Value Analysis)"으로 명기하였으며, 제 1세대와 부분적으로 수정·보완된 제 2세대 평가방법론으로 구분된다. 평가요소(evaluation factor)의 정량적 및 정성적인 평가가 가능하며, 공간계획분야에서 널리 활용되고 있다.

2) Ökologische Risikoanalyse: Bachfischer(1978)에 의해 개발된 평가방법론으로서 "생태학적 위험성평가(Ecological Risk Analysis)"로 명기하였으며, 초기에는 주로 자연환경적인 요소들의 정성적 평가에 이용되었으며, 현재는 일반적인 평가방법론으로 보완되어 활용되고 있다.

사례연구이다. 사례지역으로는 독일의 Cappenberg 시로서 토지평가시 적용되는 82개의 평가항목(주거지역 31개, 상·공업지역 22개, 여가지역 29개)을 고려하였다(Song, 1996). 항목평가를 위해 법전 및 전문가 지식의 수집과 평가사안의 도출, 지식 베이스를 구축하기 위한 지식화작업 및 이용가치 분석방법과 생태학적 위험성분석방법에 근거한 Method base의 구축이다. 또한 시스템시험을 위해 주거지역·상공업지역·여가지역 적지선정을 위한 단순·복합평가의 실시와 토지이용 상충문제를 해결하기 위한 연구의 수행이다.

결론부분에서는 위에서 제시한 정형화된 계획방법이나 평가방법론과 함께 전문가시스템(Expert-GIS)의 공간계획분야에서 적용가능성과 한계성을 밝혔다.

II. 토지이용계획과 평가방법론

1. 토지이용계획의 과제 및 문제점

토지이용계획은 도시지역 공간계획의 중요한 정책결정요소 중의 하나이다. 토지이용계획에서 명시하고 있는 목적을 달성하는 과제 이외에 지방자치단체는 토지이용과 관련하여 다음과 같은 문제에 직면해 있다.

- ① 지방자치단체는 도시계획의 중요한 요소로서 가용 토지자원의 개발가능성에 대한 전체적인 분석 및 평가를 필요로 한다.
- ② 토지수요예측 및 장래의 토지이용계획 수립시 모든 이해집단을 만족시킬 수 있는 대안을 제시하는 일은 매우 어렵다. 따라서 다양

한 이해집단의 의견을 반영할 수 있는 새로운 평가방법론에 근거한 계획수립방법이 요구된다.

- ③ 토지이용에 대한 코문이나 지방자치단체의 관심 및 기타 계획분야와 연계된 토지이용요구가 국가차원의 이해관계와 충돌할 경우 소수 집단의 의견이 무시되거나 관철되지 않는 경우가 많다. 따라서 각 이해집단의 관심을 계획과정에 효율적으로 반영하며, 이해집단 간의 관계를 합리적으로 조정할 수 있는 의사결정모델이 필요하다.
- ④ 결정된 토지이용계획안이 일반에게 공람되었을 때 그 계획안에 대한 의사결정과정은 일반인에게 불투명한 상태로 남게 되며, 계획안에 대한 내용만이 제시된다. 따라서 토지의 평가 및 용도지역·지구의 지정을 위한 방법론이 개선되지 않을 경우 계획수립자나 정책결정자는 개개의 이해자 또는 이해집단의 요구에 대한 충분한 고려를 할 수 없게 된다.

2. 계획과정과 계획모델의 필요성

토지이용계획 수립을 위한 계획과정은 일반적으로 「분석-종합-결정」의 반복적인 문제해결과정으로서 현실에서는 각각의 단계에서 수많은 Feedback에 의한 수정이 이루어진다. 일련의 계획과정을 거쳐 수립된 토지이용계획안의 질은 계획과정상의 평가방법과 의사결정을 위한 근거자료 및 그 결과에 대한 객관적 근거와 타당성 제시가 중요하다. 또한 이해관계가 서로 다른 개발주체, 주민, 계획가 간의 합의도출 및 의사결정과정에 대한 만

족도에 좌우되기 때문에 계획시 해결해야만 할 제도적·기술적인 문제점으로 제기되고 있다. 그 이유는 앞서 언급한 바와 같이 계획시 고려해야만 하는 이해집단의 수가 많아지면서 종래의 수작업으로는 더 이상 분석이 불가능하며, 모든 이해집단의 의견을 적절하게 반영한 계획의 수립이나 이해집단간의 충돌을 조정하기 위해서는 계획가와 의사결정자들이 요구하는 새로운 형태의 계획 방법론과 전산화된 평가 및 결정모델이 필요하기 때문이다.

3. 토지평가 방법론

신뢰성있는 의사결정근거를 제시하고 의사결정 과정에서 제기되는 평가문제들을 합리적으로 해결하기 위해서 공간계획분야에서는 다음의 7가지 분석 및 평가방법론이 주로 이용되고 있다.

- ① Cost Benefit Analysis (CBA)
- ② Cost Effect Analysis (CEA)
- ③ Use Value Analysis (UVA)
- ④ Ecological Risk Analysis (ERA)
- ⑤ Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)
- ⑥ Analytic Hierarchie Process (AHP)
- ⑦ Fuzzy Sets/ Fuzzy Logic (FS/FL)

위에서 열거한 평가방법론 중에서 다차원적이고 정성적 형태의 계획인자 및 계획인자그룹을 평가할 수 있고, 지식화가 가능한 평가방법론으로서 이용가치분석법(Use Value Analysis)과 생태학적 위험성 분석법(Ecological Risk Analysis)을 본 연구에 이용하였다.

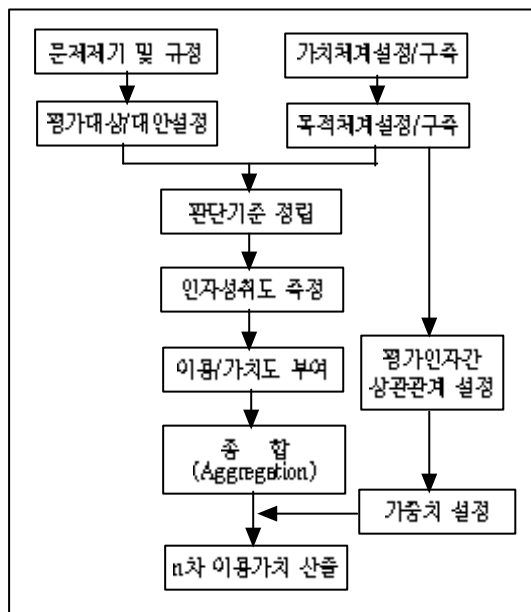
4. 이용가치분석(Use Value Analysis) 방법론

Zangemeister(1973)에 의해 개발된 「제1세대 이용가치분석방법」은 복합적인 의사결정문제를 구조화하고 문제해결 과정의 투명성을 확보하는데 적합한 방법론으로 간주되고 있다. 위의 방법론은 Bechmann(1978), Garzweiler(1980), Eberle(1981)에 의해 개량되었으며, Eckhoff(1981)는 위의 방법론을 비용편익분석(Cost Benefit Analysis) 방법과 비교하여 공간계획시 제기되는 의사결정문제 해결을 위한 방법론으로서의 효용성을 입증하였다. 제1세대 이용가치분석방법이 정량적인 계획인자만을 평가할 수 있었던 것과는 달리 개량된 형태인 제2세대 이용가치분석방법은 정성적 형태의 계획인자까지도 평가할 수 있게 되었으며, 제1세대 이용가치분석방법이 갖고 있던 많은 단점들이 보완되었다(Bechmann, 1980). 그럼에도 불구하고 제2세대 이용가치분석방법론은

- ① 가치기준의 선정 및 가치판단의 타당성 여부
- ② 제기된 문제의 정확한 구조화
- ③ 계획인자 평가기준의 선정
- ④ 가치판단 결과에 대한 비중치 고려
- ⑤ 가치성취도로 전환시 신뢰도
- ⑥ 결정과정의 구조화로 인한 경직성
- ⑦ 결과의 간단한 조작 가능성

등의 문제점들을 여전히 내포하고 있다. 그러나 위에서 제시한 문제점에도 불구하고 제2세대 이용가치분석방법이 계획 수립시 가장 합리적인 방법론으로서 현재까지 선호되는 이유는 다음과 같다.

- ① 의사결정 과정의 합리성 제공
- ② 결정과정의 투명성 제시
- ③ 구조의 유연성
- ④ 사용상의 간편성



〈그림 1〉 이용가치도 분석과정³⁾

1) 이용가치분석방법의 평가과정

이용가치분석방법을 이용한 평가과정은 <그림 1>과 같으며, 크게 3단계로 구분할 수 있다 (Bechmann, 1978).⁴⁾

(1) 1단계 : 계획인자의 평가기준 설정 및

성취도 부여

특정사안 평가에 필요한 계획인자와 평가기준을 도출한 후 인자평가를 위해 설정된 가치기능

(Value Function)에 의거, 개개의 계획인자는 이용가치도(Use Value) 「 $E(n)$ 」를 부여받게 된다. 동시에 모든 계획인자는 하나의 개별적인 가치기능 「 $W_n(E_m(K))$ 」를 갖게 되는데, 여기에서 (n)은 평가대상 (Evaluation Object)의 수, (m)은 평가대상이 갖는 평가사안 (Evaluation Concern)의 수, 그리고 $K(i)$ 는 계획인자를 나타내며 $E(k)$ 는 계획인자를 평가한 결과를 나타낸다.

(2) 2단계 : 가중치 산정

모든 평가인자는 목적체계(Goal System)에 의거, 가중치 (g_j)가 산정된다.

$$W_i(n) + W_{i-1}(n) \times g_j$$

(3) 3단계 : 종합

모든 계획인자 및 계획인자군의 중간 평가결과는 최종 이용가치도로 종합된다. 이 과정에서 개개의 계획인자가 갖는 가중치는 이용가치도 산출시 고려되어져 1차 이용가치도가 산출되며, 위의 1차 이용가치도들은 다시 종합되어져 평가사안에 대한 2차 이용가치도가 산출된다. 평가사안이 갖는 이용가치도는 개개의 평가인자 또는 평가인자군의 이용가치도와 종합되어 최종 이용가치도(n차)가 계산되어진다.

2) 이용가치분석방법의 전제조건

제2세대 이용가치분석방법을 이용하여 토지의 이용가치도를 산출할 때, 평가에 필요한 계획인

3) 자료 : Bechmann, 1978, p.86, 재구성

4) <그림 1>은 토지평가 및 입지선정을 위한 이용가치분석방법의 흐름도로서 입현의 평가과정을 규칙(rule) 및 선규칙(meta rule)의 형태로 지식화하여 모델베이스에 저장하기 위한 모델구조이며, 컴퓨터시스템에 응용될 수 있도록 정형화된 형태를 띠고 있다.

자들이 정량적인 화폐단위로 환산되어 평가될 수 없을 경우 정성적 평가를 위해 다음과 같은 조건을 만족시켜야만 한다(Bechmann, 1978).

- ① 설정된 가치체계에 근거한 목적성취도 또는 가치성취도는 서열척도(ordinal scale)의 형태로 제시되어야 한다.
- ② 상이한 계획인자 및 계획인자그룹간의 가치관계성인 「이용보완성」, 「이용대체성」, 「이용상승성」, 「이용경쟁성」, 「이용무관성」 등이 전체 가치평가와 관련되어 고려되어 다차원적인 이용가치도의 분석이 이루어져야 하며, 개개의 목적체계는 각기 다양한 가중치를 바탕으로 종합되어야 한다.
- ③ 설정된 모든 계획인자 및 계획인자그룹은 목적체계와 비교하여 평가될 수 있도록 가치체계가 명확히 규정되어야 한다.

Ⅲ. 전문가시스템(Expert-GIS)

1. 개 요

지난 10여년 동안의 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 괄목할 만한 성장은 공간분석관련 정보기술의 급속한 발달을 가져왔고, 과거 수작업 위주로 이루어졌던 계획수립은 컴퓨터를 기반으로 한 계획시스템으로 대체되고 있다 (Barth/Puto, 1984; DeMers, 1985; Waterman, 1985; Tanic, 1986; Steinert, 1997).

계획분야에서는 이미 1970년대부터 Operations Research(OR)의 선형계획모델이나 의사결정지원시스템에 기반한 계획시스템을 응용하기 시작하였는

데, 이는 발달된 정보기술을 계획수립 분야에 적용함으로써 보다 객관적이고 합리적인 분석과 계획안 수립이 가능해졌고, 컴퓨터시스템이 분석 및 평가뿐만 아니라 의사결정지원 분야에서 효과적인 수단으로서 그 역할이 증명되고 있기 때문이다.

OR이나 DSS보다도 발달된 컴퓨터시스템인 지식기반시스템이나 전문가시스템은 제반 문제해결 및 의사결정지원을 위해 계획가들에게 새로운 가능성을 제시하여 주고 있다. 즉, OR의 선형 알고리즘에 근거한 문제해결방식이나 의사결정지원시스템이 해결할 수 있는 문제의 영역과 계획가나 정책결정자가 의사결정문제에 직면했을 때 필요로 하는 요구사항 사이의 틈을 좀더 좁혀 줄 수 있는 방법론을 제시하여 준다는 점이다.

2. 계획모델과 계획시스템

공간계획시 발생하는 대부분의 결정문제들의 특성은 잘 구조화되었거나 혹은 반·비구조화된 문제들의 혼합된 형태를 띠고 있다. 예를 들어 토지평가나 입지선정과 같은 문제들을 해결하기 위해서는 정성적 형태의 지식뿐만 아니라 정량적 자료를 처리할 필요가 있다. 중요한 문제는 어떤 측면에서 선형알고리즘(OR), 의사결정지원시스템(DSS), 전문가시스템(ES)이 공통적인가 하는 점과 위의 시스템이 제공하는 이론적·방법론적인 접근 방식들을 상호보완적으로 통합시킬 방안이다.

계획모델로서의 선형알고리즘은 잘 구조화된 문제, 즉 과정을 표준화 또는 정형화시킬 수 있고 명확한 규칙 등으로 표현할 수 있는 문제를 해결하는데 매우 유용하다. 계획가들은 위의 모델을 계획 과정에 도입하여 토지분배(Land Allocation)시 받

생하는 문제를 해결하기 위해 처음으로 사용함으로써 체계적인 대안선정과 평가가 가능하게 되었을 뿐만 아니라 좀더 확장된 가능성들을 얻을 수 있게 되었다(Schindowski, 1983). 이와는 달리 의사결정지원시스템은 상호대화식(interactive) 시스템으로서 사용자 하여금 반구조적 혹은 비구조적인 결정문제를 해결하기 위한 의사결정모델을 제공하며(Kroeber et al, 1987), 시스템의 구조나 사용되는 기술 및 문제해결능력에 비추어 볼 때 전문가시스템과는 명확한 차이가 있다. 즉, 전문가시스템은 정성적인 사유가 필요한 문제를 해결하는데 매우 유용한 반면 결정문제(Decision Problem)가 잘 구축되어 있어야만 한다. 그 이유는 지식베이스에 구축된 전문가지식이 문제해결시 컴퓨터시스템에서 적절하게 이용될 수 있는 구조로 구축되어 있어야 하기 때문이다(IBM Deutschland Entwicklung GmbH, 1994). DSS의 경우 ES와는 달리 비구조 혹은 반구조적인 특성의 문제를 해결하는데 매우 유용하다.

<표 1> 계획시스템의 특성별 비교⁵⁾

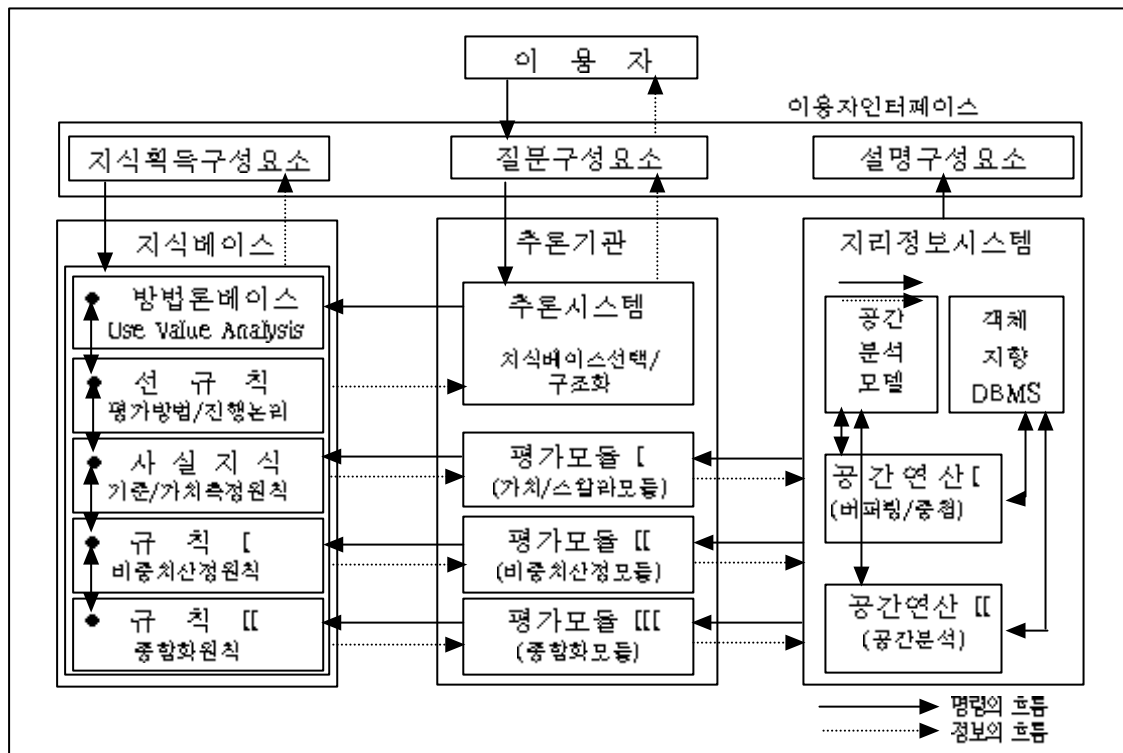
종류	입력자료 형태	문제해결방법 및 처리과정	처리결과
DBMS	원시자료	자료의 구조화 및 변경, 간단한 통계처리	통계처리된 자료와 결과 출력물
GIS	지리자료(점, 선, 면), 속성자료	지리자료와 속성자료의 조작 및 수정, 지리자료의 기하학적 조작, 지도 모델링	지도의 중첩, 공간 자료의 제시, 결과 보고서
DSS	원시자료, 1차 처리된 자료, 모델	자료분석, OR, 모델링	적절함과 같은 정보, 난해한 결정을 위한 기초 정보
ES	사실, 전문가지식	유추, 추론	결정사안에 대한 조언이나, 남독할 만한 대안 제시
GES	지리자료(점, 선, 면), 속성자료, 사실, 전문가 지식	지형, 속성자료의 분석, OR, 추론	남독할 만한 결과를 공간(지리·속성) 정보의 형태로 제시, 결정사안에 대한 조언이나 판단 근거·지식 제공

<표 1>은 계획시스템들의 특성으로서 문제해결이나 의사결정과정에 합리적으로 이용하기 위해서는 계획가나 의사결정자의 역할을 고찰해 볼 필요가 있다. 그 이유는 계획가나 의사결정자가 문제해결을 위해 어떤 평가방법론을 이용해야 하며, 이를 시스템으로 구축하기 위해서는 어떤 현대적인 기술이 이용될 수 있는가 하는 점 때문이다. 위에서 기술한 사항들을 종합하면 구조화된 계획시스템들이 갖는 기능들을 하나의 시스템으로 통합하여 의사결정 문제해결을 위해 이용하고자 하는 일련의 논리적인 이유들이 제시된다. 즉, 전형 알고리즘은 수치계산을 근거로 해서 반복적인 작업에 매우 유용하며, 의사결정지원시스템(DSS)의 결정모델은 비구조적 혹은 반구조적인 문제를 해결하는데 매우 유용하다. 이와는 달리 지식기반시스템(전문가 시스템)은 인간의 문제해결 추론과정을 모델화하는데 적합하다.

3. 전문가시스템(Expert-GIS)의 모델

시스템통합 개념에 근거 Expert-GIS를 구축하기 위한 기술적인 방법으로서 다음과 같은 가설이 매우 유용하다. 즉, OR은 DSS로 발전되었는데 그 이유는 인간의 결정능력을 사용자인터페이스를 통해 결정생산과정에 통합시키기 위한 노력의 결과라는 사실이다. 시스템공학자들은 OR이 DSS로 발전되는 일련의 개발과정에서 정성적인 자료나 정보 및 인간과 기계사이의 자연언어에 의한 의사소통에 대한 관심을 가졌으며, 동시에 전문가시스템의 중요성을 인지하게 되었다. 두 번째 가설은 DSS는 ES로 발전하였는데, 이는 인간의 판단 및

5) 자료: Han et al, 1990, p.244, 재구성



〈그림 2〉 전문가시스템(Expert-GIS)의 구성 및 흐름도⁶⁾

문제해결능력을 지식베이스로 구축하고자 하는 노력의 결과였다는 점이다.

〈그림 2〉는 Expert-GIS의 구조로서 의사결정지원 시스템(DSS)과는 달리 전문가시스템의 구성요소인 지식베이스, 추론기관뿐만 아니라 공간분석을 가능하게 하는 GIS 모델베이스를 포함한다. 지식베이스는 시스템 Shell 또는 Controll System과 엄격하게 구분되어 있으며, 이용목적에 따라 사실지식(Fact), 규칙(Rule), 선규칙(Meta Rule)으로 세분된다. 앞서 언급한 전문가지식은 일반적으로 지식베이스 내에서 일정한 모듈형태로 저장되며 지식관리시스템에 의해 관리된다.

Expert-GIS의 중심구성요소는 추론기관(Infer-

ence Engine)으로서 문제해결을 위한 프로그램 코드를 포함하며, 상이한 평가방법론에 의거 구축된 여러 종류의 평가모듈을 포함한다. 또한 지식베이스에 구축된 지식을 이용하여 문제를 해결하며, 질문구성요소, 설명구성요소, 지식획득구성요소와 같은 3개의 사용자인터페이스를 제어한다. 평가방법론에는 이용자가 평가과정에서 활용할 수 있는 다수의 전문가 지식이 포함되며, 내용상의 지식 및 규칙들은 평가모듈에 의해 구조화되고, 개개의 평가인자들은 평가방법론의 종합화과정에 의거 종합(Synthese)되어진다. 지식베이스는 사실지식과 규칙을 포함하게 되는데, 구축된 형태의 정성적 지식뿐만 아니라 숫자형태의 정량적 지식도 포함

6) 자료: 송영태, 1998, p.52

한다.

공간분석을 위한 모델베이스는 지리정보시스템에 근거한 선형모델이나 기하학적 공간분석모델과 같은 다수의 상이한 모델을 포함한다. 또한 이용 목적에 적당한 분석 및 평가방법에 근거한 상이한 모델들, 즉 Ecological Risk Analysis, Use Value Analysis, Analytic Hierarchy Process(AHP)와 같은 평가방법론에 근거한 다수의 모델들이 구축되어 모델베이스 내에 저장된다.

4. Expert-GIS의 구축방법

<그림 2>와 같이 개념적으로 설계된 Expert-GIS 모델을 시스템으로 구축하기 위해서는 일반적으로 2가지의 기술적인 접근방법이 있다.

첫째, 일반적으로 인공지능 프로그래밍 언어라고 불리는 Lisp, Prolog, Smalltalk와 같은 언어를 이용하여 프로그램코드를 직접 제작하는 방법이다. 둘째, 전문가시스템을 보다 간편하게 구축하기 위해 상업적으로 제작된 전문가시스템 Shell을 이용할 수 있다. 예를 들면 「Level Five」(Level Five Research, Inc., 1987)와 같은 Shell을 이용하여 전문가시스템을 구축할 수 있으며(WISPA, Steinert 1987), 이 경우 시스템 구축자는 Source Code를 직접 작성할 필요가 없게 되며 규칙을 작성하는데 매우 용이하다.

위에서 제시한 두 가지 방법 이외에 본 논문에서 이용한 개발방법은 지리정보시스템이 제공하는 매크로 언어를 이용하여 전문가시스템을 구축하는 방법이다. 일련의 매크로 언어의 경우 본 논문에서 설정한 목적에 적합하며, 그래픽 형식의 메뉴나 사용자환경을 구축하기가 매우 용이하다. 동시에

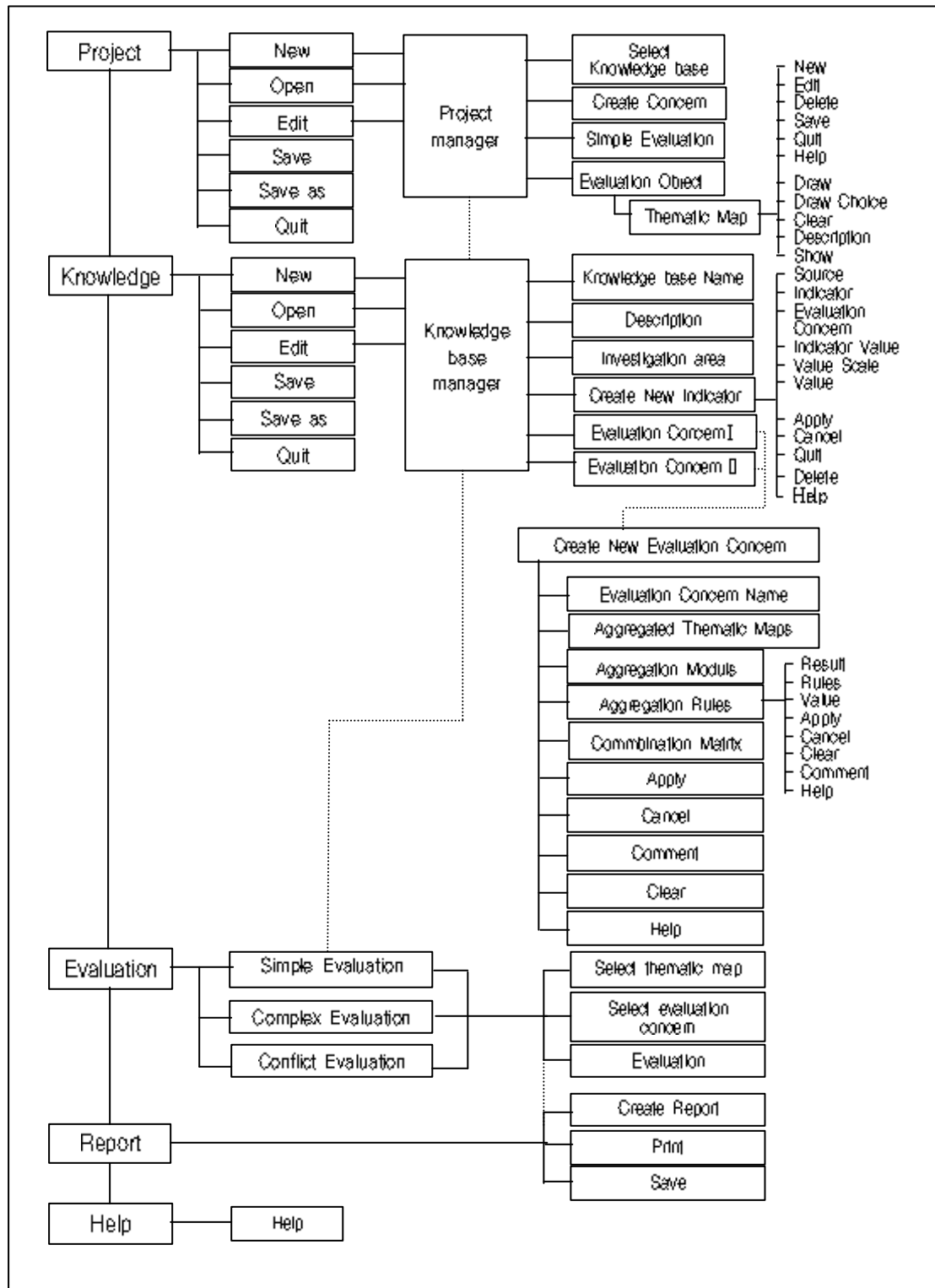
지리정보시스템이 갖는 다양한 공간분석기능이나 측정자료의 분석에 필요한 GIS Tool을 Open Development Environment(ODE)의 개념 하에 이용할 수 있게 된다. 이와 같은 이유로 본 논문에서 구축한 Expert-GIS는 GIS S/W인 ARC/INFO가 제공하는 AML(ARC Macro Language)을 프로그래밍 언어로 사용하였다.

5. 전문가시스템(Expert-GIS)의 프로토타입

2장에서 기술한 이용가치분석법과 생태학적 위험성 평가법 및 문제해결방법은 3장에서 설계된 전문가시스템(Expert-GIS) 프로토타입의 이용목적에 합당한 지식, 즉 토지이용계획 수립시 토지평가와 입지선정에 필요한 평가기준, 이용가치 측정원칙, 종합화 원칙 등을 제공한다. 이는 Expert-GIS의 지식베이스(Knowledge base)를 구축하기 위한 규칙, 선규칙, 추론메카니즘의 준거가 된다. 제어기관(Control System)은 토지평가와 적지선정을 위해 추론기관 및 지식베이스를 제어하여 규칙 및 선규칙에 의거하여 처리된 지식을 제시하여 준다. 따라서 이용가치분석방법이 제공하는 평가과정상의 진행논리는 추론메카니즘을 구성하는 문제해결 구조로서 모듈로 구축되며, 필요시 평가과정이 갖는 논리에 따라 이용자에 의해 재구성된다.

<그림 2>의 개념도에 의거 구축된 Expert-GIS 프로토타입의 메뉴체계도는 <그림 3>과 같이 도움말(Help)을 제외한 4개의 상위메뉴와 여러 개의 하위메뉴로 구성되어 있다.

첫 번째 상위메뉴인 프로젝트(Project)는 이용자가 해결하고자 하는 문제에 대한 서술과 구조화를 위한 도구, 주제도의 입력 및 지식베이스를 선택할



〈그림 3〉 전문가시스템(Expert-GIS)의 메뉴체계도

수 있는 기능을 제공한다. 프로젝트(Project) 메뉴는 평가(Evaluation) 메뉴와 인터랙티브(interactive)하게 연결되어 평가요소들의 편집기능 및 평가결과를 제시하는 기능을 제공한다.

지식(Knowledge) 메뉴는 수집된 문서나 주제도에 대한 목록을 사실(fact)지식으로 저장하며, 관련분야 전문가들로 인터뷰를 통해 수집한 지식, 즉 토지평가와 입지선정에 필요한 평가기준, 이용가치 측정기준, 종합화 절차 등이 저장된다. 이 때 동일한 평가사안에 대한 지식이라 할지라도 지식을 제공한 전문가의 관점에 따라 상이한 지식베이스로서 저장된다.

평가(Evaluation) 메뉴는 프로젝트(Project) 메뉴에서 정의된 문제를 해결하기 위해 적용하고자 하는 특정 지식베이스를 선택할 수 있는 기능과 평가를 수행하기 위한 메뉴를 제공한다. 프로젝트(Project) 메뉴와 인터랙티브(interactive)하게 작동되며, 토지이용 상충 및 민감성 분석(sensitive analysis)을 수행하기 위한 평가기준, 규칙 및 선규칙을 수정할 수 있는 편집기능을 제공한다.

보고서(Report) 메뉴는 평가된 결과를 의사결정 지원을 위해 문법에 맞는 텍스트 형태로 화면에 출력하거나 이용자가 템플릿에 보고서의 양식을 미리 정의 및 지정해 놓을 경우 주제도를 포함시킨 보고서를 출력한다.

Expert-GIS를 이용하여 토지평가와 적지선정을 위해서는 먼저 해결하고자 하는 문제를 정의하고 이에 필요한 지식을 절차에 따라 구축해야 한다. 제4장에서는 토지평가와 적지선정을 위한 제반조건과 지식베이스 구축에 필요한 지식, 즉 입지선정 방법, 입지선정요소, 평가메카니즘, 평가인자의 도출, 종합화, 언어규칙의 도출 등은 전문가 인터뷰 및 전문서적 등을 통해 추출하였으며, 정성적 지식

을 정량화시켜 지식베이스에 입력시키기 위한 과정을 예시하였다.

IV. 토지평가 메카니즘과 지식베이스의 구축

토지이용계획 수립을 위해 토지를 평가하고 입지를 선정하는 계획행위는 단지 한가지 목적만을 위해서는 이루어지지 않는다. 여기에는 복잡하고 다양하게 얽혀있는 개발동기나 목적행위에 의한 경우가 일반적이다(Lindstadt, 1978, p.163). 따라서 설정된 목적이나 문제제기에 따른 계획행위의 근거에는 다양한 측면들이 나타나게 되며, 이와 관련하여 연구 및 계획요소들에 대한 새로운 정의가 필요하게 된다. 예를 들면 농업이 지배적인 지역은 주거가 지배적인 지역과는 서로 다른 계획요소를 갖게 되며, 그 중요성 또한 달라지게 된다.

1. 평가과정

전문가시스템(Expert-GIS)을 이용한 토지평가 사례연구의 목적은 지방자치단체가 장래 필요한 토지의 수요를 예측하여 용도지역·지구를 지정하거나 혹은 특별한 이용목적에 맞는 적지를 선정하기 위해 조직적인 토지분석과 평가를 실시하기 위함이다. 이를 위한 평가과정은 다음과 같은 3단계의 논리적인 분석과정을 거치게 된다.

① 단계 1

토지이용형태의 우선순위 결정, 이용제한 및 이용불가능 지역 분석

② 단계 2

토지이용요구성과 토지이용조건의 비교논리

에 근거, 개개의 토지이용형태를 위한 일시적인 적지선정(대안선정)

③ 단계 3

계획인자 평가기준과 위험도 기준의 비교교환을 통한 최적의 입지선정: 특정지역이 여러 개의 토지이용형태를 위한 최적의 입지로 선정되었을 경우 발생하는 이용경쟁 문제 및 선정된 입지가 공장이나 기타 혐오시설과 공간상 인접해 있을 경우에 발생하는 이용충돌 문제의 해결

2. 토지이용형태의 지정순위 결정

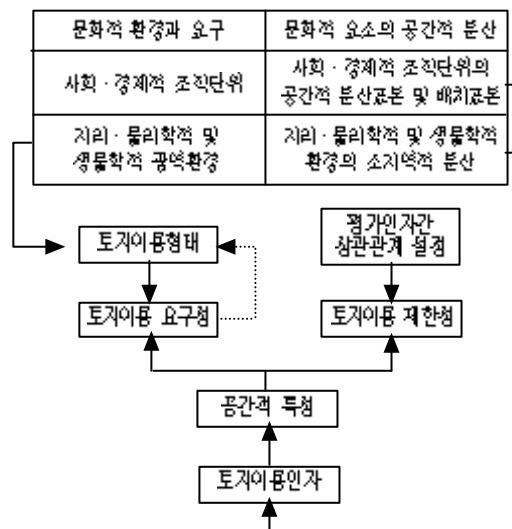
토지의 입지를 선정하기 위해서는 먼저 개개의 토지이용유형에 대한 입지지정 순위를 결정하여야만 하는데 우선순위 결정방법은 크게 「동시적 지정」과 「순차적 지정」으로 대별할 수 있다(Schindowski, 1983, p.43).

실제 계획에서는 독립적이고 동시적인 입지지정이 선호되는데 그 이유는 모든 토지이용유형을 위한 가장 적합한 토지의 선정이 이루어지기 때문이다. 동시적 입지지정시 개개의 토지이용형태에 대한 어떠한 우선 순위도 부여되지 않는다. 만약 특정 토지가 다수의 토지이용유형에 적합한 토지로서 일시적으로 중복 지정될 경우 이용충돌과 같은 문제점들이 발생한다. 순차적인 입지지정의 경우는 개개의 토지이용유형에 대한 우선 지정순위가 사전에 결정되므로 토지이용상충에 의한 문제가 원칙적으로 발생하지 않는다.

3. 토지이용유형의 도출

개개의 토지이용형태에 가장 적합한 부지를 선정하고 상호 토지이용형태간의 이용충돌을 방지하기 위해서는 우선 토지이용형태를 정의하고 분류할 필요가 있다. Guttenberg(1959)의 체계에 근거해서 도출한 CALUSA시스템(Schindowski, 1983, p.72)의 토지이용형태는 다음과 같은 기준에 의거했다.

- ① 토지의 개발형태와 정도
- ② 토지의 건축형태와 종류
- ③ 토지개발이 필요한 이용형태
- ④ 위의 이용형태가 충족시켜 주는 사회적·경제적인 기능



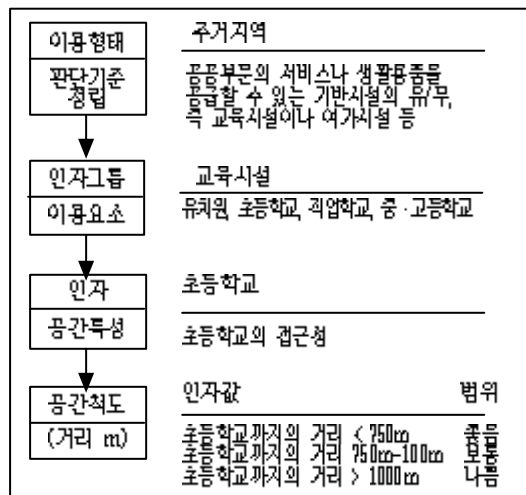
〈그림 4〉 입지선정요소의 도출⁷⁾

현재 독일의 국토개발계획법, 도시 및 지역계획법, 건축법 및 시행령 등에서 언급되고 있는 토지

7) 자료: Schindowski, 1983, p.73

이용 유형은 <그림 4>에서 보여지는 바와 같이 여러 단계로 이루어진 「토지이용유형」 분석과정의 기능적·조직적인 요구성의 측면에서 고찰한 행위에 의해 도출되어졌다(Schindowski, 1983, p.73). 이론적으로는 실제 토지이용계획에서 쓰이고 있는 토지이용유형 이상의 다양한 토지이용형태들이 제시될 수 있으나, 실제적으로 자료수집을 위한 비용이 매우 많이 들기 때문에 일정한 범위 내에서 토지이용형태를 제한할 필요가 있다.

Scholz는 토지이용유형으로서 주거지역 4 상업/공업지역 2, 혼합지역 3, 기타지역 1 등으로 세분하여 총 10개의 이용형태를 구분하였으며(Scholz, 1990, p.4), Schindowski는 총 24개의 토지이용형태 - 주거지역 8, 상업/공업지역 8, 여가지역 4, 기타지역 4 - 로 세분하였다(Schindowski, 1983). 따라서 세분되어 적용될 토지이용형태의 종류는 수립되어질 계획의 성격에 따라 결정되어야만 한다.



<그림 5> 계획인자와 공간특성의 도출과정⁸⁾

4. 토지평가 메카니즘

토지의 평가과정은 토지의 상태, 즉 이용조건성과 특정 토지이용유형이 토지에 대한 요구성을 비교함으로써 이루어진다. 즉, 토지를 평가하기 위해서는 먼저 평가대상 토지의 특성(이용조건성)을 단일 평가인자의 형태로 수집하여 토지이용유형의 요구성(이용요구성)과 비교함으로써 토지의 적합성에 대한 목적성취도가 측정된다.

<그림 5>는 토지이용형태로부터 이용요구성이 도출되고 도출된 이용요구성으로부터 계획인자 그룹과 계획인자 및 공간적 특징이 제시된다. 이용조건성은 공간척도의 요소에 의해 평가가 가능해지도록 계량화되어진다. 이때 이용요소(use factor)에 대한 구체적인 서술은 객관적으로 조사가능한 공간척도에 의해 기술됨으로써 특정 토지가 갖는 성질을 계량화시켜 평가할 수 있게 되며, 이용요구성은 특정 평가사안에 대한 성취도가 어느 정도 만족되어야 하는가 하는 점을 명시한다.

평가인자그룹은 평가사안에 대한 일련의 평가 패키지를 구성하게 되는데 개개의 평가인자는 종합화과정을 거쳐 인자그룹을 형성한다. 이 때 개개의 인자들이 평가시 낮은 가중치를 받게 될 경우 「민감성분석(Sensitive Analysis)」시 큰 영향력을 갖지 못하게 된다. 그러나 인자그룹은 개개의 인자들을 종합함으로써 높은 가중치를 갖게 되며, 민감성 분석시 결과에 큰 영향을 미칠 수 있다.

8) 자료 : 송영태, 1998, p.68

5. 종합화 과정

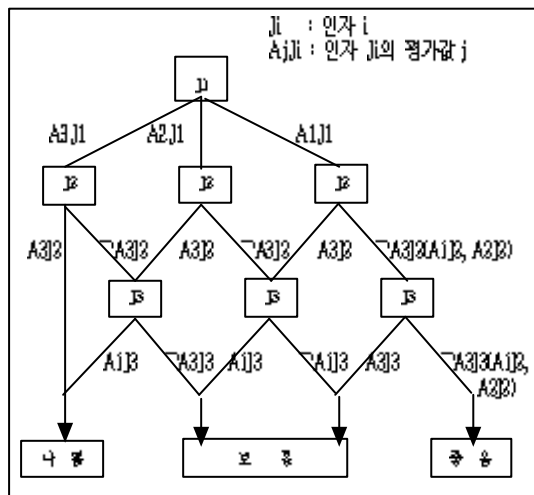
가치의 종합은 대부분의 평가방법론에서 근본적인 문제로 제기되는 평가단계로서 평가된 각각의 이용가치도를 종합하기 위한 과정이다. 평가방법론의 종합과정이 갖추어야 할 기능으로는 공간계획적 연구에서 얻어진 인식이나 구체적인 개별 조사에서 얻어진 결과를 보편화시키기 위한 노력 등이 고려되어야 하며, 다른 한편으로는 이론적 또는 경험적으로 입증된 계획인자가 갖는 의미나 측정 정확도 등이 반영되어야만 한다.

이와 같은 관점에서 고찰한 이용가치분석법이 제공하는 수학적 종합방법은 정량적인 형태로 평가되는 결과뿐만 아니라 서술식의 정성적 측정 결과도 일률적으로 수학공식에 의해 종합함으로써 그 결과값을 잘못 해석하거나 오류가 발생할 수도 있다. 또한 인자들이 여러 단계의 종합과정을 거치

면서 개개의 결정요소가 갖는 이용가치도의 의미가 상실되거나 종합과정이 불투명하게 되어 전체 평가과정에 대한 조망을 잃게 되는 경우가 발생한다 (Bechmann, 1978).

본 연구에서는 위에서 기술한 종합화 과정의 불합리한 점을 보완하기 위해 「생태학적 위험성 분석」 (Bachfischer, 1978) 방법이 제시하는 종합방법을 도입하였다.

<그림 6>은 중간 평가결과의 종합단계에서 발생하는 계획인자 및 계획인자그룹간의 가치관계성을 고려하기 위해 「생태학적 위험성 분석방법 (ERA)」이 평가결과를 종합할 때 사용하는 수지형 구조의 종합방법(상계서 p.108)으로서 구조적 측면에서 고도의 명확성과 유연성을 유지하면서도 주관적인 가정과 평가를 객관적인 결과로 종합할 수 있는 가능성을 제시해 준다



<그림 6> 수형도를 이용한 평가결과의 종합⁹⁾

6. 지식화과정

<그림 6>에서 제시된 종합과정을 근거로 개별 평가항목을 종합하기 위해 필요한 지식은 규칙으로 표현하면 <그림 7>과 같다. 예를 들어 평가사안으로서 「학교시설에 대한 접근성」을 평가하기 위한 평가항목으로서 「유치원」, 「초등학교」, 「중·고등학교」가 설정되었다고 가정하면, 평가사안 「학교시설」에 대한 최적입지를 선정하기 위해서는 <그림 8>과 같은 언어규칙이 도출된다.

9) 자료 : 송영배, 1998, p.81

좋음	$= A1J1 \text{ and } \neg A3J2 \text{ and } \neg A3J3$
보통	$= (A1J1 \text{ and } \neg A3J2 \text{ and } A3J3) \text{ or } (A1J1 \text{ and } A3J2 \text{ and } \neg A1J3)$ $\text{or } (A2J1 \text{ and } \neg A3J2 \text{ and } \neg A1J3) \text{ or } (A2J1 \text{ and } \neg A3J2 \text{ and } A1J3)$ $\text{or } (A2J1 \text{ and } A3J2 \text{ and } \neg A1J3) \text{ or } (A2J1 \text{ and } A3J2 \text{ and } A1J3)$
나쁨	$= (A3J1 \text{ and } \neg A3J2 \text{ and } A1J3) \text{ or } (A3J1 \text{ and } A3J2)$

〈그림 7〉 종합화 과정의 규칙¹⁰⁾

If	「유치원」에 대한 접근성 < 250m,
and	「초등학교」에 대한 접근성 < 1000m,
and	「중·고등학교」에 대한 접근성 < 2000m,
then	「학교시설」에 대한 접근성은 「좋음」

〈그림 8〉 지식베이스의 언어규칙¹¹⁾

위에서 제시된 언어규칙의 구성요소는 언어변수와 종합과정의 공식에 의거한 것이다. <그림 9>는 <그림 8>의 언어규칙이 지식베이스에서 서술된 형태이다.

" ... 만약	유치원까지의 거리가 250m 이하이다.
그리고	초등학교까지의 거리가 100m 이하이다.
그리고	중·고등학교까지의 거리가 2000m 이하이다.
그러면	... 토지는 「학교시설」이라는 결정사안 평가에서 최적의 「주거지역」으로서 ... "

〈그림 9〉 지식베이스의 지식서술¹²⁾

V. 사례연구

앞 장에서 제시한 바와 같이 정형화된 평가방법

론과 함께 전문가시스템(Expert-GIS) 프로토타입을 시험하고, 공간계획분야에서 적용가능성과 한계성을 밝히기 위해 실제 적용 사례연구를 수행하였다(Song, 1998).¹³⁾ 사례연구를 위한 대상지 선정기준은 다음과 같다.

- ① 다양한 토지이용형태가 공존하는 지역(주거·농업·상업·공업·자연보호지역 등)
- ② 개발지와 미개발지가 혼재된 지역
- ③ 사회기반시설이 갖추어진 지역
- ④ 공간분석시 필요한 도면과 자료의 수집이 가능한 지역

위에서 제시한 사례연구 대상지 선정기준에 적당한 도시로서 독일 북부지역에 위치한 Cappenberg시를 선택하였으며, 평가대상지의 공간적 범위는 행정구역경계 대신에 격자크기 (1.5km × 1.5km)의 임의의 지역을 사례연구 대상지로 설정하였다.

전문가시스템(Expert-GIS)을 이용한 사례연구 대상지의 토지평가와 적지선정을 위한 평가과정은 <그림 10>과 같다.

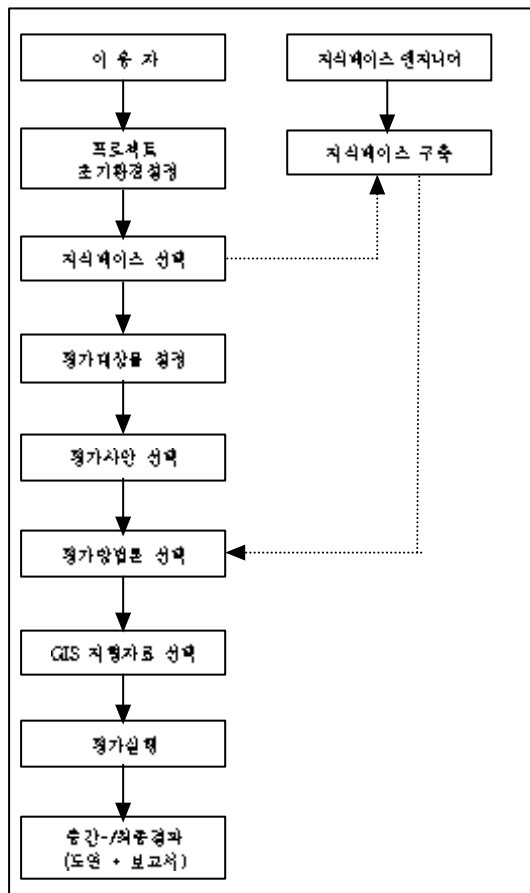
이용자는 먼저 평가에 필요한 지식을 전문가 인터뷰나 법전 및 관련 전공서적으로부터 수집한 후 제 4장에서 예시한 지식화 과정에 근거하여 전문가시스템이 제공하는 지식편집기를 이용하여 지식베이스를 직접 구축할 수 있다. 또는 숙련된 지식베이스 엔지니어로 하여금 이용자의 평가목적에 적합한 지식베이스를 설계 및 구축하도록 의뢰할

10) 자료 : 송영태, 1998, p.82

11) 자료 : 송영태, 1998, p.83

12) 자료 : 송영태, 1998, p.83

13) 본 논문에서 예시한 사례연구는 대상지가 갖는 문제의 성격과 그 문제해결에 중점을 두기보다는 구축된 전문가시스템(Expert-GIS)의 성능과 그 활용가능성을 입증하기 위해 Geographic Expert System(Song, 1998)에서 빌려·요약하였다.



〈그림 10〉 토지평가 및 적지선정 진행과정¹⁴⁾

수 있다.

구축된 지식베이스를 기반으로 이용자가 평가 작업을 수행하기 위해서는 전문가시스템을 이용하여 먼저 해결하고자 하는 문제에 대한 제반사항을 기술하여야 한다. 예를 들면 <그림 3>의 메뉴와 <화면사진 1>에서 보여지는 바와 같이 프로젝트 명칭의 입력, 평가를 위해 이용하고자 하는 지식베이스의 선택, 해결하고자 하는 문제에 대한 기술, 평가대상물의 선정 및 평가사안과 가치의 판단과 종합을 위한 평가방법론 등을 선택함으로써

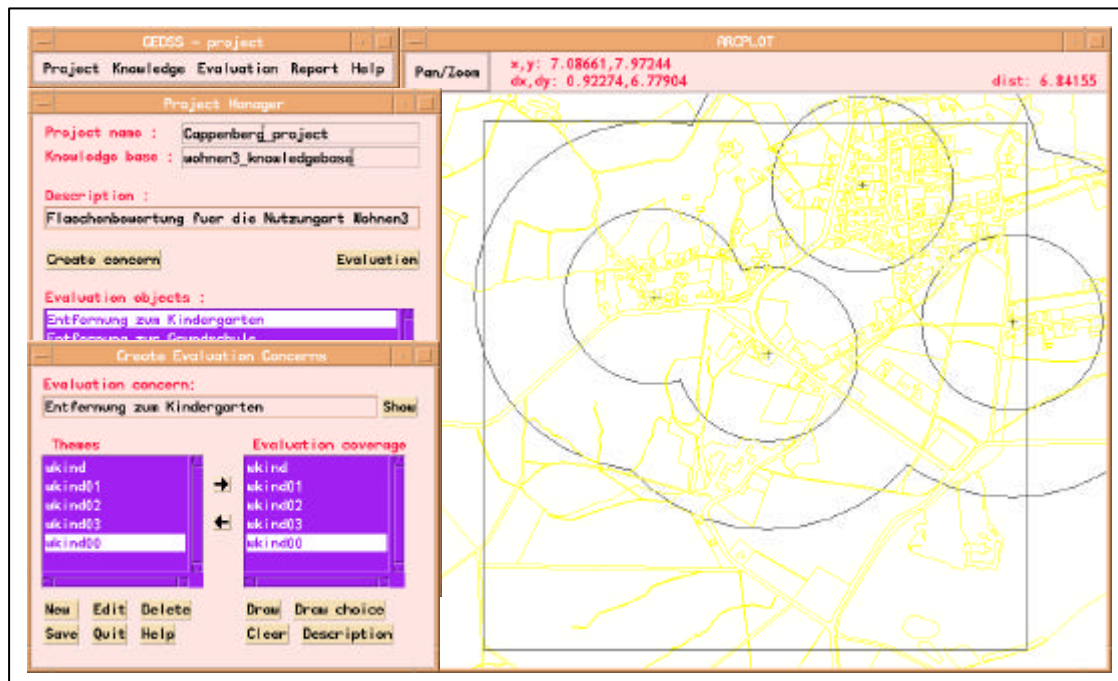
써 평가작업을 시작하게 된다. 평가가 시작되면 전문가시스템(Expert-GIS)은 평가와 관련된 지식과 지리정보가 지식베이스에 저장되어 있는지의 여부를 확인한 후, 평가사안에 따라 구축된 지식을 토대로 다양한 평가모듈을 이용하여 다음과 같이 단순평가 및 복합평가를 실시하여 결과를 도출하게 된다. 특정 결정사안에 대한 평가결과는 정량적 및 정성적 서술형태의 보고서와 도면으로 출력된다.

1. 평가결과

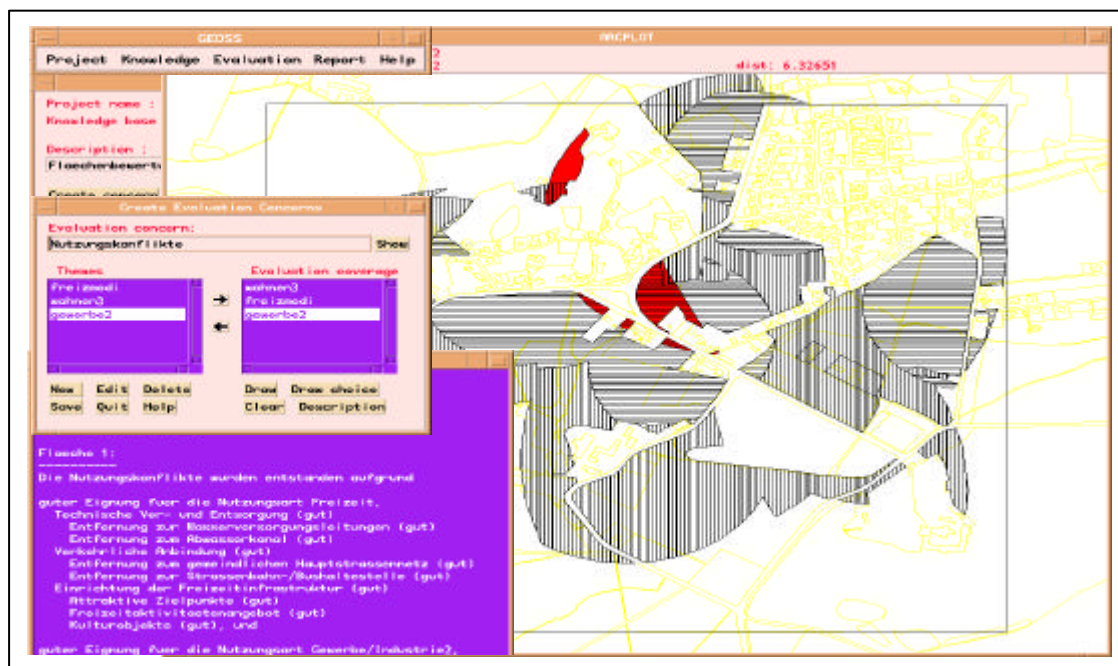
사례연구를 위한 토지평가는 결정사안의 복잡성 정도에 따라 단순평가(simple evaluation)와 복합평가(complex evaluation)로 구분되어 실시되었다.

단순평가란 전체 평가과정 중 최하위 단계의 인자를 전문가시스템(Expert-GIS)의 「value scale module」이 제공하는 인자평가모듈을 이용하여 평가함으로써 이루어진다. 예를 들면 「주거지역」 선정을 위한 평가사안 「유치원에 대한 접근성」을 평가하기 위해서는 <화면사진 1>에 보여지는 바와 같이 사용자가 평가대상물(evaluation objects)을 선택함으로써 이에 상응하는 지리정보가 GIS 데이터베이스에서 선택되고, 지식베이스에 저장된 평가인자와 인자값을 읽어들이어 공간분석을 수행하게 된다. 평가결과 도출된 값은 새로운 형태의 지식으로 저장되며, 화면에 공간정보와 함께 의사결정을 위한 문서의 형태로 출력된다. 위 평가사안에 대한 분석결과 최적으로 평가된 지역은 <화면사진 1>과 같다.

14) 자료 : 송영태, 1998, p.121



〈화면사진 1〉 「Value Scale Module」을 이용한 단순평가¹⁵⁾



〈화면사진 2〉 「Aggregation Module」을 이용한 복합평가와 토지이용상충¹⁶⁾

15) 자료 : 송영배, 1998, p.125

16) 자료 : 송영배, 1998, p.127

복합평가는 논리적·수학적 「aggregation module」에 근거한 평가과정으로서 단순평가에서 얻어진 1차 평가결과를 지식베이스에 구축된 규칙에 따라 종합되어 결과가 도출된다. 예를 들면 단순평가사안 「버스정거장에 대한 접근성」과 「주도로에 대한 접근성」의 평가결과를 종합함으로써 주거지역선정을 위한 평가사안 「교통기반시설」에 대한 종합평가 결과가 도출된다. 위의 평가결과들은 지형정보와 함께 이용자인터페이스인 설명구성요소를 통해 평가결과에 대한 근거와 자세한 설명이 <화면사진 2>와 같이 서술형태로 제시된다.

2. 토지이용상충과 민감성 분석

이미 앞장에서 언급한 바와 같이 특정 토지에 대해 여러 종류의 토지이용형태가 이용경쟁을 벌일 경우 토지이용충돌이 발생한다. <화면사진 2>는 「주거지역」, 「상·공업지역」, 「여가지역」을 위한 최적의 공동입지로서 토지이용간 충돌이 발생한 지역이다. 이와 같은 경우 이용자는 시스템에 구축되어 있는 「토지이용충돌 해결모듈」의 설명구성요소를 이용하여 어떤 평가인자가 이용충돌을 야기하는가 하는 정보를 얻을 수 있으며, 이용상충 문제해결을 위해서 이용자는 「민감성분석방법」에 근거하여 「토지이용충돌 해결모듈」이 제공하는 틀을 이용하여 단순평가인자의 평가기준을 조금씩 변경시키면서 이용충돌이 최소화될 수 있도록 평가기준을 조정하고, 재평가를 실시하여 평가기준의 변경이 전체결과에 미치는 영향을 분석하여 최상의 대안이 도출되도록 전체 평가과정을 반복한다. 이와 같은 의미에서 본 시스템은 계

획가, 정치가, 이해자 및 이해집단으로 구성된 Expert-Round-Table 운영시 의사결정지원을 위한 자료와 정보를 제공하게 된다. 또한 지식베이스에 구축되어 있는 법·제도 및 기타 근거를 이용하여 이용충돌 해결을 위한 의사결정지원이 제공된다.

<화면사진 2>에서 보여지는 설명구성요소는 토지이용충돌이 발생하는 지역에 대한 지리정보뿐만 아니라 어떤 평가인자가 이용충돌문제를 야기하는지에 대한 정보를 제공해 주며, 이용충돌을 방지하기 위한 평가기준변경 대안을 제시한다.

VI. 결 론

1. 프로토타입의 개발

본 연구에서 추구한 본질적인 목적은 도시지역의 개발개념이나 토지이용개념 및 계획을 수립하기 위한 학문적인 원칙과 위의 계획을 실행에 옮기기 위한 협상방법이나 실현전략을 개발하기 위한 것이다. 그 이유는 어느 도시나 지역의 미래의 발전가능성은 일반적으로 도시의 위치, 주거 및 공업·상업시설의 유용성, 사회 및 공업기반시설의 유용성, 고급 노동력의 유용성, 양질의 환경자원의 유용성이나 환경조건 등과 같은 계획요소에 의해 결정되기 때문이다.

특히 부동의 한정된 자원인 토지의 질과 관련된 개발가능성에 대한 구체적인 평가를 내리고, 기존의 입지에 위치한 산업시설에 대한 새로운 투자를 유치하기 위해 지역발전계획에서 유도하며, 지속적인 발전가능성이나 잠재적 역량을 입증하기 위해서는 합리적인 평가과정의 구축이

필수적이다. 따라서 본 논문에서 구축된 전문가 시스템(Expert-GIS)은 도시계획분야에서 의사결정 지원을 위한 전문가시스템의 프로토타입으로서 지리정보시스템을 기반으로 전문가시스템이 제공하는 문제해결 방법론을 이용하였다.

그러나 상용화될 수 있을 정도의 만족할 만한 전문가시스템을 구축하기 위한 일련의 작업과정은 매우 복잡하며 고도의 기술이 필요하다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 많은 부분 전문가시스템을 구축하기 위한 논리적 개념의 개발에 관한 내용, 즉 전문가시스템의 도시계획분야에서의 활용을 위한 이론적이고 방법론적인 연구와 지리정보시스템을 기반으로 한 시스템구축 방법이 중점적으로 다루어졌다. 따라서 실제 계획분야에서 완벽하게 작동하는 상용화될 수 있는 전문가시스템의 구축 보다는 한정된 기능을 가진 Expert-GIS 프로토타입으로 그 연구범위를 제한하였다.

2. 평가방법론과 계획시스템

공간계획분야에서 요구하는 평가방법론을 지리정보시스템(GIS)나 지식기반시스템(KBS)과 같은 컴퓨터시스템에서 구현하기 위해서는 정형화된 계획모델이 반드시 필요하다. 이와 같은 논지에서 이용가치분석방법이나 퍼지집합이론과 같은 새로운 이론들이 계속해서 개발되고, 관련 응용분야에 적합하게 개량되어어만 한다.

본 논문에서 이용가치분석방법을 도입함으로써 계획과정에서 평가방법상 큰 장점으로 작용하는 점은 가치기능(Value Function)과 가중치를 분리할 수 있다는 점이다. 즉, 상위목적은 하위목적으로 세분하고, 하위목적은 다시 계획인자별 특성으로

세분함으로써 평가가 수월해진다. 이 같은 이유 때문에 이용가치분석방법은 개개의 계획인자가 갖는 서로 다른 목적성취도를 하나의 이용가치도로 취합하여 상이한 이해관계에 의해 발생하는 의사결정문제를 해결하기 위한 적절한 방법으로 이용되고 있다. 특히 「제2세대 이용가치분석방법」이 제공하는 가장 큰 장점은 정량적 및 정성적 형태의 계획결정인자들을 간단하면서도 명확하게 구조화시킬 수 있으며, 컴퓨터를 이용한 전산화가 가능하다는 점이다. 또한 체계적으로 구축된 결정기준에 의거 설정된 대안들을 비교평가할 수 있으며, 의사결정자는 구축된 목적체계에 의거, 「이용-가치도」를 측정한 후 결과를 제시할 수 있다.

이와 함께 평가방법론을 정형화시키는 과정에서 많은 문제가 발생함에도 불구하고 GIS와 지식기반시스템에 근거한 전문가시스템의 프로토타입이 구축됨으로써 종래 수작업이나 GIS 들에 의존하던 작업방식과 비교할 때 계획분야에서 발생하는 문제들을 효율적이고 합리적으로 해결할 수 있게 되었다. 예를 들면 단시간에 다양한 대안들을 도출할 수 있으며, 의사결정과정에서의 사소한 판단실수가 결과에 얼마나 큰 영향을 미칠 수 있는가 하는 민감성 분석과 복잡하고 다차원적이어서 Black Box 모델과 같은 평가 및 의사결정과정의 투명성을 제공해 준다. 또한 의사결정자에게 결정사안에 대한 정보와 추론된 지식을 제공함으로써 정책결정의 합리성을 확보할 수 있다. 이와 함께 초보이용자도 쉽게 이용할 수 있도록 시스템의 화면설계는 Interactive Graphic User Interface (IGUI)로 구성되었고, 이용자에게 중간 및 최종결과를 도면과 보고서의 형태로 제공해 줌으로써 업무의 부하가 상당히 감소하는 효과가 있다.

3. 개발환경과 향후 발전 전망

최근 컴퓨터기술의 괄목할 만한 발전은 시스템 구축자뿐만 아니라 이용자에게도 많은 새로운 가능성을 제시해 주고 있다. 즉, Open Development Environment(ODE)와 같은 GIS 개발환경의 발전이나 Open GIS나 Component GIS 개념과 같은 새로운 패러다임의 제시 및 전문가시스템을 기반으로 구축된 시스템 개발툴(System Development Tool)은 단시간에 성능이 향상된 시스템구축을 가능하게 한다.

따라서 시스템으로 구축하기에 매우 난해했던 퍼지이론이나 신경회로망의 활용에 대한 연구가 가능하게 되었으며, 결국 컴퓨터시스템 스스로 학습이 가능한 인간의 신경시스템과 유사한 시스템 구축도 가능하게 되었다. 이와 같은 컴퓨터기술의 발전과 시스템통합에 근거한 예측가능한 결과는 인공지능적 전문가시스템과 신경회로망을 이용한 퍼지시스템의 출현이다.

그러나 간과해서는 안될 점은 시스템 자체의 권공에 가치를 둔 순수이론가나 연구집단에게는 다른 분야에서도 그러하듯이 현실문제와 격리됨으로써 그 연구결과가 현실세계에 어떤 기여를 하든지 큰 관심이 없었다는 점이다. 결과적으로 인공지능의 연구가 80년대 초 산업계에서 기대했던 것만큼의 경제적 기여를 하지 못했기 때문에 이에 민감한 미국의 National Science Foundation(NFS)은 인공지능분야 연구비 지원을 감축시키는 결과를 초래했다. 이 같은 현상은 비단 미국뿐만 아니라 일본과 유럽 및 우리나라의 전산학분야에서도 유사하게 관찰되는 현상으로서 결국 현실세계에서 합목적으로 경제성있는 소프트웨어로 자리를 잡

지 못할 경우 시스템은 연구 프로토타입 이후에 도태되어 버릴 수밖에 없다.

그러므로 전문가시스템이 실제 계획분야에서 활용되기 위해서는 데이터베이스나 GIS 등과 같은 전통적 정보시스템과 연계 운영되어야 하며, 추구하는 목적에 따라 통합적으로 보완되기도 하면서 발전해야만 하고, 시스템구축자는 응용분야별 특성을 추구하면서 경제성 있는 시스템을 구축하는데 연구와 노력을 기울여야만 할 것이다.

참고문헌

- Bachfischer R. (1978): *Die ökologische Risikoanalyse: Eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in die Raumplanung*, Dissertation, Technische Universität München, Fachbereich Architektur, München 1978.
- Barath, E.; Futo, I. (1984): "A regional planning system based on artificial intelligence concepts", in: Proceedings, 23rd European Congress of the Regional Science Association, p.135-154.
- Baugesetzbuch (BauGB): in der Fassung der Bekanntmachung vom 08. Dezember 1986.
- Bechmann, A. (1978): *Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung*, Beiträge zur Wirtschaftspolitik, Band 29, Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart 1978.
- Bechmann, A. (1980): "Die Nutzwertanalyse der zweiten Generation - Unsinn, Spielerei oder Weiterentwicklung?" in: Raumforschung und Raumordnung 38, S. 167.
- DeMers, M. N. (1985): "The formulation of a rule-based GIS framework for county landuse planning, in: Modeling and Simulation"(16), Part 1, p.93-97, Proceedings 16th Annual Pittsburgh Conference on Modeling and Simulation, Pittsburgh, PA, April.
- Eberle, D. (1981): *Fallbeispiele zur Weiterentwicklung*

- der Standardversion der Nutzwertanalyse Exemplarische Ansätze aus dem Bereich der Siedlungsstrukturplanung*-Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 51, Hannover 1981.
- Eckhoff, J. (1981): "Zu den Grundlagen der Entwicklungsplanung, Methodische und konzeptionelle Überlegungen am Beispiel der Stadtentwicklungsplanung", Hannover 1981, (Veröffentlichung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen, Bd. 83).
- Gartzweiler, H.-P. (1980): "Das Präferenzmodell, Ein alternativer Ansatz für eine vergleichende Raumbewertung", In: Raumforschung und Raumordnung 38, S. 173.
- Han, S.-Y.; Kim, T. J. (1990): "Intelligent urban information systems: Review and prospects", In: Kim, T.J.; Wiggins, L.L.; Wright, J.R. (1990) (Eds.): *Expert systems - applications to urban planning*, p.241-264, Springer Verlag, New York 1990.
- Heikkilä, E. J.; Moore, J. E.; Kim, T.J. (1990): "Future directions for EGIS - Applications to land use and transportation planning", In: Kim, T.J.; Wiggins, L.L.; Wright, J.R. (1990) (Eds.): *Expert systems - applications to urban planning*, p.225-240, Springer Verlag, New York 1990.
- IBM Deutschland Entwicklung GmbH (Hrsg.)(1994): *EXCEPT - Anwendungssystem Umweltmanagement - Entscheidungsunterstützung*-, Handbuch Release 1.0, Hannover 1994.
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS) (Hrsg.) (1976): *PROSAB - Ein computergestütztes System zum Entwurf und zur Bewertung in der kommunalen Bauleit- und Entwicklungsplanung - Grundversion, Band 1: Wissenschaftliche Grundlagen und Systembeschreibung*-. In: Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen Stadtentwicklung - Städtebau Bd. 1, 2,011/1, Dortmund 1976.
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS) (Hrsg.) (1979): *PROSAB I - Ein computergestütztes System zum Entwurf und zur Bewertung in der kommunalen Bauleit- und Entwicklungsplanung*-, Teilvorträge: Testanwendungen und Weiterentwicklung des Programmsystems, Band 1: Einführung und Kurzfassung. In: Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen Stadtentwicklung - Städtebau 2,012, Dortmund 1979.
- Kim, T.J.; Han, S.Y.; Adiguzel, I. (1993): "Integration of programming models and expert systems - An application to facility management and planning" In: Computers, Environment and urban systems, Vol. 15, p.189-201, Pergamon press plc., 1991.
- Kroeber, D. W.; Watson, H. J. (1987): *Computer-based information systems*, Macmillan Publishing Company, New York 1987.
- Level Five Research, Inc. (1987): Level Five, Indalantic, Florida.
- Lindtstadt, H. J. (1978): "Nutzwertanalytische Evaluierung kommunaler Infrastrukturinvestitionen - Unter exemplarischer Betrachtung des Verkehrssektors", Universität Nürnberg, Fachbereich Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Dissertation, Frankfurt/M 1978.
- Puppe, F. (1991): *Einführung in Expertensysteme*, 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin 1991.
- Schindowski, D. (1983): *Flächenbewertung, Allokation, Konfliktlösung - Computer-Unterstützung der Flächennutzungsplanung durch das interaktive Verfahren CALLISA*, Institut für Raumplanung (IRPUD) (Hrsg.) Abteilung Raumplanung, Universität Dortmund, Band 33, Dortmund 1983.
- Simon, H. A. (1987): "Two heads are better than one : The collaboration between AI and OR", Interfaces 17(4), p.8-15.
- Song, Y. (1998): "Geographic Expert System (GES),

Based on example of the internal development of a knowledge based geographic Decision Support System for Environmental Sustainable Land Use Planning and Management", University of Dortmund, Germany, Dissertation, 1998, 7, 03

Steinert, M. (1997): "Der Einsatz wissensbasierter Systeme zur Beratungsunterstützung - speziell für die UVP von Abfallverbrennungsanlagen am Beispiel der Eigenentwicklung WiSPA", Dissertation Universität Dortmund, Verlag Shaker, Aachen 1997.

Tanic, E. (1986): "Urban planning and artificial intelligence - The URBYS system", in: Computers, Environment and Urban Systems 10 (3/4), p.135-146.

Waterman, D. A. (1985): *A guide to expert systems*, Reading: Addison-Wesley, Mass, 1985.

Zangemeister, C. (1973): *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik*, 3. Aufl., Wittmannsche Buchh, München 1973.