

## 사례기반 추론방법을 적용한 공간분석 시스템

오규식\* · 최준영\*\*

### Developing a Spatial Analysis System using the Case-based Reasoning Approach

Kyu-shik OH\* · Jun-young CHOI\*\*

#### 요 약

현재 진행중인 정보화의 추세 속에서 도시계획 과정에서의 의사결정을 지원하기 위해 다양한 지식기반 공간분석 시스템이 개발되었으나 비구조화된 도시계획 문제의 특성으로 인해 그 적용이 어렵다. 이같은 문제의 해결을 위해 본 연구에서는 사례기반 추론에 의한 공간분석 시스템을 개발하고 이를 택지개발사업시 토지이용계획 과정에 도입하여 그 활용 가능성을 탐색해 보았다. 사례연구를 통한 실험의 결과, 개발된 공간분석 시스템의 적용 가능성이 확인되었다. 그러나 보다 충분한 양의, 건전한 내용의 사례 축적이 병행된다면 더욱 효과적인 추론을 수행할 수 있을 것이다.

**주요어** : 사례기반 추론, 지식기반추론, 공간분석시스템, GIS, 택지개발

**ABSTRACT** : The nature of ill-defined planning problems makes expert systems difficult to acquire and represent knowledge for decision making in urban planning processes. In order to resolve these problems, a case-based reasoning method was applied to develop a spatial analysis system for urban planning.

A case study was conducted in a residential land use planning process. The result of the study revealed the effectiveness of reasoning by the spatial analysis system and the

---

\* 한양대학교 도시공학과 교수 (Professor, Department of Urban Planning, Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Republic of Korea)

\*\* 서울시정개발연구원 도시정보연구센터 (Center for Urban Information System, Seoul Development Institute, San 4-5 Yejang-dong, Chung-gu, Seoul 100-250, Republic of Korea)

possibility of its future application. More accumulation of information on other successful cases should be sought to yield better results

**Keywords** : Case-based Reasoning, Rule-based Reasoning, Spatial Analysis System, GIS, residential development

## 1. 서 론

국가적 차원에서 진행하고 있는 NGIS 사업과 주요 도시의 UIS 사업들에 의해 우리나라 도시계획 분야는 그 어느 때 보다도 많은 정보를 접하게 되었다. 이같은 상황속에서 계획가와 실무 담당자들이 다양한 정보 중 계획에 반영할 수 있는 유용한 정보를 선택하여 이를 지식기반(knowledge-base)으로 삼고, 그를 이용하여 의사결정을 시도하려는 일련의 노력이 이뤄지고 있다.

그러나 도시계획은 목표가 충분히 정의되어 있지 않고 자료가 불완전한 비구조화된(ill-defined) 문제를 다루는 특성이 있다(Shi and Yeh, 1999). 이같은 특성을 지닌 공간적 의사결정문제의 해결을 위해 전문가시스템을 도입하게 되었다. 전문가시스템은 일반적으로 <If-Then>구조를 이용함으로써 사용자 경험을 지식기반으로 쉽게 구축할 수 있도록 한다(류중석, 1993). 그러나 문제가 명확하게 정의되지 않거나 결과의 예측 또는 최적해의 도출이 불가능한 영역에는 적용이 쉽지 않으며, 문제해결을 위해 과도히 많은 지식이 추출되어 지식획득에 병목현상이 발생하게 된다(Shi and Yeh, 1999).

이같은 문제에 대한 해결방안으로서 다

양한 인공지능기법들이 제시되었는데, 그 중 사례기반 추론(case-based reasoning)은 사용자의 경험을 하나의 지식 집합체로 봄으로써 병목현상을 줄이며, 인간에 의한 문제해결과 유사한 추론과정을 거친다(Holt and Benwell, 1999). 이 방법은 전문가 시스템에서 사용하던 정형화된 규칙기반의 추론(rule-based reasoning)에 의해 해를 얻는 방법보다 비교적 단순하며, 특히 문제 영역이 잘 정형화되어 있지 않은 분야에 유용한 접근이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 사례기반 추론방법을 적용한 공간분석시스템을 개발하고 이를 택지개발사업시 토지이용계획 과정에 도입하여, 그 활용 가능성을 탐색해보고자 한다.

## 2. 지식기반 추론

### 2.1 규칙기반 추론시스템

규칙기반 추론시스템은 규칙으로 구성된 지식을 추론하는 기관을 가진 시스템이다. 이 규칙기반시스템은 지식의 획득(knowledge acquisition), 내부적 지식의 표현(knowledge representation), 저장된 지식의 탐색(search procedure), 저장된 지식으로부터 문제에 대한 해를 연역하기 위한 추론(reasoning mechanism) 등의 네 가지 요소

로 구성된다(Goodchild and Kemp, 1990).

규칙기반 추론시스템은 문제해결을 위한 영역의 지식이 적절히 추출되고 표현될 수 있다는 가정을 기초로 한다. 그러나 지식 추출을 위한 과정을 효과적으로 개발하기 위한 많은 노력에도 불구하고, 지식공학적 측면에서 앞서 설명한 지식의 획득 또는 병목의 문제가 존재한다. 이에 대해 Shi and Yeh(1999)는 도시계획 분야에 규칙기반 추론시스템을 적용함에 있어 발생하는 문제점을 지식 획득, 지식 표현, 시스템에 대한 계획가의 반응 등으로 나누어 설명하고 있다.

- 지식 획득: 규칙기반시스템은 문제가 명확히 한정되고, 인과관계가 잘 알려져 있고, 해결방법을 명확히 할 수 있다는 가정에 기초한다. 그러나 도시계획 문제의 복잡성, 개연성, 창조성 등으로 인해 이러한 가정이 적절치 않다.
- 지식 표현: 대부분의 규칙기반시스템의 지식은 전형적으로 <If-Then>구조로 표현되고, 제어 스키마(Control schema)는 경험적 규칙으로 구성되며, 풍부한 깊이우선 지식이 요구되며, 인과모형에 의해 표현된다. 그러나 도시계획 지식을 규칙이나 모형과 같은 엄격한 형태로 표현하는 것은 어려우며, 이들 지식이 특정 사례 중심적이기 때문에 일반적인 규칙을 추출하기 어렵다.
- 시스템에 대한 계획가의 반응: 계획분야는 결과에 대한 근거가 필요한 영역이지만 규칙기반시스템과 같은 접근은 결과의 이유에 대해 충분한 설명을 제공하지 못한다. 이러한 계획과정의 블랙박스적 접근방법을 불신하는 분위기

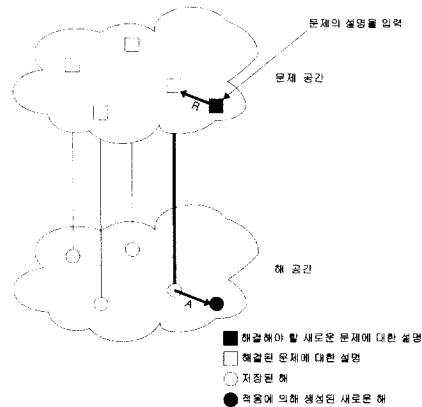
는 규칙기반시스템을 도시계획 분야에 적용함에 있어 장애가 되어왔다.

## 2.2 사례기반 추론시스템

사례기반 추론은 과거에 해결됐던 문제를 기반으로 현재의 문제를 해결하는 방법이다. 사례기반 추론은 '새로운 요구에 부응하기 위해 과거 해를 적용시키고, 새로운 상황을 설명하기 위해 과거 사례를 사용하고, 새로운 해를 평가하기 위해 과거 사례를 사용하거나 새로운 상황을 해석하거나 새로운 문제에 대한 유효한 해를 도출하기 위해 과거 사례로부터 추론하는 것이다'라고 정의된다(Kolodner, 1993).

사례기반 추론시스템의 추론과정은 4REs라는 순환 단계로 단순화하여 설명할 수 있다(Aamodt and Plaza, 1994).

- 가장 유사한 사례의 검색(REtrieve)
- 문제 해결을 위한 사례의 재사용(REuse)
- 필요시 제안된 해에 대한 보정(REvise)
- 새로운 사례로서 제안된 해를 보유(REtain)



[그림 1] 문제 공간과 해 공간(Watson, 1997)

사례기반 추론에서 사례(case)는 핵심 부분이다. 사례는 실세계 상황을 설명하는 문제 설명, 설명에서 언급된 문제로 인해 파생된 해결책 또는 상황에 대한 반응인 해, 그리고 해가 결정되었을 때의 상태인 결과 등으로 구성된다(Kolodner, 1993). (그림 1)과 같이 새로운 문제를 입력하면 가장 유사한 문제와 그에 대한 해를 찾게 되고(R), 필요하다면 새로운 문제의 해결을 위해 검색된 이전의 해를 적용시킨다(A)(Watson, 1997). 사례기반 추론은 문제의 해결과 해석에 적용할 수 있으며, 도시계획을 위한 지식기반 시스템의 적용 분야로 분류했던 해석, 진단과 처방, 설계와 계획, 감시와 규제, 지도 등의 분야에 적용이 가능하다(Shi and Yeh, 1999).

### 3. 사례기반 추론시스템의 모형화

본 연구에서는 사례기반 추론을 토지이용계획에 적용하기 위해 몇 가지 가정을 하고, 계획사례의 표현을 용이하게 하기 위해 Kattak and Kanafani(1996)가 제시한 계획벡터를 이용하여 사례를 표현했다. 그리고 계획사례의 유사도 측정, 적용과 학습, 해의 제시와 입지배분의 단계로 모형화 했다.

#### 3.1 추론을 위한 가정

<표 1>은 사례의 채택과 택지개발사업 시 토지이용계획을 위한 가정이다.

<표 1> 추론을 위한 가정

|  |
|--|
| <p>사례기반 추론을 위한 가정(Kolodner, 1993)</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 과거 사례를 바탕으로 문제를 해결하는 것은 이롭다; 사례에 기반해서 추론을 하는 것은 이롭다.</li> <li>· 문제에 대한 설명이 불완전하다; 문제에 대한 해석이 필요하다.</li> <li>· 어떠한 사례도 같지 않다; 새로운 문제 상황에서 과거의 사례를 적용할 경우정이 필요하다.</li> <li>· 환류(feedback) 및 환류를 분석하는 것은 이롭다.</li> </ul> |
| <p>택지개발사업의 토지이용계획 추론을 위한 가정</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사례의 문제 항목으로 대상지구의 특성을 파악할 수 있다; 문제 항목만으로 대상지구의 특성을 파악할 수 있다.</li> <li>· 대상지구에 필요한 용도는 이미 알려져 있다; 추론에 필요한 문제 항목을 한정한다.</li> <li>· 사례기반에 저장된 계획사례들은 결과에 대한 평가가 내려져 있다; 검색된 사례로부터 계획을 위한 대안이나 교훈을 이끌어내기 위함이다.</li> </ul> |

### 3.2 계획사례의 표현

택지개발사업 사례의 표현을 위해 토지공사의 준공사업지구편람(1981년~1995년)을 참고하여 <표 2>와 같이 사례의 구성요소를 선정했다. 그리고 <표 3>의 계획벡터를 이용하여 각 사례를 지역과 생활권으로 구분하여 조직화했다. 예를 들어 수도권 근린생활권의 경우 {근린생활권|수도권}과 같이 표현되며, 이같은 사례들은 다시 <표 2>의 문제설명 항목으로 설명된다.

<표 2> 사례의 구성요소

| 구성요소  | 항 목   |
|-------|---|
| 문제 설명 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도시현황 및 상위계획지표: 모 도시의 현황 및 각종 지표</li> <li>· 대상지 자연환경: 도심으로부터의 위치, 지형지세, 토질, 식생 등</li> <li>· 대상지 인문·사회환경: 대상지 내 지장물, 교통, 도시계획 등</li> </ul> |
| 해     | · 토지이용 면적배분, 토지이용 입지배분  |
| 결과    | · 계획에 대한 평가: 계획에 대한 성공적 부분이나 실패한 부분, 계획에 대한 사후평가 등  |

<표 3> 계획벡터

|      |   |
|------|---|
| 계획벡터 | $[PV_{ji}]^{UI^k PE^l SE^m} = \{PV_{ji}\}^{(UI_1, \dots, UI_k), (PE_1, \dots, PE_l), (SE_1, \dots, SE_m)}$ , $i$ 지역, $j$ 생활권<br>ex) $[PV_{211}] \in \{\text{근린생활권 수도권}\}^{(UI_1, \dots, UI_k), (PE_1, \dots, PE_l), (SE_1, \dots, SE_m)}$ |
| 설명자  | $UI_1^k$ <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도시현황 및 상위계획지표 설명자(Urban Indicator descriptor)</li> <li>- 인구증가율, 주택보급율, 도시개발방향, 도시계약조건 등을 설명하는 도시 현황 및 상위계획 지표 설명자를 표시</li> </ul>  |
|      | $PE_1^l$ <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상지 자연환경 설명자(Physical Environment descriptor)</li> <li>- 위치, 주변지역, 지형지세, 토질, 수계, 식생 등을 설명하는 대상지 자연환경 설명자를 표시</li> </ul>   |
|      | $SE_1^m$ <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대상지 인문·사회환경 설명자(Social Environment descriptor)</li> <li>- 토지이용, 지장물, 기존도로망, 공급처리시설 등을 설명하는 대상지 인문·사회환경 설명자를 표시</li> </ul>   |

### 3.3 계획사례의 유사도와 검색

#### 1) 사례의 유사도

유사도(similarity)는 완전한 일치와 완전한 불일치 사이에 존재하는 연속적 개념이다. 유사한 것은 공통된 특성을 지니는 반면, 불일치하는 것은 서로 다른 특성을 갖게 된다(Richter, 1999). 유사도를 측정하기 위한 척도로는 거리 개념이 주로 사용된다. 간단하게는 특정수준에서 과거의 사례가 현재의 사례와 부합할 때 유사하다고 말하며, 설명 수준(descriptor level)에서는 각 항목들간의 거리를 계산하여 유사도를 측정하게 된다(Khattak and Kanafani, 1996).

#### 2) 사례의 검색

유사한 사례를 검색하기 위해서는 사례가 부합하는지를 측정해서 가중치를 부여한 후, 사례에 서열을 부여하는 것이 필요하다. 사례의 검색방법 중 대표적인 것으로는 최근린 검색방법(nearest neighbor retrieval)과 귀납적 검색방법(inductive retrieval)

이 있다. 귀납적 검색은 검색하기 전에 색인을 부여해야 하기 때문에 많은 노력이 필요하다. 한편 최근린 검색은 모든 항목에 대해 유사도를 측정하기 때문에 처리시간이 많이 걸리는데 비해, 별도의 수고가 들지 않는 방법으로 적용이 용이하다 (Watson, 1997). 본 연구에서는 별도의 색인 항목을 선정하지 않는 최근린 검색방법을 적용해서 유사한 사례를 검색했다.

### 3.4 계획사례의 적응과 학습

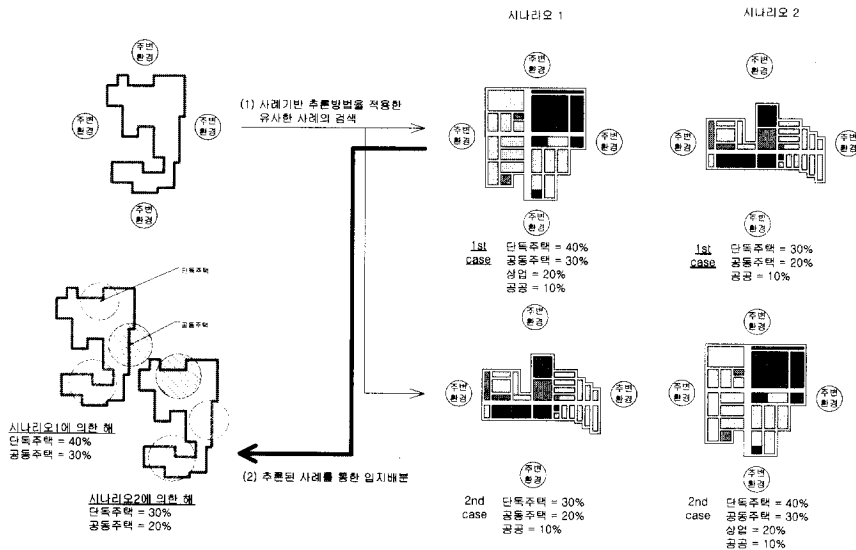
#### 1) 사례의 적응

사례기반 추론을 이용하여 문제를 해결할 때 과거의 해가 현재의 문제에 정확하게 해당하는 경우는 거의 없다. 따라서 과거 사례에 대한 해를 새로운 상황에 적절하도록 변형해야 한다. 이러한 과정은

적용이라고 하며, 두 단계를 거치게 된다. 즉, 제시된 유사한 과거 사례 해의 어떤 부분을 변형하여 적용시킬 것인가를 찾는 부분과, 실제로 적용을 위한 기법을 이용하는 단계이다(Slade, 1990; 예태곤, 1998).

#### 2) 사례의 학습

사례기반 추론시스템에서는 새로운 사례의 저장만으로도 학습 기능을 구현할 수 있으며, 이 때 저장된 새로운 사례는 또 다른 문제의 해결과정에 참조된다 (Kolodner, 1993; 예태곤, 1998). 한편 학습은 가중치의 변경으로도 가능하다. 이는 사례를 검색하고, 검색된 사례의 타당성에 따라 가중치를 재결정하는 일련의 행위를 학습에 의해 최적의 가중치를 찾는 과정으로 생각할 수 있기 때문이다.



[그림 2] 해의 제시 및 입지 배분

### 3.5 해의 제시 및 입지배분

대안을 생성한다(2).

해의 제시와 평가는 사례기반 추론에 의해 도출된 해를 제시하고, 이에 따라 입지배분을 실시하는 단계이다.

(그림 2)는 사례기반 추론에 의해 현재 조건에 가장 부합하는 과거 사례의 용도별 면적비율 및 토지이용 배분을 검토하고, 이를 현재의 문제에 적용하여 토지이용계획 대안을 생성하는 과정을 보여준다. 먼저, 각 시나리오에 의해 유사한 사례의 검색이 이뤄진다(1). 이같이 검색된 사례 중 가장 유사한 사례의 용도 배분 및 입지를 현재의 계획문제에 적용하여

## 4. 모의실험

### 4.1 사례기반의 구축

2000년 상반기까지의 택지개발지구 지정현황을 살펴보면 택지개발촉진법 시행 이후인 1981년부터 2000년까지 20년간 총 579지구(383.4km<sup>2</sup>)가 지정되었다. 본 연구에서 이 중 가장 많은 수의 택지개발사업을 시행한 토지공사의 사례를 대상으로 했다. 토지공사의 사례 중 자료구축이 가능한 준공사업지구 116개에 대해 <표 4>

<표 4> 사례기반의 구축

| 구성             | 구분       | 항목                 | 유형                 | 자료의 예                |                       |
|----------------|----------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 문제<br>설명       | 상위수준     | 지역                 | 문자                 | 수도권, 광역시, 기타         |                       |
|                |          | 하위수준               | 규모(면적)             | 숫자                   | 328,000m <sup>2</sup> |
|                |          |                    | 규모(인구)             | 숫자                   | 7,500                 |
|                | 규모(가구)   |                    | 숫자                 | 1,800                |                       |
|                | 설명<br>수준 | 도시현황 및<br>상위계획지표   | 인구증가율              | 숫자                   | 0.021                 |
|                |          |                    | 주택보급율              | 숫자                   | 0.023                 |
|                |          |                    | 위치(도심으로부터의)        | 숫자                   | 5,000m                |
|                |          | 대상지<br>자연환경        | *주변지역 <sup>a</sup> | 문자                   | 대학, 임야, 하천, 농지        |
|                |          |                    | *지형지세 <sup>b</sup> | 문자                   | 구릉, 완만, 남향            |
|                |          |                    | *수계 <sup>c</sup>   | 문자                   | 지구내 하천                |
| 대상지<br>인문·사회환경 |          | *토지이용 <sup>d</sup> | 문자                 | 주거                   |                       |
|                | 지장물(가옥수) | 문자                 | 100                |                      |                       |
| 해              | 용도배분     | 용도별 면적(단독주택)       | 숫자                 | 1,120m <sup>2</sup>  |                       |
|                |          | 용도별 면적(공동주택)       | 숫자                 | 22,100m <sup>2</sup> |                       |
|                |          | 용도별 면적(상업용지)       | 숫자                 | 2,130m <sup>2</sup>  |                       |
|                |          | 용도별 면적(공공시설용지)     | 숫자                 | 10,000m <sup>2</sup> |                       |
|                | 입지배분     | 토지이용               | 도면                 | 도면                   |                       |
| 결과             | 평가       | 결과에 대한 평가          | 문자                 | 사후평가 보고서             |                       |

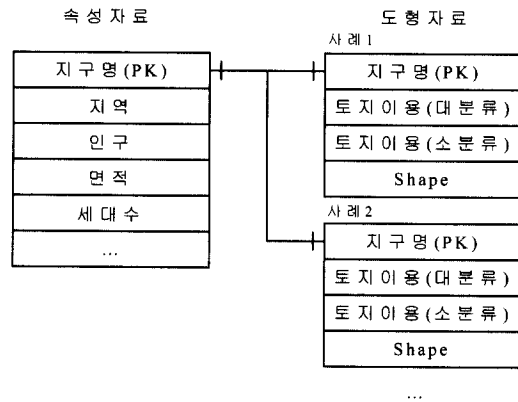
\* 원 자료를 일반화된 용어로 재 기술함.

- 주변지역: 기존사업구역, 도로, 해안, 녹지, 학교, 임야, 주택지, 공원, 군부대, 고속도로, 지장물, 철도, 공장, 매립지 등
- 지형지세: (구릉, 평지, 저지), (평탄, 완만, 급함), (동, 서, 남, 북, 북동, 북서, 남동, 남서)
- 수계: (지구내, 지구계, 지구외)+(농수로, 하천), 자연배수
- 토지이용: 주거, 녹지, 주거 및 녹지, 주거 및 상업, 녹지 및 공업, 녹지 및 상업

와 같이 사례기반 데이터베이스를 구축했다. 사례를 지역별로 살펴볼 때 수도권이 31개(51km<sup>2</sup>), 수도권을 제외한 광역시가 39개(22km<sup>2</sup>), 기타 지방지역 46개(20km<sup>2</sup>)의 지구가 포함되었다.

사례기반의 항목은 문제 설명, 해, 결과 부분 등으로 구성된다. 문제 설명 부분은 추론시스템 모델링에 도입했던 계획벡터 항목들이며, 해 부분은 문제 상황에 따른 용도 및 입지 배분이다. 마지막으로 결과 부분은 계획에 대한 평가<sup>1)</sup>로서 사후평가 및 분석 보고서, 주민 설문조사 결과, 기타 민원사례 등이 이에 해당된다. 또한 각 항목의 자료 유형은 문자, 숫자, 도면 등의 형태로 구성된다. 그 외의 정성적, 정량적 평가 항목들은 자료구득의 어려움으로 인해 연구에 포함시키지 못했다.

적인 추론기능 뿐만 아니라 공간 정보의 표현과 분석기능도 포함해야 한다. (그림 4)는 시스템의 자료 구조를 나타낸다. 사례의 속성(지구명, 지역, 인구, 면적 등) 뿐만 아니라 사례지구의 토지이용계획도가 도형자료로 저장된다.



[그림 4] 자료 구조

## 4.2 사례기반 추론 시스템의 개발

공간분석을 위한 사례기반 추론시스템 (그림 3)은 새로운 사례의 입력, 유사도 지표의 계산, 검색 및 서열 기능과 같은 일반

## 4.3 시나리오에 의한 모의실험

본 연구에서는 사례기반이 구축된 지구를 대상으로 모의실험과 분석을 실시했다. 시나리오는 사례항목의 가중치가 변경되었을 때 제시되는 해의 변화를 관찰하기 위해 가중치를 동일하게 두는 경우와 면적, 주변지역 항목의 가중치를 변경하는 경우로 나누어 실험했다. 시나리오별 가중치는 <표 5>와 같다. 각 시나리오의 진행 과정은 동일하므로 여기에서는 시나리오 2에 대한 실험 과정만을 설명하기로 한다.



<표 5> 시나리오에 의한 가중치 설정

| 구분            | 시나리오 1 | 시나리오 2 |     | 시나리오 3 |     |
|---------------|--------|--------|-----|--------|-----|
| 변경 항목         | 없음     | 면적     |     | 주변지역   |     |
| 증가율(%)        | ±0     | +25    | +50 | +25    | +50 |
| 면적            | 1      | 2.25   | 4.5 | 1      | 1   |
| 인구 및 가구       | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 인구증가율 및 주택보급율 | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 위치            | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 주변지역          | 1      | 1      | 1   | 2.25   | 4.5 |
| 지형지세          | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 수계            | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 토지이용          | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |
| 지장물           | 1      | 1      | 1   | 1      | 1   |

단, 인구증가율과 주택보급율의 경우는 상관되어 있기 때문에 다른 항목 가중치의 1/2로 설정

### 1) 유사한 사례의 검색

사례기반에 저장되어 있는 116개의 사례 중 남양주 창현지구를 현재의 계획 문제로 설정하여 검색했을 때, 가중치가 동

일한 경우 청주 봉명2지구(0.67)와 논산 강산지구(0.67)가 가장 유사한 사례로 검색되었으며, 면적 항목에 25%의 가중치를 주는 경우 논산 강산지구(0.71)와 대구 안심지구(0.69)가 검색되었다. 다시 50%의 가중치를 적용했을 때, 논산 강산지구(0.76)와 대구 안심지구(0.73)가 검색되었다. 검색된 사례 중 청주 봉명2지구와 대구 안심지구는 남양주 창현지구와 규모면에서 차이가 있으며, 논산 강산지구는 규모면에서는 비슷하나 주변환경의 유사성은 비교적 적게 나타났다<표 6>.

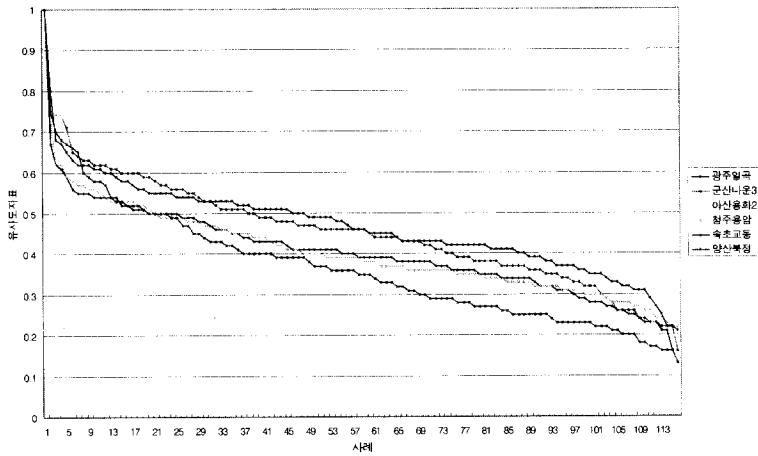
### 2) 용도별 입지배분

여기에서는 면적 항목의 가중치만을 변경했을 때 제시되는 대안을 살펴보았다. 남양주 창현에 대해 가중치 없이 검색했을 때 청주 봉명2지구, 논산 강산지구 순으로 유사한 사례가 제시되었다. 가장 유사한 청주 봉명2지구의 토지이용은 서, 북, 동, 남쪽 순으로 각각 공동주택용지,

<표 6> 시나리오2에 의해 검색된 유사도 지표

| 가중치        | 지구     | 구분   | 면적   | 인구   | 가구   | 인구 증가율 | 주택 보급율 | 위치   | 주변 지역 | 지형 지세 | 수계   | 토지 이용 | 지장물  | 유사도 지표 |
|------------|--------|------|------|------|------|--------|--------|------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| 0% (1)     | 청주 봉명2 | 0.00 | 0.78 | 0.27 | 0.26 | 0.47   | 0.49   | 1.00 | 0.00  | 0.00  | 1.00 | 1.00  | 0.78 | 0.67   |
|            | 논산 강산  | 0.00 | 0.99 | 0.47 | 0.47 | 0.18   | 0.42   | 1.00 | 0.50  | 0.00  | 1.00 | 0.00  | 1.00 | 0.67   |
| 25% (2.25) | 논산 강산  | 0.00 | 2.23 | 0.47 | 0.47 | 0.18   | 0.42   | 1.00 | 0.50  | 0.00  | 1.00 | 0.00  | 1.00 | 0.71   |
|            | 대구 안심  | 0.00 | 1.96 | 0.39 | 0.39 | 0.28   | 0.47   | 0.21 | 0.50  | 0.00  | 1.00 | 1.00  | 0.92 | 0.69   |
| 50% (4.5)  | 논산 강산  | 0.00 | 4.47 | 0.47 | 0.47 | 0.18   | 0.42   | 1.00 | 0.50  | 0.00  | 1.00 | 0.00  | 1.00 | 0.76   |
|            | 대구 안심  | 0.00 | 3.92 | 0.39 | 0.39 | 0.28   | 0.47   | 0.21 | 0.50  | 0.00  | 1.00 | 1.00  | 0.92 | 0.73   |

오규식 · 최준영



[그림 6] 유사도 지표의 비교

공동주택용지, 단독주택용지, 공동주택용지가 배분된다. 가중치를 25% 증가시키면 논산 강산지구가 가장 유사한 사례로 분석되는데, 서, 북, 동, 남쪽 순으로 각각 공동주택용지, 단독주택용지, 단독주택용지, 공공시설용지가 배분된다.

#### 4.4 모의실험 결과 분석

##### 1) 유사도 지표

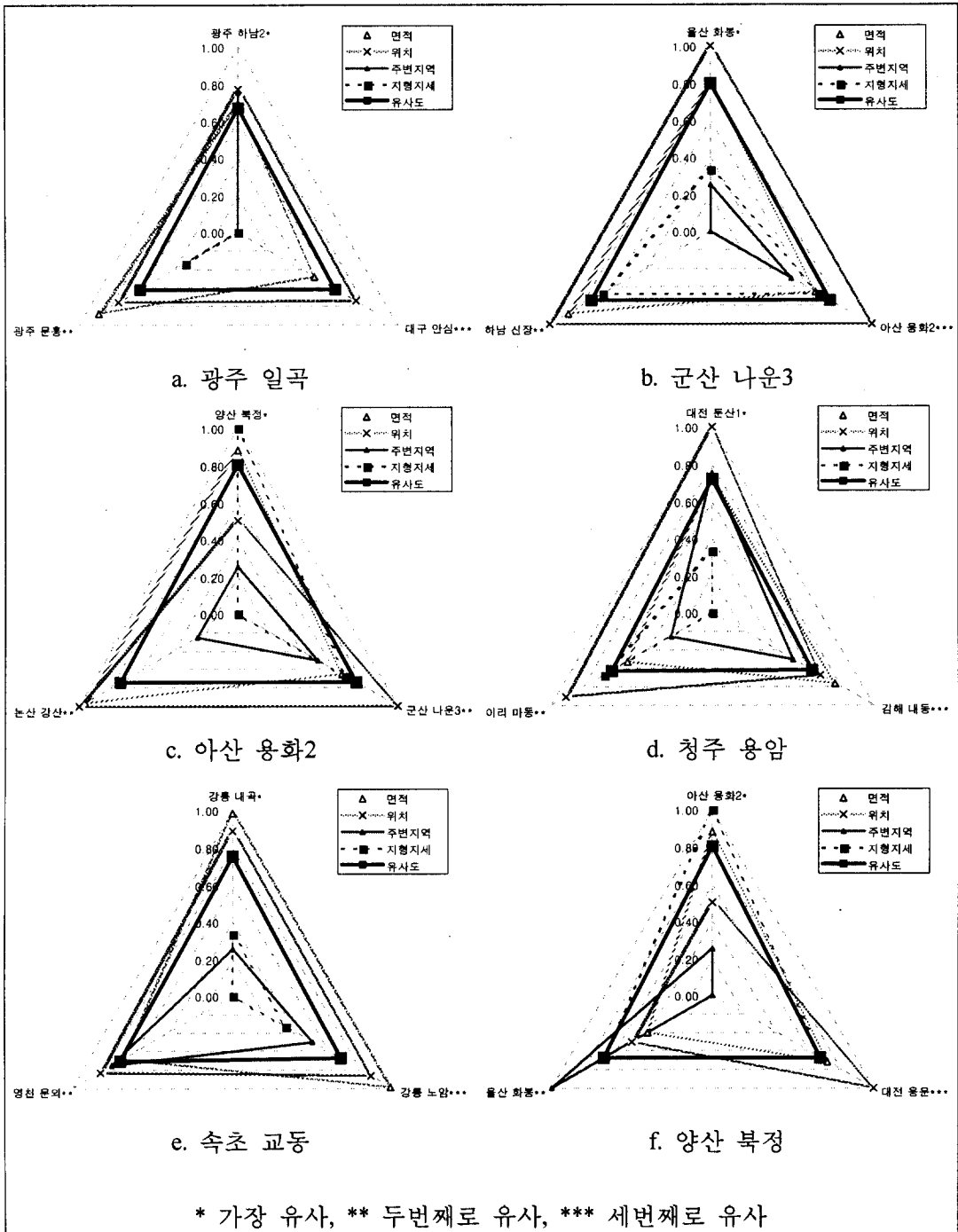
사례기반내 6개 사례를 임의로 추출하여 실험 결과를 검토했다. (그림 6)는 각 문제 사례에 대해 추론된 유사한 사례를 유사도가 큰 순서로 나열한 것이다. 각 문제 사례에 대해 가장 유사한 사례의 유사도는 0.6내지 0.7로서 매우 높지는 않았다.

##### 2) 항목별 유사도

위에서 검토한 유사도를 보다 상세히 살펴보기 위해 사례기반 항목 중 면적, 위치, 주변지역, 지형지세 각각에 대한 유

사도를 분석했다. (그림 7)은 6개 사례에 대해 유사하다고 추론된 상위 3개 사례의 숫자항목(면적, 위치)과 문자항목(주변지역, 지형지세)의 유사도 및 전체 유사도를 방사형 그래프로 표현한 것이다. 삼각형의 각 모서리는 가장 유사한 상위 3개의 사례지구들이며, 굵은 선은 전체 유사도 지표를, 나머지 선들은 각 항목의 유사도를 나타낸다.

광주 일곡지구를 현재 문제로 설정했을 때 가장 유사한 상위 세 개의 사례로서 광주 하남2지구, 광주 문흥지구, 대구 안심지구가 추출되었다(그림 7a). 광주 하남2지구의 경우 개별 항목이 고른 유사도를 보이고 있으나 지형지세 측면에서는 부합하지 않고 있다. 군산 나운3지구에 대해 울산 화봉지구, 하남 신장지구, 아산 용화2지구가 유사한 사례로 추출되었으며, 하남 신장지구가 주변지역 측면에서 부합하지 않음을 알 수 있다(그림 7b). 아산 용화2지구에 대해 양산 북정지구, 논산 강산지구, 군산 나운3지구가 추출되었고, 논산



[그림 7] 항목별 유사도

강산지구의 경우 지형지세가 문제 사례와 부합하지 않고 있다(그림 7c). 청주 용암지구를 현재 문제로 설정했을 때 대전 둔산1지구, 이리 마동지구, 김해 내외지구가 유사 사례로 제시되었으며, 김해 내동지구가 주변지역 측면에서 부합하지 않고 있다(그림 7d). 속초 교동지구에 대해 강릉 내곡지구, 영천 문외지구, 강릉 노암지구가 추출되었고, 영천 문외지구의 경우 지형지세 측면이 문제 사례와 부합하지 않는다(그림 7e). 양산 북정지구에 대해 아산 용화2지구, 울산 화봉지구, 대전 둔산지구가 유사 사례로 제시되었으며, 대전 용운지구의 경우 주변지역 상황에서 부합하지 않음을 보여주고 있다(그림 7f).

전체적으로 살펴볼 때 숫자항목(면적, 위치)이 고른 유사도를 보이는 것에 비해 문자항목(주변지역, 지형지세)의 유사도가 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 제언

본 연구는 사례기반 추론방법을 공간문제를 해결하는 도시계획 분야에 적용하기 위한 가능성을 살펴보았다. 이를 위해 택지개발사업을 대상으로 추론단계별 알고리즘을 모형화하고 이를 토지이용계획 과정에 적용했다.

시나리오에 의한 실험결과, 사례 구성요소의 가중치 변경에 따라 제시되는 해가 다르게 제시됨을 알 수 있었다. 이는 본 연구에서 개발된 시스템이 계획가의 의사결정을 지원할 수 있음을 보여주는 것이 예라고 할 것이다.

다만 현재 계획문제에 가장 부합하는 과거 사례의 유사도가 0.6에서 0.7 사이로 매우 높지는 않았으며, 항목별 유사도의 경우 문자로 표현되는 항목의 유사도가 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 주로 자료의 획일성 또는 부재에서 기인한다. 즉 사례기반 추론방법을 적용하기 위해서는 충분한 양의, 건전한 내용의 사례가 필수적인데, 본 연구에서 사용한 사례는 양적, 질적 측면에서 다소 한계를 지닌다. 그러나 보다 많은 양질의 정보가 축적될 수 있다면 사례기반 추론방법은 계획과정의 경험지식을 효과적으로 추론하여 추후의 계획에 교훈을 제시할 수 있는 유용한 도구가 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 택지개발사업의 토지이용계획을 하나의 전체 사례로 보고 추론하였으나, 인간에 의한 문제해결 과정에 보다 가깝게 접근하기 위해서는 계획과정 부분별로 추론할 수 있는 다중추론방법의 도입에 대한 연구가 향후 계속되어야 할 것이다. 무엇보다도 중요한 것은 Watson (1999)이 지적한 바와 같이 사례기반 추론을 하나의 기법(Technology)이 아니라 방법론(Methodology)으로 인식하는 것이다.

## 주

- 1) 사례기반 추론은 성공한 사례뿐만 아니라 실패한 사례로부터도 교훈을 얻기 때문에 유사 사례의 검색에 앞서 기존 사례에 대한 평가가 우선적으로 필요하다. 이는 사례기반 추론의 가장 중요한 부분

이나 본 연구에서는 자료미비로 인해 일부 지구에 국한된 사후평가, 주민 설문조사 등의 결과를 참고할 수밖에 없었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 류중석, 1993, "도시계획 및 설계에 있어서 도시정보시스템의 역할과 신기술의 활용전망 : 계획 및 설계과정과의 연관성을 중심으로", 국토정보
- 2) 예태곤, 1998, "사례기반 건설안전 관리시스템의 추론 모형", 서울대 석사학위논문
- 3) 한국토지공사, 1990~1998, "준공사업지구 편람 : I~XI"
- 4) Goodchild, M. F. and K. K. Kemp, eds, 1990, NCGIA Core Curriculum in GIS, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara
- 5) Holt, A. and G. L. Benwell, 1999, "Applying case-based reasoning techniques in GIS", INT. J. GIS 13(1):9-25
- 6) Khattak, A. and A. Kanafani, 1996, "Case-based reasoning: A planning tool for intelligent transportation systems", Transportation Research Part C : Emerging Technologies 4(5):267-288
- 7) Kolodner, J., 1993, "Case-based reasoning", CA: Morgan Kaufmann
- 8) Richter, M., 1999, "Case based reasoning technology: 1. From foundations to applications, Lecture Note in Artificial Intelligence", Heidelberg: Springer Berlarg
- 9) Shi, X. and A. G. O. Yeh., 1999, "Applying case-based reasoning to urban planning: A new planning-support system tool", Environment and Planning B: planning and design 26:105-115
- 10) Shi, X. and A. G. O. Yeh., 1999, "The integration of case-based systems and GIS in development control", Environment and Planning B: planning and design 26:345-364
- 11) Slade, S., 1990, "Case-based reasoning: A research paradigm", AI magazine, AAAI:42-55
- 12) Watson, I., 1997, "Applying case-based reasoning: Techniques for enterprise systems", CA: Morgan Kaufmann
- 13) Watson, I., 1999, "Case-based reasoning is a methodology not a technology", Knowledge Based Systems 12(5-6):303-308