

GIS기반 최적공간선정을 위한 시스템론적 접근

System Theory Approach for Decision Making of GIS-based Optimum Allocation

오상영
경주대학교 경영학부

Sang-Young Oh(culture@cju.ac.kr)

요약

정보기술 발전과 함께 GIS(geographical information system) 기술이 빠르게 발전하면서 GIS를 이용한 공간분석(spatial analysis)에 관한 수요가 증대되고 있다. 특히 GIS의 일반기술에 관한 연구보다 GIS를 이용한 공간분석연구가 많아지면서 이를 다양하게 응용하여 활용하고 있다. 그러나 대부분의 GIS연구는 밀도기반 군집화 방식인 DBSCAN 또는 개개의 데이터에 가중치를 부여하여 군집화한 DBSCAN-W 등 공간적 현상을 다루고 있으며 시간차원의 합리적 의사결정의 중요성은 간과되고 있다.

본 연구에서는 이와 같이 GIS를 기반으로 한 최적 공간선정을 위해 시간차원의 도입을 위해 시스템 다이내믹스(system dynamics)이론을 접목하여 접근할 수 있는 방법을 제공하고자 한다.

■ 중심어 : □공간분석□시스템다이내믹스□DBSCAN□GIS□

Abstract

As information technologies are improving, geographical information system (GIS) technologies are also developing rapidly and demands for spatial analysis with GIS are increasing. Particularly, the spatial analyses with GIS researches have been noted rather than general GIS researches. However, most GIS researches focus on space dimension: a density-based clustering method (DBSCAN) or a DBSCAN algorithm using region expressed as Weight (DBSCAN-W) but the importance of rational decision making based on time dimension has been neglected.

This study adopts system dynamics in order to put time dimension in GIS-based optimum allocation.

■ keyword : □Spatial Analysis□System Dynamics□Optimum Allocation□Geographical Information System□

1. 서론

정보기술의 발달과 함께 지리정보체계(geographical information system, GIS) 기술도 빠르게 발전하고 있으며, GIS일반 기술을 응용한 연구도 활발해지고 있다. 특히 정부 또는 기업 등 조직에서 주요시설의 입지선정을 위해 GIS의 다양한 공간자료(spatial data)를 분석하여

활용하고 있다. 또한 정보통신 기술과 인터넷 활용이 급속히 확산됨에 따라 기관, 기업뿐만 아니라 일반인에게도 여러 유형의 GIS정보가 제공되고, 이를 통해 상권분석, 노선분석, 입지선정, 투자지역, 군사용 최적방어지역 선정[3] 또는 공공시설용 입지 공간 선정 등 복잡한 공간 문제의 해결을 위해 활용되고 있다. 이러한 입지선정으로 위해서는 많은 요인들이 복합적으로 고려되게 마련인

접수번호 : #080927-002
접수일자 : 2008년 09월 27일

심사완료일 : 2008년 12월 07일
교신저자 : 오상영, e-mail : culture@cju.ac.kr

데 Bunn & Wright[13]는 통계적 선형 모형 및 혼합적 판단(adjusted judgement)의 상호비교를 하였다.

그러나 기존 연구 대부분의 GIS연구는 밀도기반 군집화 방식(a density-based clustering method)인 DBSCAN 또는 개개의 데이터에 가중치를 부여하여 군집화한 DBSCAN-W(a DBSCAN algorithm using region expressed as Weight) 등 공간적 현상을 다루고 있으며 시간차원의 합리적 의사결정의 중요성은 간과되고 있다. 그러나 B. C. Kim, K. H. Ryou[12]의 연구에서는 최적 입지 선정 요인의 하나인 변수를 기준으로 영향력(influence)을 고려한 DBSCAN-I(a DBSCAN algorithm using region expressed as influence)를 제안하기도 하였다. 그러나 이러한 연구들이 좀 더 현실적인 공간분석 방법론의 정립을 요구한다면 시간적 흐름에 따라 변화하는 동태적 현상을 담고 있는 공간적, 시간적 융합 형태의 시스템론적 접근방법이 필요하다. 본 연구에서는 이와 같이 GIS를 기반으로 한 최적 공간선정을 위해 시간차원의 도입의 필요성에 따라 시스템 다이내믹스(system dynamics)이론[20]을 접목하여 접근할 수 있는 방법을 제공하고자 한다.

II. 이론 연구

1. GIS 기반의 일반적 이론

GIS의 자료처리 및 분석능력은 지리학의 많은 문제점을 해결하면서 태동하였다. 특히 입지연구(location studies) 분야에서 현실적인 문제의 해결에 폭넓게 이용되면서 그 중요성이 강화되었다[23].

GIS의 영향을 많이 받은 분야는 1980년대 말 적지분석(site analysis) 형태로 쓰레기 매립장의 부지 선정[4][11], 화력발전소의 입지선정[15], 최적경로 선정연구[1], 도시계획[19][27], 환경계획 및 영향평가[8], 도시 내 자유공간의 연구[6] 등 다양하게 연구되었다. GIS가 군사적으로 이용되는 대표적인 분야는 가시계 분석(visibility analysis)연구[7][10] 등이 있다.

공간데이터에 대한 연구는 1993년 이후 연구의 비중이 크게 증가하였다. 세계적으로 1993년을 기점으로 공간

분석을 위한 GIS의 활용이 보편화되는 시기임을 알 수 있다. 또한 1998년부터는 GIS신기술 발달과 GIS를 도입한 후발국가에서의 연구 활동의 영향으로 GIS일반기술에 대한 연구도 상당히 증가한 것으로 나타났다[9].

공간데이터의 일반적인 이론의 대표적인 연구는 Egenhofer[22], Guting[24], Maguire, Goodchild & Rhind[14]의 연구에서 나타났으며, Lu, Han & Ooi[28]은 속성 기반 유도를 이용한 일반화 기반 공간 데이터 마이닝(Data Mining)방식을 제안했으며, Ester, Kriegel & Sander[21]는 지리 공간 데이터 마이닝(geographic spatial data mining)을 위한 공간 데이터 마이닝 방법을 연구하였다. 또한 Miller & Han[18]은 공간 객체를 분석하는 지리 데이터 마이닝과 지식 발견을 위한 연구를 하였다.

2. DBSCAN 및 DBSCAN-W 이론

Ester, Kriegel & Sander[21]는 밀도 기반 군집화 방식(a density-based clustering method)인 DBSCAN의 연구 결과를 통해 모든 객체들은 위치 속성을 갖는 것을 알아내고 DBSCAN(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 알고리즘을 제안하였다. 또한 김호숙 외[5]는 밀도 기반 공간 클러스터링 알고리즘에 가중치(weight)를 고려하기 위해서 기존의 DBSCAN을 확장한 DBSCAN-W(a DBSCAN algorithm using region expressed as weight)를 제안했다. 이 연구의 특징은 DBSCAN에서 모든 객체들은 위치 속성만을 갖는 점(pixels)으로 표현되고 각 점들이 갖는 중요도가 고려되지 않는 것에 대해 DBSCAN-W는 각 대상물의 위치와 같이 공간속성 뿐 아니라 비공간(non-spatial) 속성을 고려한 것이다.

DBSCAN은 데이터 클러스터 내외의 밀도 차이에 따라 클러스터와 잡음을 정형화하였다[25]. 그리고 DBSCAN-W는 DBSCAN이 고려하지 못한 각 점들의 중요도에 대한 보안을 위해 가중치를 고려하였다. 그러나 객체가 갖는 가중치가 아무리 크더라도 주변에 있는 이웃의 수가 적으면 소용이 없게 된다[26]. 이에 B. C. Kim, K. H. Ryou[12]가 연구한 DBSCAN-I 이론은 가중 값이 큰 객체들의 경우 주변 이웃의 수가 비록 적더라도 클러

스터에 포함될 수 있도록 하는 방안을 제시하였다.

3. DBSCAN-I 알고리즘

DBSCAN-I(a DBSCAN algorithm using region expressed as influence)은 객체가 갖는 여러 속성(feature)들을 영향력(influence) 값으로 변환하여, 어느 한 점이 이웃(neighborhood)의 수에 의해 중심 객체(core object) 여부가 결정되는 DBSCAN과 DBSCAN-W 알고리즘을 보완한 것으로 이웃 객체의 수는 적더라도 이웃들의 영향력의 합이 인자로 주어지는 최소 영향력 이상이라면 그 점을 중심 객체(core object)가 되게 하는 것이다[12].

이 연구의 시사점은 첫째, 모든 객체는 해당 응용시스템에서 그 객체가 갖는 영향력에 따라서 서로 다른 크기로 표현되는 영역을 갖는 것이다. [그림 1]에서 원의 중심 좌표 값은 공간상의 객체(P, V, T 등의) 위치 좌표이고, 반지름(rp,q)은 영향력 값으로, 여러 비공간 속성 값에 의해 계산되는 것이다.

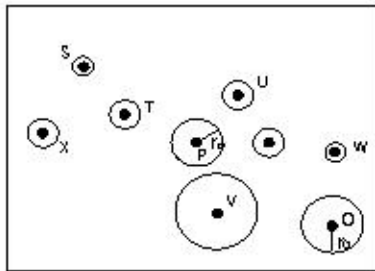


그림 1. 영향력(influence) 반영

둘째, 어떠한 객체를 중심으로 반경 이내의 이웃 객체의 수와 각 객체의 이웃들의 영향력의 합을 계산하여 중심객체(core objects)를 선정한다.

셋째, 밀도 연결된 점들의 최대 집합으로서 객체의 클러스터가 될 수 있는 조건을 제시하였다.

제시된 연구의 중요한 시사점은 주요 객체에 의한 클러스터뿐만 아니라 주요한 영향력을 갖는 비공간 속성값의 중요성이 대두된 것이다. 따라서 비공간 속성 값에 대한 연구가 진행되어야 한다는 과제를 남기게 된 것이다. 그러나 연구의 중심 객체의 조건으로 이웃의 수가 4이상

또는 이웃의 영향력 값의 합이 30 이상인 경우로 설정하는 등의 사용된 임계값은 임의적 실험을 위한 수치일 뿐 논리적으로 도출된 수치가 아닌 약점도 함유하고 있다.

4. 시스템다이내믹스 이론

시스템(system)에 대한 이해는 구조(structure)에 대한 이해와 행태(behavior)에 대한 이해로 구성된다. 시스템의 구조는 어떠한 행태를 발생시키고, 시스템의 행태는 시스템 구조를 어떻게 변화시키는지를 이해함으로써 시스템의 이해에 대한 완성을 이룰 수 있다. 구조를 지칭하는 시스템과 동태적인 행태를 지칭하는 다이내믹스가 통합되어 '시스템 다이내믹스(system dynamics)'가 태동되었다고 할 수 있다. 따라서 시스템 다이내믹스는 시스템의 구조와 시스템의 행태간의 상호 관련성을 연구하는 학문체계로 인과관계를 추론하는 모델을 생성시킬 수 있게 되었다. 특히 시스템 다이내믹스가 동태적 행태의 정의는 시스템 현상의 간결하게 표현 할 수 있어 시스템을 통제하고, 관리하는 정책 및 의사결정을 지원하는 중요한 기능이 포함하고 있어 학문적 위상이 점점 높아지고 있다.

그 동안 입지분석 및 평가는 일반적으로 정성적 또는 정량적 평가 형태를 띠고, 동태적인 구조보다 정태적 구조의 시각으로 이루어져왔다. 즉, 원인과 결과는 일방향적인 관계로만 파악되었으며, 변수간의 영향력의 크기는 시간의 흐름에 따라 변화하지 않는 시각에 입각하여 평가가 수행되었다. 그러나 이러한 단선적·정태적 평가 시각의 한계를 극복하기 위해서는 시스템 사고(system thinking)가 도입되어야 한다. 시스템 사고에서 강조하는 것은 시스템의 변화를 주도하는 요인들의 상대적 중요성이 지속적으로 변한다는 것이다. 따라서 시스템 사고에서는 이러한 요인 간의 동태적 원인을 찾게 되는데 이를 인과순환적 피드백구조(feedback structure)라고 한다. 피드백구조는 인과관계의 순환 고리를 의미하는데 단기적 변화의 설명보다는 장기적인 변수간의 상호작용에 대한 규명을 하는데 있다[13].

이러한 시스템 다이내믹스의 방법론으로 시스템 사고가 필요하였으며, 시스템다이내믹스의 연구 방법으로 활용된 인과지도(causal map)는 컴퓨터 시뮬레이션 모델

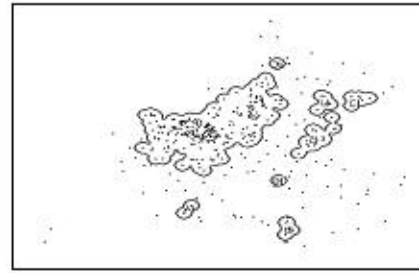
을 수행하기 전에 모델의 대상이 되는 시스템의 구조적 특성을 체계적으로 분석하는 방법론으로써 사용되어 왔다[16]. 이후 인과지도는 정책분석을 통한 정책개발에 많이 활용되었다.

III. DBSCAN-I 실증 연구와 보완필요성

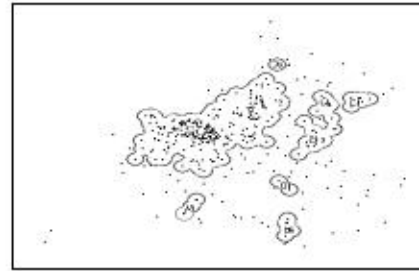
DBSCAN-I 알고리즘의 적정입지 선정 이론의 적용을 위해 B. C. Kim, K. H. Ryou[17]는 청주시에 소재한 제조업체 412개 기업(2004. 12. 기준)에 대한 데이터를 분석하였다. 연구를 위하여 청주시내 제조업체의 종업원을 위한 스포츠 시설을 제공하든지, 특정 이동통신사에서 소형 지역 기지국 안테나를 설치하기 위하여 적합한 위치를 선정하고자 하는 상황을 가정하여 연구하였다. 이때 주요 객체 요인으로 기업의 수와 종업원의 수로 한정하였다. 연구에서 영향력에 대해 종업원 수를 설정한 것은 스포츠센터를 이용하는 객체로서 가장 중요한 요인이기 때문이다.

연구의 결과는 [그림 2]는 각 알고리즘별 수행 결과로 [그림 2(a)]와 [그림 2(b)]는 Eps=20, MinPts=4에서 수행하였으며, [그림 2(c)]는 Eps=20, MinPts=4, MinWt=70에서 수행하였다. 기준 값의 차이는 연구자의 결과의 정확도에 대한 기대치에 따라 가변적이다. 결과적으로 [그림 2(a)] DBSCAN은 7개, [그림 2(b)] DBSCAN-W는 6개, 그리고 [그림 2(c)] DBSCAN-I는 공단 인접 지역이 공단 클러스터에 포함되었으나, 일정 거리가 있으므로 이 부분도 별도의 클러스터로 보아 7개의 클러스터로 나타났다.

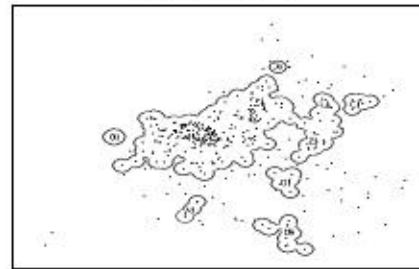
그러나 DBSCAN-I의 연구에서 문제점으로 제기될 수 있는 점은 주요한 객체로 사용된 종업원 수는 시간적으로 언제든지 변화될 수는 한계점을 가지고 있다. 그러한 점이 보완되지 않는다면 DBSCAN-W의 일례를 보인 수준에 불과할 수 있는 견지를 피할 수 없다. 따라서 종업원 수의 변화 가능성이 예측되고, 시간에 따라 주요 요인의 변화를 예측하여야 한다. 따라서 시스템 다이내믹스를 접목한 연구의 보완이 필요하다.



(a) DBSCAN



(b) DBSCAN-W



(c) DBSCAN-I

그림 2. 클러스터링 결과

IV. 시스템 다이내믹스 이론 적용

DBSCAN-I이 DBSCAN-W의 단점을 보완하고자 했지만 기업 및 종업원 수의 변화에 따른 입지 조건이 향후 변화될 것을 고려해야 하는 보완점을 안고 있음을 알았다. 따라서 시스템 다이내믹스의 모형을 정립하여 시스템적 측면에서 동태적 인과관계를 연구하고자 한다.

시스템 다이내믹스의 가장 중요한 이론의 하나는 인과관계의 규명이다. 스포츠센터를 이용해야 할 종업원의 수가 가변적이라면 가변적 원인을 찾아내야 하는 것이다. 김도훈 외[18]는 [그림 3]에서 보는 바와 같이 연구대

상 시스템 내의 주요 인자 간의 기본적인 인과관계를 단순히 +, - 부호와 화살표를 이용하여 나타낸다. 인과관계도의 각 화살표 끝 부분에는+ 또는 - 부호가 표시되어 어떤 변수의 변화가 다른 변수의 변화에 양의 효과(+)를 미치는가 또는 음의 효과(-)로 작용하는가에 따라 결정되어진다. 그림에서 인구수는 인구, 사망, 인구와 인구, 출생, 인구로 이어지는 피드백루프(feedback loop)로 구성된다. 이러한 피드백은 단 한 번으로 끝나는 것이 아니라 시간이 흐름에 따라 계속해서 이루어진다.

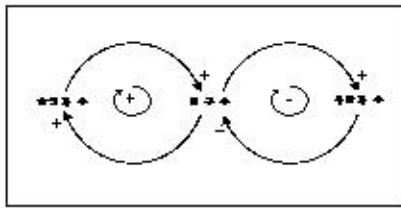


그림 3. 인과관계도

그러나 이러한 인과관계도 만으로는 복잡한 시스템의 흐름이나 변수들 간의 구체적인 작용관계를 완전히 파악할 수는 없다. 따라서 연구 대상 시스템 내의 변수 간 정보의 흐름을 구체화하기 위해 시스템 흐름도(flow diagram)를 작성한다. 시스템 흐름도는 시스템의 상태를 나타내는 수준변수들과 상태의 변화에 직접적으로 영향을 미치는 증감변수들이 어떠한 형태로 상호 연계되어 시스템 내 물량의 흐름과 정보밍에 대한 환류 및 순환과정을 나타낸다. [그림 4]는 연구 대상 지역 기업에 근무하는 종업원의 수의 변화를 예측하기 위한 시스템 흐름도이다. 그림에서 사각형으로 표현된 종업원 수는 수준변수이고, 엘브 형태의 취업자 수와 퇴직자 수는 증감 변수이며, 마름모의 취업률과 사망률은 상수이다.

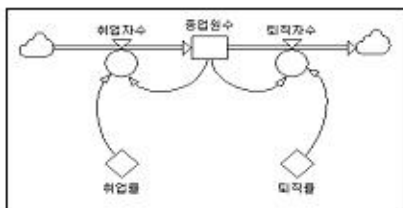


그림 4. 시스템흐름도

다음으로 시스템 흐름도를 통해 구체적으로 짜여진 모형의 개념적 구조를 방정식 형태로 변환하는 과정이 필요하다. 이를 모형 정립이라 할 수 있는데 시스템 다이내믹스 모형은 다이나모, 스텔라 등을 이용하여 프로그래밍하는데 [그림 4]에서 설명한 종업원 수의 변화에 관한 동태모형은 [그림 5]와 같이 프로그래밍 할 수 있다. [그림 5]의 첫 라인의 수식은 스텔라에 의해 자동으로 생성되는 수식으로 “현재의 종업원 수 = 이전의 종업원 수 + (시간진행단위) \times (시간 진행 단위당 취업자 수-퇴직자 수)”로 시간의 진행에 따른 종업원 수의 변화를 예측할 수 있게 된다.

```
emp(t)=emp(t-dt)+(work-ret)*dt
INIT emp=100000
work=emp*workrate
workrate=0.005
ret=ret*retrate
retrate=0.002
```

그림 5. 종업원 수의 동태모형 프로그래밍

이렇게 하여 시간차원의 시스템 다이내믹스의 모형을 완성하고, 공간차원의 시스템 다이내믹스 모형을 도출하고자 한다면 [그림 6]과 같은 모형으로 확대하여야 한다.

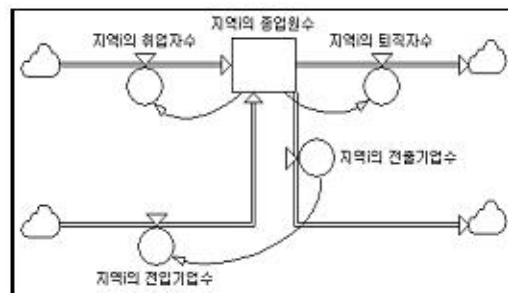


그림 6. 공간변수를 도입한 시스템다이내믹스 모형

이와 같은 방법으로 시스템 다이내믹스의 기법을 시간과 공간의 통합 모형을 만들면 시공간 통합 차원의 의사결정 모형을 만들 수 있다. 이 두 기법은 연계하기 시스템 다이내믹스의 모형 속의 각종 변수를 시간(t)에 대한 변수로 $x(t)$ 만 한정하지 말고 시간과 공간(s)에 대한 변

수($x(t,s)$)로 그 영역을 확장하면 된다. 이 때 공간의 단위는 연구자가 임의로 확대 또는 축소할 수 있다. 그러나 공간의 단위가 크면 작업은 간편하나 분석 내용이 상세해지지 못하고, 작게 나누면 분석내용은 상세하나 자료 취득이 어렵다. 따라서 연계모형에서는 목적과 비용을 종합적으로 고려하여 공간단위 결정을 하여야 한다.

V. 결 론

최근 GIS 기술이 빠르게 발전하면서 GIS를 이용한 공간분석을 이용한 각종 연구가 진행됨에 따라 이에 관한 수요가 증대되고 있다. 특히 GIS를 이용한 공간분석연구가 많아지면서 이를 다양하게 응용하여 활용하고자 하는 시도가 증대되고 있다. 그러나 기존 연구의 밀도기반 군집화 방식인 DBSCAN 또는 개개의 데이터에 가중치를 부여하여 군집화한 DBSCAN-W 등 공간적 현상을 다루고 있으며 시간차원의 합리적 의사결정의 중요성은 간과되어 연구되었다.

따라서 본 연구에서는 이러한 GIS연구에 대한 기존 이론의 연구를 토대로 시스템다이내믹스의 이론을 접목한 시간의 흐름에 따른 요인의 중요도 변화 등의 연관성에 대한 중요성을 연구하고자 하였다.

공간 클러스터링(spatial clustering)은 공간 데이터베이스 내에서 객체간의 거리, 연결성, 밀도를 기반으로 유사한 객체 들을 그룹화하고, 공간 클러스터링에 가중치를 고려하여 변형된 알고리즘이 제안되었다. 이에 더하여 영향력을 고려한 클러스터링을 위한 알고리즘인 DBSCAN-I이 제안되었지만 비공간 속성에 대한 예측이 어려워 실증적 분석에 한계가 있었다. 그러나 시스템다이내믹스의 모형을 이용하여 시간차원과 공간차원의 비공간 속성의 변화를 예측할 수 있는 방법을 제시하였다.

그러나 본 논문이 좀 더 양질의 연구 결과를 추구하고 위해 실증적 분석이 함께 이루어지면 좋겠지만 이론적 기반의 연구 중심이 되어 그렇게 하지 못한 한계점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 본 논문에서 제시한 시스템 다이내믹스 이론을 활용한 공간 클러스터링 기법과 이를 통한 최적입지를 선정하는 방법은 각종 시설의 입

지 선정 또는 분석 시 분석과정의 객관성과 결과에 대한 합리성을 제공하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 고준환, "ARC/INFO를 이용한 제주도 공간구조 분석", 국토연구, Vol.17, pp.109-133, 1992.
- [2] 김도훈, 문태훈, 김동환, *시스템 다이내믹스* 대영문화사, 1999.
- [3] 김두일, 이형호, 한옥, "GIS기법을 이용한 최적입지 선정 연구", 대한지리학회 논문지, pp.137-147, 1993.
- [4] 김윤중, 김원영, 유일현, 백종학, 이현우, 류중희, "쓰레기 매립장 부지선정을 위한 GIS 활용연구", 대한원격탐사학회지, 제6권, 제2호, pp.135-151, 1990.
- [5] 김호숙, 임현숙, 용환승, "공간 데이터 마이닝에서 가중치를 고려한 클러스터링 알고리즘의 설계와 구현", 한국지능정보시스템학회 논문지, pp.101-103, 2002.
- [6] 서동주, 박동화, "지리정보체계를 이용한 안산시의 오픈 스페이스 분석", 대한원격탐사학회지, 제6권, 제2호, pp.89-113, 1990.
- [7] 손영환, "수치지형자료를 활용한 레이더 시계도 작성에 관한 연구", 국방논집, 제10권, pp.176-202, 1990.
- [8] 오취영, 이주형, 연상호, 김영동, "GIS 개념을 이용한 토질구조변화에 따른 환경위해 요소 분석시스템 개발에 관한 연구", 국토계획, 제28권, 제2호, pp.149-168, 1993.
- [9] 이규방, *GIS기반 공간분석방법론 개발 연구*, 국토연구원, 2003.
- [10] 이봉섭, 임춘택, 백용기, *컴퓨터를 이용한 지형분석 시스템 컴퓨터의 군사적 응용*, 육군사관학교 화랑대연구소, pp.83-107, 1992.
- [11] A. M. Durrant, *The use of digital terrain model within a geographical information system for*

- stimulating overland hydraulic mine waste disposal*, Petrie, G and Kennie, T.J.M (eds.), 1990.
- [12] B. C. Kim and K. H. Ryou, "Estimating the Selectivity of Spatial Query with Generalized Spatial Histogram," ICIS2004, pp.88-91, 2004.
- [13] D. Bunn and G. Wright, "Interaction of judgemental and statistical forecasting methods: Issues and Analysis," *Management Science*, Vol.37, pp.510-518, 1991.
- [14] D. J. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind, *Geographic Information systems*, Principles and applications, Longman Scientific & Technical, New York, Vol.1, 1992.
- [15] D. R. Smith and J. H. Robinson, *Computer-aided siting of coal-fired power plant: A case study*, Teicholz, E. and Berry, B.J.L., (eds.) *Computer Graphics and Environmental Planning*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp.187-201, 1983.
- [16] E. F. Wolstenholme, *System Enquiry : A System Dynamics Approach*, John Wiley & Sons, 1990.
- [17] G. P. Richardson, *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1991.
- [18] H. J. Miller and J. Han, "Discovering Geographic knowledge in Data Rich Environment: A Report on a Specialist Meeting," *SIKDD Explorations*, Vol.1, No.2, pp.105-107, 2000.
- [19] J. H. Scholten and J. C. H. Stillwell, *Geographical Information System for Urban and Regional Planning*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 1990.
- [20] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics* Cambridge, The MIT Press, 1961.
- [21] M. Ester, H. P. Kriegel, and J. Sander, "Spatial data mining: A database approach," Proc. Int. Symp. Large Spatial Databases(SSD'97), pp.47-66, July 1997.
- [22] M. J. Egenhofer, *Spatial Query Languages*, UMI Research Press, University of Maine, 1989.
- [23] N. R. Chrisman, D. J. Cowen, P. F. Fisher, M. F. Goodchild, and D. M. Mark, *Geographic information systems*, Galle, G.L. and Willmott, C.J. (eds.), *Geography in America*, Merrill Publishing Co., Columbus, pp.776-796, 1989.
- [24] R. H. Guting, "An introduction to spatial database systems," *The VLDB Journal*, Vol.3, pp.357-400, 1994.
- [25] T. L. Saaty, *Decision Making for Leaders*, FWS Publications, 1995.
- [26] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, 1980.
- [27] W. E. Huxhold, *An Introduction to Urban Geographic Information System*, Oxford University Press, New York, 1991.
- [28] W. Lu, J. Han, and B. C. Ooi, "Knowledge discovery in large spatial databases," Proc. Far East Workshop Geographic Information Systems, pp.275-289, 1993.

저자 소개

오 상 영(Sang-Young Oh)

종신회원



- 1992년 2월 : 청주대학교 응용통계학과 (경제학사)
- 1996년 8월 : 청주대학교 경영학과 (경영학석사)
- 2001년 2월 : 충북대학교 경영학과 (경영학박사)

• 2002년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 경영학부 교수

<관심분야> : KMS, 혁신이론, System Thinking