

연구논문

GIS 공간분석에 있어 Fuzzy 함수의 적용에 관한 연구 - 쓰레기 매립장 적지분석을 중심으로 -

A Study on the Application of Fuzzy membership function in GIS Spatial Analysis

- In the case of Evaluation of Waste Landfill -

임승현* · 황주태** · 박영기*** · 이장춘****

Lim, Seung Hyeon · Hwang, Ju Tae · Park, Young Ki · Lee, Jang Choon

要 旨

본 연구는 퍼지개념을 적용한 GIS 공간분석법을 도입하고 이를 통해 쓰레기 매립장 입지 평가를 수행하였다. 기존 연구는 GIS의 공간 중첩 분석법을 적용하여 입지분석이나 적지선정 등을 수행하였으나 공간 중첩분석은 보통집합의 불린 논리를 바탕으로 공간자료를 처리하였기 때문에 공간자료의 불확실성과 자료분류 기준의 부적합성을 고려하여 분석할 수 없었다. 그러므로 신뢰할 수 있는 분석결과를 제시할 수 없어 실제 문제에서 적극 활용되지 못하였다. 본 연구는 쓰레기 매립장을 대상 시설로 선정하고 객관적인 접근법으로 퍼지 공간분석 법을 적용하였으며, 구체적인 적용과정으로서 연속형 공간자료에 대한 소속함수의 정의방법과 퍼지분석을 위한 퍼지입력값의 생성, 그리고 쓰레기 매립장 입지평가를 위한 분석인자의 선정기준 및 자료분류기준을 검토하여 이것으로부터 소속함수를 결정하는 매개변수를 추출하는 방법을 제시하였다.

핵심용어 : 퍼지공간분석, 불린 논리, 퍼지, 소속함수, 입지평가

Abstract

In this study, a GIS spatial analysis method adopted fuzzy concept was introduced and land suitability analysis of waste landfill were conducted through this method. Previous studies conducted site evaluation and land suitability analysis by applying spatial overlay of conventional GIS that based on the boolean logic of crisp set. However these method can not consider the uncertainty of spatial data and the incongruity of data classification criteria, because these method handle spatial data based on the boolean logic of crisp set. As not provided trustable analysis result, conventional GIS spatial overlay method lacks opportunity for expanding use in reality. This study selected waste landfill as facility for analysis and applied fuzzy spatial analysis method as an objective approach. In the concrete contents of study, a series process with regard to the definition procedure of membership function for continuous data and the fuzzy input value generation of spatial data for fuzzy analysis is established. As a result, in this study we proposed a method that derive parameters for deciding the membership function of spatial data by considering the criterion of data classification and factor selection for land suitability analysis of waste landfill.

Keyword : Fuzzy spatial analysis, Boolean logic, Membership function, Land suitability

1. 서 론

최근, GIS를 이용한 공간분석에서 퍼지집합이론(fuzzy set theory) 을 적용함으로써 분석결과에 대한 정확도를

향상시켜 결과의 신뢰도를 증대시키고자 하는 연구가 주목을 끌고 있다(Jiang, B. 등, 1996, cheng, T, 등, 2001, Cristopher B. 2003). 이러한 시도는 공간분석에서 겪게 되는 두 가지 난제에 대한 해결책으로 적용되고 있다.

2007년 4월 16일 접수, 2007년 5월 25일 채택

* 교신저자·정회원·전북대학교 공학연구원 공업기술연구소 연구원 (shlim0@hanmail.net)

** 전라북도청 건설물류국 재난관리과 재해대책담당 (jth1306@hanmir.com)

*** 익산대학 토목환경과 교수 (parkyk@iksan.ac.kr)

**** 익산대학 토목환경과 교수 (ljc@iksan.ac.kr)

그 하나는 공간분석에 사용되는 공간자료 자체가 지니고 있는 불확실성에 대한 처리문제이다. 이것은 공간자료의 생성과정에서 적용되는 자료수집방법이나 사용 장비의 한계로 인해 필연적으로 뒤따르는 공간자료의 불확실성을 분석에 어떻게 반영할 것인지에 대한 문제이며, 퍼지 개념(fuzzy concept)은 이런 불확실성의 영향으로 분석결과가 적합한 결과로부터 크게 벗어나는 것을 방지하는데 기여할 수 있다. 두 번째는 공간분석에서 설정되는 자료분류 기준의 부적합성에 대한 처리문제이다. 앞의 불확실성문제와 마찬가지로 자료 분류 기준은 경우에 따라 상당히 애매하고 정량적인 기준을 확정하는 것이 현실적으로 어려운 일이며, 전문가의 주관적인 판단에 의존적이다. 그리고 이러한 기준은 공간자료를 이진적인 방법 즉, 보통집합의 불린 개념을 바탕으로 분류한다. 따라서 기준이 부적합하게 설정되었을 경우, 공간분석의 결과는 적합한 결과와 큰 차이가 발생할 수 있다. 이러한 측면에서 퍼지개념을 적용한 퍼지공간분석(fuzzy spatial analysis) 방법은 향후 공간분석분야에서 더욱 활성화 될 것으로 예상된다.

2. 퍼지이론에 의한 GIS 공간분석

2.1 퍼지집합과 연산

보통집합론에 근거한 정보의 단순화를 통해 실제공간에 있어 명확하게 구분되거나 분류될 수 있는 공간정보의 종류는 극히 드물다. 이러한 전통적인 보통집합론에 의해 공간정보를 취급함으로써 발생하는 오류를 보완해 줄 수 있는 퍼지이론(fuzzy theory)은 소속함수(member-ship function)를 이용하여 모든 공간정보를 소속정도에 따라 분류하거나 분석할 수 있으므로 공간정보를 다루는 GIS분야에서 아주 유용하다.

일반적으로 보통집합에서는 어느 원소 x 가 보통집합 A 에 소속되면, 소속함수 $\mu_A(x) = 1$, 소속되지 않으면, $\mu_A(x) = 0$ 이 되어 소속함수의 값이 1 또는 0이 된다. 즉, 보통집합에서의 소속함수 μ_A 는 전체집합 X 의 모든 원소를 $\{0, 1\}$ 로만 대응(mapping)시킨다. 이와 달리, 소속함수의 값이 1과 0뿐 만 아니라, 1과 0사이의 임의의 실수 값을 가질 수 있도록 하는 집합을 퍼지집합(fuzzy set)이라 한다. 원소 x 가 퍼지집합 A 에 소속될 가능성을 $\mu_A(x)$ 로 표시하고 이 가능성은 0과 1사이의 실수값이 된다(이광형 등, 1991).

2.2 소속함수

퍼지집합의 소속함수는 원소 x 의 집합 A 에 대한 소속정도가 어떻게 결정되는가를 정의한다. 보통집합의 경우

에 소속함수는 다음 식 (1)과 같다.

여기서 a_1, a_2 는 집합의 정확한 하한과 상한을 정의한다. 예를 들면 ‘적당한 고도’에 대한 하한(lower limit)과 상한(upper limit)으로 각각 $a_1=25m, a_2=100m$ 로 설정된다면, 식 (1)에 의해 정의된 함수는 보통집합 ‘적당한 고도’를 표현한다. 이와 달리 퍼지집합의 경우에는 임계값 a_1 과 a_2 는 집합에 대한 중심(central concept)을 정의한다.

$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0, x < a_1 \text{인 경우} \\ \mu_A(x) = 1, a_1 \leq x \leq a_2 \text{인 경우} \\ \mu_A(x) = 0, x > a_2 \text{인 경우} \end{cases} \quad (1)$$

일반적으로 퍼지집합의 소속함수는 자료의 특성에 따라 여러 가지 모양의 함수가 사용된다. 지금까지 제시된 소속함수의 모양은 선형, 지수형, 쌍곡선형, 역쌍곡선형 및 이중선형함수들이 있지만 공간자료에 적용되는 퍼지 집합의 소속함수는 공간상에 내포된 점진성으로 대개는 S자의 형태를 띠고 있다.

2.3 S형 소속함수

일반적으로 사용하는 선형소속함수는 0에서 1사이의 변이구역을 자연스럽게 묘사하지 못하므로 융통성 있는 소속함수를 정의하기 위해서 집합의 경계형태 혹은 산포의 정도(degree of dispersion) 및 중심(center of sets)과 관련지어 적당한 함수들을 선택해야 하는 데 이에 상응하는 함수가 S형 또는 중형소속함수이다. 이 함수는 퍼지 집합이론에서 일반적으로 사용되며 특히, 연속성을 지닌 공간자료에 적합하다.

식 (2)에서 매개변수 b 는 집합의 중심이며, 표준지수(standard index)로 된 자료의 속성값이다. 이들 소속함수의 형태와 교차점(crossover points)들의 위치는 분산지수(dispersion index) d 값에 따라 쉽게 변경된다. 매개변수 d 값은 교차점에서 중형 곡선의 중심까지의 폭을 결정하고 집합의 중심과 동일한 단위로 집합의 중심코어(central core)근처의 변이구역을 정의한다. 여기서 교차점이라 함은 소속정도가 $\mu_A(x) = 0.5$ 일 때의 속성값을 말한다.

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + ((x - b)/d)^2} \quad (2)$$

3. 쓰레기 매립장 분석모형 설정

3.1 분석 인자 설정

본 연구에서는 수집된 여러 자료를 바탕으로 쓰레기 매립장 입지선정을 위한 자료항목을 다음 표 1과 같이 정리하였다. 내용을 살펴보면, 분석인자는 사회·경제요소, 자

연환경요소, 생활환경요소, 법률적 요소, 기타 등 5가지 요소로 크게 나누어진다(양인태 등, 1998).

사회·경제적요소는 지역 주민의 의사, 인구밀도, 토지이용현황, 토지매입비, 매립 후 부지사용가능성, 시설건설비, 운영·관리비, 폐기물 운반비 등 총 8가지 인자로 세분된다. 자연환경요소는 수문, 기상, 토양지질, 지형요소 등 4가지로 세분할 수 있으며, 수문에 해당하는 인자는 홍수 범람지, 지하수의 분포 등이 있으며, 기상은 풍향,

풍속, 강우량이 있고, 토양지질은 투수성, 기반암까지의 깊이, 단층지역이 있다. 지형은 표고, 경사도, 매립면적, 시각적 은폐 등의 인자가 있다. 생활환경요소는 소음, 분진, 악취와 같은 환경오염과 직결되는 인자들로서 매립장과의 인접거리에 따라 변화하는 특성을 갖고 있으므로 인접성인자와 매우 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 하천, 호수, 습지, 계곡, 저수지, 공공 취수장, 학교, 공항, 주요 도로와 인접성이 생활환경요소의 주요인자이다. 다음으로 정책적 요소는 각종 법규 및 정부의 정책적 지원이 포함되며, 기타요소는 주거밀집지역, 공원, 유원지, 공동묘지, 고고학적·문화적 사적, 멸종위기종의 서식지 등이 포함된다.

표 1. 쓰레기 매립장 입지분석 인자

주요 요소	세부 인자
사회·경제적요소	지역 주민의 의사, 인구밀도, 토지이용현황, 토지매입비 매립 후 부지사용가능성 시설건설비, 운영·관리비, 폐기물 운반비
자연환경적요소	수문 - 홍수 범람지, 지하수의 분포 기상 - 풍향, 풍속, 강우량 토양·지질 - 투수성, 기반암까지의 깊이, 단층지역 지형 - 표고, 경사도, 매립면적, 시각적 은폐
생활환경적요소	소음, 분진, 악취 하천, 호수, 습지, 계곡, 저수지, 공공 취수장의 분포, 학교, 공항, 주요도로에서 인접성
정책적 요소	각종 법규 및 정부의 정책적 지원
기타	주거밀집지역, 공원, 유원지, 공동묘지, 고고학적·문화적 사적, 멸종위기종의 서식지

3.2 자료분류기준

입지 선정 인자들의 자료형태는 크게 연속형자료(continuous data)와 이산형자료(discrete data)로 분류된다. 이 중에서 연속형자료의 경우에는 해당 인자의 자료값에 따라 입지로서 적합성이 상당한 차이가 난다. 따라서 명확한 자료분류기준이 요구된다. 본 연구에서는 각 분석인자의 자료분류기준을 결정하는 데 있어 문헌에서 제시한 입지배제기준을 참고하였다(양인태 등, 1998). 또한 이런 기준에 따라 종래의 불린분석(boolean analysis)에 의한 중첩기법과 같이 각 분석자료를 등급화한 불린분석모형(boolean analysis model)을 설정하였다. 표 2는 본 연구

표 2. 분석인자의 자료범위 및 자료등급

구분	인자	분석인자의 자료범위				자료등급 구분			비고
		최소	최고	평균	편차	A	B	C	
자연환경요소	표고	7.02	676.8	109.3	106.7	50m이하	30m이하	50m초과	도시중심의 평균표고 (약 40m 내외)
	경사	0	427.4	14.5	22.6	10%이하	25%이하	25%초과	*배제기준 (25%이상)
	지하수위	0.70	8.00	2.63	0.93	3.0m 초과	3.0m 이하	1.5m 이하	*배제기준 (1.5m이하)
	토양배수	-	-	-	-	불량	보통	양호	* 개략토양도
생활환경요소	기반암질	-	-	-	-	화성암류	편마암질 화강암	퇴적암류 변성암류	* 1:250,000 지질도
	도로와의 거리	0	6185	908	971	1000m 이하	600m 이하	1000m 초과	*배제기준
	시가지와의 거리	0	11.3	3.3	2.5	5.0km 이하	5.0km 초과	3.0km 이하	*배제기준
사회경제요소	하천과의 거리	0	3465	658	520	900m 초과	900m 이하	300m 이하	*배제기준
	토지이용	-	-	-	-	밭·임야	논	수역·시가지	* 지장물 및 지가수준고려
사회경제요소	인구밀도	34	25,198	7,193	7,097	500인/km ² 이하	3000인/km ² 이하	3000인/km ² 초과	* 배제기준

에서 설정한 불린분석모형이며, 이 모형에서 자료등급간의 임계값을 이용하여 각 분석인자의 퍼지소속함수를 정의하였다. 설정된 모형에서는 표 1에 제시된 인자 중에서 GIS 자료형태로 자료구축이 가능하며, 공간분석이 가능한 총 10개의 분석인자를 선정하였고 각 분석인자에 대한 자료등급은 A, B, C의 3등급으로 분류하였다.

4. 퍼지공간분석

4.1 대상지 현황

연구대상지역은 전북 전주시 및 그 주변의 개발제한구역을 포함한 완주군, 김제시의 일부지역으로서 총 면적은 약 434.7km²이며, 현재 1단계와 2단계 쓰레기 매립장이 운영되고 있으며, 매립여건은 향후 5-8년 이내에 포화상태에 이를 것으로 예상되어 추가적인 쓰레기 매립장의 확보압력이 가중되고 있다.

4.2 퍼지소속함수 결정

퍼지집합의 소속함수를 추출하는 방법은 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 소속값이 사용된 분류기(classifier)에 대한 함수로 결정되는 군집분석(cluster analysis)이나 수치분류(numerical taxonomy)에서 사용하는 방법과 유사하며, Robinson(1987)은 이것을 SR모형이라 하였고 또한 이 모형의 한 유형은 fuzzy k-means 법으로 알려졌다. 두 번째 방법은 개체들이 소속정도를 할당받는 순위 소속함수(prior membership function)를 사용하는 단순한 접근법이다(임승현 등, 2002). 이것은 SI모형이라 하며 자료를 집단화하는 방법에 대한 상당한 지식을 가진 경우에 유용하다. 본 연구에서는 SI모형을 채택하였고, 이에 따라 분석자료층에 정의된 퍼지부분집합의 소속함수를 결정짓는 특성값으로 3절에 제시한 분석모형의 자료등급간의 임계값을 이용하였다. 분석인자에 대한 소속함수 결정의 한 예로서 표고에 대한 소속함수 결정은 다음과 같이 수행하였으며 기타 연속형 공간자료층에 대해서 같은 방법으로 결정하였다.

표고자료층에 대한 분석모형의 자료등급간의 임계값은 표 2에 제시한 바와 같이 30m와 50m이다. 30m는 A등급과 B등급의 임계값이며, 50m는 중간 B등급과 C등급의 임계값이다. 따라서 표고자료층 퍼지소속함수는 b1 = 30, d1=30, b2=50, d2=10이며, 이와 같이 설정된 매개변수에 의해 결정된 고도자료층의 소속함수는 아래의 식(3)과 같다. 그림 1은 식(3)의 소속함수를 그래프로 표현한 것으로 S형 소속함수로 나타났다.

$$\left(\begin{array}{l} \mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 30)/30\}^2]} \quad , \quad x \leq 30 \\ \mu_{(x)} = 1, \quad , \quad 30 < x \leq 50 \\ \mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 50)/10\}^2]} \quad , \quad x > 50 \end{array} \right) \quad \text{식 (3)}$$

또한, 분석인자 중에서 연속형 자료에 대해서 각각 동일한 방법으로 소속함수를 정의하였으며 정의된 소속함수는 표 3과 같다. 표에 제시된 바와 같이 각 분석인자에

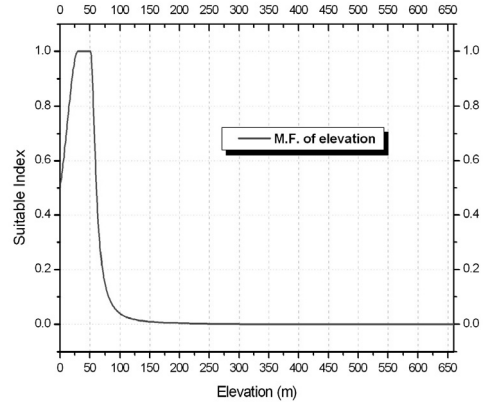


그림 1. 표고의 소속함수

표 3. 연속형 분석인자의 소속함수

분석인자	변수값	소속 함수 (membership function)	임계값 (Thresholds)
경사	-	$\mu_{(x)} = 1$	$x < 10$ $x \geq 10$
	10	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 10)/15\}^2]}$	
	15		
지하수위	3.0	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 3.0)/1.5\}^2]}$	$x \leq 3.0$ $x > 3.0$
	1.5	$\mu_{(x)} = 1$	
	-		
도로	600	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 600)/200\}^2]}$	$x \leq 600$ $600 < x \leq 1000$ $x > 1000$
	1000	$\mu_{(x)} = 1$	
	200	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 1000)/400\}^2]}$	
기존시가지	800	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 3000)/1000\}^2]}$	$x \leq 3000$ $3000 < x \leq 5000$ $x > 5000$
	2000	$\mu_{(x)} = 1$	
	400	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 5000)/2000\}^2]}$	
주요하천	900	$\mu_{(x)} = \frac{1}{[1 + \{(x - 900)/600\}^2]}$	$x \leq 900$ $x > 900$
	-	$\mu_{(x)} = 1$	
	600		

대한 소속함수의 매개변수는 표 2의 자료등급간의 임계값이 적용되었으며 이들에 의해 정의된 퍼지소속함수의 형태는 단조증가함수, 단조감소함수, 종형 함수 등으로 다양한 형태의 그래프로 표현될 수 있다.

4.3 퍼지화 결과분석

연속적인 거동을 하는 공간자료가 입지 적합성에 미치는 영향을 특정한 함수식으로 정의하고 단위공간이 지니는 적합성을 정의하는 퍼지소속함수에 의해 [0, 1]사이의 실수값인 적합지수로 산정하는 과정이 퍼지화(fuzzification)이다. 따라서 연속적 변이를 갖는 분석자료층의 퍼지입력값(fuzzy input value)을 표 3과 같은 각 분석자료층에 대한 퍼지소속함수를 사용하여 연산한 결과 각각의 퍼지집합에 대한 소속정도(또는 적합지수)를 얻을 수 있었다.

이런 퍼지화 방법으로 Arc/Info의 AML(Arc Macro Language)과 GRID의 CON 함수를 이용하여 퍼지분석 프로그램을 작성하였고, 각각의 퍼지소속함수 유형에 대한 퍼지화 연산기에 그림 2와 같은 격자간격이 30m×30m인 분석자료층의 퍼지입력값을 입력하여 그리드 공간대수(grid algebra)함수에 의한 연산을 수행하였다.

그림 3은 쓰레기 매립장 입지분석 인자 중에서 지하수위와 같은 연속형 자료의 퍼지화연산에 의해 생성된 각 분석인자별 쓰레기 매립장 입지적합도면이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 개별 분석인자의 퍼지입력값에 해당하는 적합지수의 분포가 실수값으로 연속적인 분포를 하고

있다. 즉, 기존의 불린분석모형에 의한 불린분석 결과의 경우에는 자료의 등급간의 임계값을 전후에서 적합지수가 갑작스럽게 변화하는 형태를 보였으나, 퍼지소속함수에 의해 산정된 적합지수는 그림에서 적색으로부터 청색까지 연속적인 변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 분포는 퍼지소속함수에 의한 퍼지화 연산이 실제 공간자료가 지니는 연속성을 그대로 유지하여 보다 실제 현상에 접근하는 결과를 생성함으로써 결과의 정확도와 분석의 신뢰성을 증가시키는 유효적절한 방법임을 보여 준다.

4.4 매립장 입지적합성 분석결과

입지 적합성 분석을 위해 결합소속함수에 각 분석인자의 적합도면을 입력하여 최종 결합적합지수를 산정하였다. 결합적합지수는 단위공간이 지니고 있는 쓰레기 매립장 입지적합지수를 나타내는 지수이며 본 연구의 최종 결과도면이다. 최종 결합적합지수를 산정하는 방법은 AML과 GRID의 공간대수함수를 이용하여 레이어 중첩을 실시하였다. 또한 산정된 결합적합지수 도면을 최대 결합적합지수의 값으로 나누어 정규화 하였다. 따라서 최종결합적합지수는 1과 0사이의 실수 값으로 나타났으며, 다음 그림 4와 같이 분포하고 있다.

그림 4는 0에서 1까지의 정규화 된 결합적합지수를 적색으로부터 청색의 연속적인 색상으로 표현하였으며, 그 결과 청색으로 나타난 가장 적합한 지역은 연구대상지역

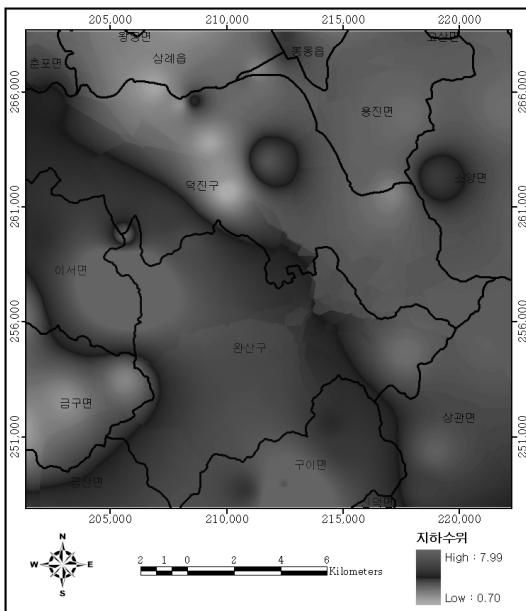


그림 2. 지하수위의 퍼지입력값

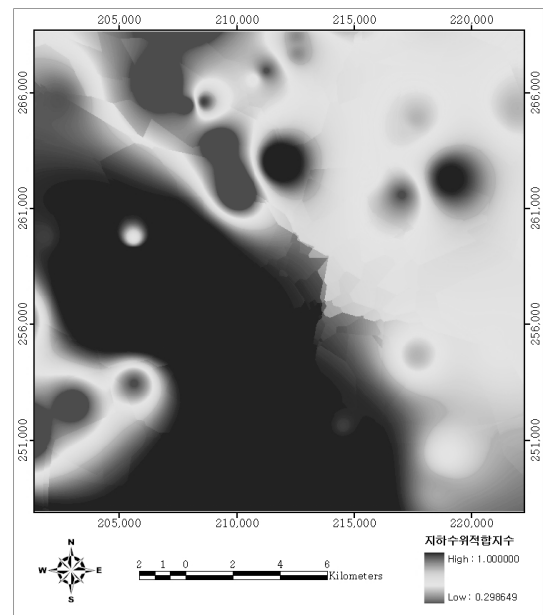


그림 3. 지하수위의 퍼지화 결과(적합지수)

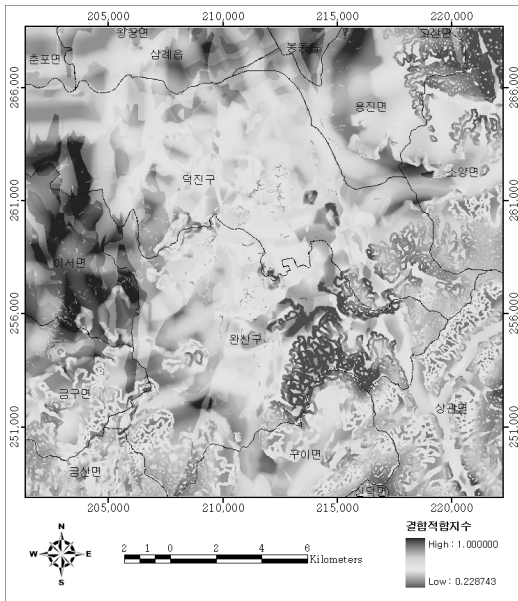


그림 4. 쓰레기매립장 입지적합지수

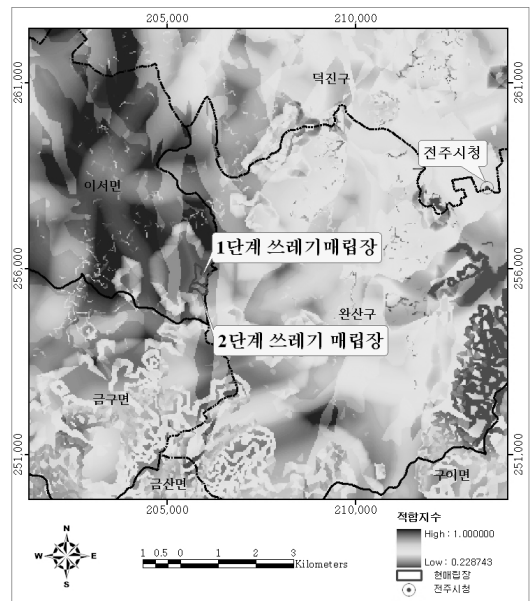


그림 5. 기존쓰레기매립장 적합지수

의 서쪽에 가장 많이 분포하고 있다. 이러한 분포는 이 지역이 구릉지이며 주로 밭으로 이용되고 있고 시가지에서 적당한 거리에 위치하며, 특히 지하수위 및 기반암질이 적당한 조건을 갖고 있기 때문이라 판단된다. 또한 대상지역의 중앙부의 현재 시가지를 제외하면 적색으로 표시된 가장 부적합한 지역은 표고가 높은 산악지역에 나타났다. 그리고 노란색으로 표시된 대체적으로 부적합 지역은 인구밀도가 어느 정도 높고, 하천과 근접한 조건을 지닌 대상지역의 북쪽과 동북쪽에 위치하고 있다.

특히, 그림 5에 나타난 바와 같이 현재 운영중인 전주권 쓰레기 매립장 1단계와 2단계 부지가 가장 적합한 지역으로 나타난 대상지역의 서쪽에 위치하고 있으며, 두 매립장에 포함된 격자의 결합적합지수를 평가한 결과, 다음 그림 6과 같이 1단계 부지의 경우 평균결합적합지수 '0.86' 최소값은 '0.81', 최대값은 '0.89'로 나타났고, 2단계 부지의 경우에는 각각 '0.84', '0.80', '0.87'로 나타나 매우 적합한 지역으로 나타났다. 따라서 퍼지공간분석법에 의한 결과는 실제의 입지선정 결과와 매우 근접한 결과를 나타내고 있음을 검증할 수 있었다.

더불어, 적합성 분포가 연속적이고 점진적인 경향을 보이고 있기 때문에 지역간에 급격한 단절에 의한 갑작스런 변화 현상이 발생하는 기존의 불린분석의 결과와 다르게 현지 주민과 같은 이해당사자들을 설득하는 데 있어 아주 타당성 있는 자료로서 활용가치가 높을 것을 기대된다. 그러므로 본 연구에서 제시한 퍼지공간분석방법

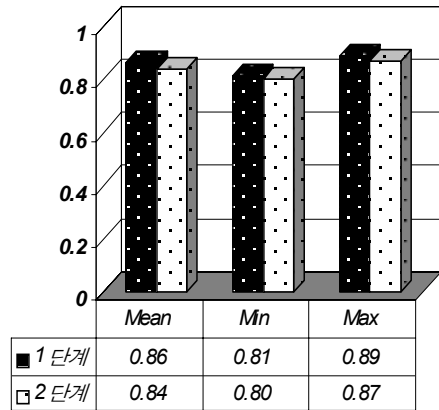


그림 6. 기존매립장의 결합적합지수

은 일반적인 보통집합이론을 바탕으로 한 불린분석보다 더욱 합리적이며 실제 공간현상을 더욱 근접하게 추정할 있는 방법임을 알 수 있다.

5. 결 론

기존의 GIS 공간분석방법인 불린중첩분석의 단점을 개선하기 위해 퍼지집합개념을 적용하여 쓰레기 매립장 입지분석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 토지적합분석에서 퍼지개념을 적용하기 위해 불린분석모형의 자료등급간 임계값을 매개변수로 하는 연속형 공간자료에 대한 퍼지소속함수를 정의하는 방법을 제시하였고 이를 통해 각각의 공간자료에 대한 퍼지소속함수를 정의할 수 있었다.

둘째, 본 연구에서 제시한 퍼지개념의 적합성 분석결과를 이용한 기존 쓰레기매립장의 입지평가를 수행한 결과, 평균결합적합지수가 1단계 매립장은 0.86, 2단계 매립장은 0.84로써 높은 적합도를 나타냈다.

셋째, 향후 쓰레기매립장 후보지 선정 등과 같은 토지적합성 분석에 있어서 퍼지소속함수를 적절하게 정의하여 적용할 경우 매우 효과적이고 타당한 결과를 도출할 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. 양인태, 김연준 등, 1998, GIS와 AHP법을 이용한 쓰레기 매립지 예비평가방법, *한국측지학회지*, 제16권, 제1호, pp. 59-66.
2. 이광형, 오길록, 1991, 퍼지이론 및 응용 1권, 홍릉과학출판사.
3. 임승현, 조기성, 2002, 퍼지와 분석계층처리 이론을 결합한 GIS 공간분석기법, *대한토목학회논문집*, 제22권, 제1-D호, pp. 173-184.
4. Jiang, B. and Kainz, W., 1996, Fuzzy Overaly Analysis with Linguistic degree terms, *Advances in GIS Research II*, pp. 301-317.
5. Cheng, T., M, Molenaar and Lin, 2001, Formalizing Fuzzy objects from uncertain classification results, *International Journal of Geographical Information Sciences* 15, pp. 27-42.
6. Christopher Bone, 2003, Development of a fuzzy-constrained GIS-based cellular automata model of dynamic complex systems: A case study of forest insect infestations, Bachelor of Arts, University of Toronto.