

지형요소에 따른 NDVI의 변화에 관한 연구

성춘자^{1*} · 정종철¹

A Study on Change of NDVI According to the Terrain Element

Chun-Ja SUNG^{1*} · Jong-Chul JUNG¹

요 약

연구의 기본 목적은 지형단위를 분류할 수 있는 정량적 기준 마련에 두고, 본 연구에서는 사례 지역을 대상으로 고도, 사면경사, 사면방향 등 지형요소에 따른 NDVI의 차이와 변화를 분석하고 지형단위의 분류 지표로 NDVI의 활용 가능성을 진단하고자 하는 것이다. 사례지역을 대상으로 분석한 결과, 고도, 사면경사, 사면방향 등 분석된 지형요소와 NDVI가 선형의 관계를 나타내지는 않으며, 대체로 NDVI가 높게 나타났고, 고도와 사면경사가 증가함에 따라서 NDVI의 분산범위가 작아지는 경향을 보인다. 고도와 사면경사가 증가하면서 NDVI의 분산범위가 불연속적 변화양상을 보이는데 고도의 경우에는 대략 50m와 100m를 경계로, 사면경사의 경우에는 사면경사 10~20°를 경계로 NDVI의 분산범위가 불연속적으로 감소된다. 그러나 사면방향에 따른 NDVI의 차이는 거의 나타나지 않았다.

주요어 : 지형요소, 지형단위, 산지, 구릉지, 평지, NDVI

ABSTRACT

Analysis and results of the relationship between the NDVI and terrain element such as elevation, slope, aspect in Chunahn city area are as follows. It does not show the linear relationship between NDVI and analyzed terrain element such as elevation, slope, aspect, etc. and there is a trend such that the deviation of NDVI is decreased as the elevation and slope is increased. It appears that there is trends such that the distribution range of NDVI is discontinuously changed as the elevation and slope is increased. The distribution range of NDVI is discontinuously decreased based on about 50m and 100m borderline in elevation case, and slope 10~20° borderline in slope case, respectively. Any special trend is discovered in the relationship between aspect and NDVI.

KEYWORDS: Terrain Element, Terrain Unit, Mountains, Hills, Plains, NDVI

2003년 5월 9일 접수 Received on May 9, 2003 / 2003년 6월 20일 심사완료 Accepted on June 20, 2003

¹ 남서울대학교 지리정보공학과 Department of Geoinformatics Engineering, Namseoul University

* 연락처 E-mail: nsusung@nsu.ac.kr

서 론

1. 연구목적

우리나라 국토는 오랜 침식과 삭박을 받은 결과로, 국토전체에서 산지와 구릉지(hills)가 차지하는 면적의 비율이 대단히 높다. 따라서 국토환경을 잘 보존하면서도 계속 증가하는 도시적용도의 토지를 원활히 공급하기 위해서는 국토를 지형단위로 구분해 볼 필요가 있다.

특히 최근에는 토지이용계획이나 개발계획에서 국토를 산지(mountains), 구릉지(hills), 평지(plains)로 구분하여 접근하는 경우가 많으나 아직까지 이에 대한 통일된 기준이 없는 실정이다. 그러나 국토를 일정한 기준에 근거해서 구체적 지형단위로 구분하고, 각각의 지형단위별 조건에 맞는 토지이용계획을 수립하는 것은 중요한 문제가 되지만 이제까지 이에 대한 연구는 부진한 편이다.

일반적으로 지표를 지형적 관점에서 구분할 때, 적용될 수 있는 요소는 고도, 경사, 사면방향, 곡밀도 등이 있다. 그러나 실제로 산지, 구릉지, 평지와 같은 지형단위를 구분할 수 있는 이에 대한 정량적 기준은 아직 마련되어 있지 않으며, 다만 경관적 이미지에 근거한 주관적 분류의 수준에 불과하다. 최근에는 위성영상이나 DEM 자료를 이용해서 정확한 지형계측이 가능하기 때문에 합리적 기준만 설정될 수 있다면 신속하고 정확한 방법으로 광역적 지형분류가 가능하다. 특히 위성영상자료를 바탕으로 분석이 가능한 정규화 식생지수(NDVI: normalized difference vegetation

index)는 지형적 효과, 토양 변이 등의 요인에 따라 나타날 수 있는 배경효과를 정규화하는 지표로 사용되기 때문에, 다양한 지형요소를 지표로 동일단위를 설정하는데 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 사례지역을 대상으로 고도, 사면경사, 사면방향 등 지형요소에 따른 NDVI의 차이와 변화를 분석하고, 지형단위의 분류 지표로 NDVI의 활용 가능성을 진단하고자 하는 것이다.

2. 연구방법

최근에 널리 활용되고 있는 위성자료는 야외에서 직접 접근의 한계와 조망의 한계를 극복할 수 있고, 지표환경에 대한 시계열적 분석이 가능하며, 현장에서 관찰할 수 없는 은폐된 분광부분의 정보까지도 특수 센서를 이용하여 얻어 낼 수 있기 때문에 지형단위를 분류하는데 유용한 자료가 된다.

본 연구에서는 사례지역을 대상으로 1:25000 수치지도를 바탕으로 DEM을 생성하여 지표의 고도, 사면경사, 사면방향을 분석하고, 이와 같은 지형요소에 따른 NDVI의 차이와 변화를 분석하였다.

먼저 문헌연구를 통하여 지형단위 분류에 대한 지표와 기준을 설정하고, 이 지표와 기준을 적용하여 지형을 분석하고, 이에 따른 NDVI의 차이와 변화를 분석한다. NDVI를 분석하기 위해서는 2000년 9월에 촬영된 Landsat 7의 ETM 영상자료를 이용하였으며, 식물 반사도의 가장 정확한 값을 얻기 위해서

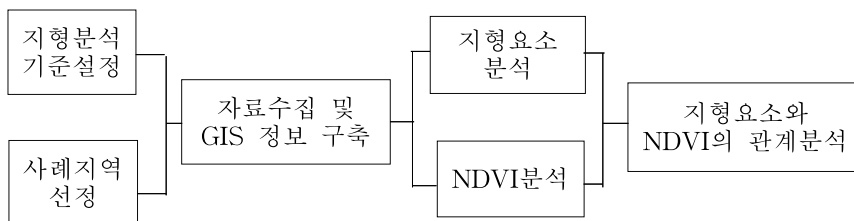


FIGURE 1. 연구의 흐름도

NDVI는 대기보정된 자료로부터 계산하였다.

연구에 필요한 기본 개념

1. 지형요소와 기본공간단위

지형학적 관점에서 지표에 대한 지형요소는 고도(elevation), 경사(slope), 기복(relief), 사면 형태(slope form), 사면방향(aspect) 등 형태적 요소와 지형의 발달 과정(geomorphic process)과 기구(agent), 시기(age) 등 영역적 요소로 구분된다. 따라서 지형요소란 지표의 형태적 정보와 영역적 정보간의 연계(form-process relationship) 정보, 즉 형태, 과정, 물질, 시·공간에 관련된 정보를 의미한다.

최근에는 다양한 GIS 장비와 기술을 이용해서 고도, 경사, 기복, 면적, 체적, 굴곡 상태, 사면 배열 등 형태적 요소를 손쉽게 광역적으로 계측할 수 있게 되었다. 그러나 이와 같은 형태적 요소에만 의존해서 지표를 분류할 경우에 많은 문제가 있다. 즉 지표는 몇 가지 형태적 요소만으로는 다 설명되어 질 수 없을 만큼 복잡한 정보를 내포하고 있기 때문에 지표를 형태적 요소만을 기준으로 해서 동질의 지형단위로 분류하는 경우에 무의미할 수 있다.

특히 GIS을 이용해서 지형정보시스템을 구축하기 위한 기본공간단위(basic spacial unit)는 단순히 지표의 형태적 요소만을 기준으로 분류한 공간단위보다는 형태적 요소와 영역적 요소가 동시에 고려된 지형학적 공간단위가 되어야 하며, 산지, 구릉지, 평지와 같이 일상적으로 사용되는 대지형단위도 이와 같은 맥락에서 설정되어야 한다.

2. 지형체계와 지형단위

지표를 동질의 지형단위로 분류하는 작업 과정은 GIS 데이터베이스의 기본공간단위를 설계하는 작업에 해당하고, 이는 종합적인 지형체계를 인식함으로써 가능하다.

Meijerink(1988)의 연구에서는 지형체계를 구성하는 지형단위를 TMU(terrain mapping unit)로 표현하고 있다. TMU란 지형요소의 맥락에서 더 이상 작은 단위로 나뉘어 질 수 없는 동질공간이고, 서로 겹치지 않으며, 계층성을 가지고 전체를 빈틈없이 채우고 있는 최소지형단위를 의미한다.

지형체계를 구성하는 TMU는 지형학적 요소, 즉 지형의 형태, 영역, 구성물질, 형성시기 등에서 동질성이 최대한 인정될 수 있어야 한다. Lawrance(1972)는 지형체계를 구성하는 하부지형단위를 규모에 따라서 land unit와 land element로 구분하였다. Meijerink(1988)은 지형체계를 구성하는 하부 지형단위를 terrain unit와 terrain component로 각각 다르게 설명하고 있으나, 이는 지형체계를 구성하는 하부 지형단위라는 점에서 개념적으로 동일하며 그 규모 또한 동일하다.

TABLE 1. 지형체계와 지형단위의 분류

		Tricart	Meijerink	Lawrance
등 급	규모 (km ²)	지형분류	지형단위	지형단위
I	10 ⁷	Continents and oceans	Terrain provence	
II	10 ⁶	Large structural units		
III	10 ⁴	Main structural units	Terrain system	Land system
IV	10 ²	Basic tectonic units		
V	10	Tectonic irregularities		
VI	10 ⁻²	Landforms	Terrain units	Land units
VII	10 ⁻⁶	Microforms		
VIII	10 ⁻⁸	Micro environment	Terrain componen	Land element

*Tricart의 지형분류는 오경섭(1996), Meijerink의 분류는 조태영(1997)에서 재인용하여 수정함

3. 정규화 식생지수

정규화 식생지수(NDVI:normalized difference vegetation index)는 단위가 없는 복사 값으로 녹색식물의 상대적 분포와 활동성, 엽면적지수, 엽록소의 함량 등과 관련한 지표로 사용된다. 식생지수는 지형적 효과, 토양 변이 등의 요인에 따라 나타날 수 있는 배경효과를 정규화 할 수 있어야 한다(Huete와 Justice, 1999). 식생지수는 적색과 근적외선 영역에서의 반사값을 나누어 계산되고, Rouse 등(1974)에 의해 처음 제안되었다. 정규화 식생지수는 -0.1에서부터 1까지의 범위를 가지며, 증가하는 양수 값은 녹색식물의 증가를 의미한다. 반대로 음수 값은 물, 황무지, 얼음, 혹은 구름과 같이 식생이 존재하지 않는 지역을 나타낸다. NDVI를 산출하기 위해서는 식물 반사도의 가장 정확한 값을 얻기 위해서 NDVI는 대기보정된 자료로부터 계산되어야 한다.

분석 기준의 설정

오늘날까지 각 국가별 지형분류체계의 근간이 되고 있는 IGU 지형분류체계에서는 지형의 형태, 영역, 구성물질, 시기 등 4가지 지표를 적용해서 지형단위를 분류하고 있다.

TABLE 2. 지형단위의 분류기준

지형단위	분류 기준
평지	고도 50m 이하, 사면경사 10°이하 되는 지표
구릉지	고도가 100~50m, 사면경사 20~15°인 지표
산지	고도100m 이상, 사면경사 20°이상인 지표

우리나라와 같이 지반이 안정되고 장구한

동안에 걸쳐서 침식·삭박이 진행된 침식지형인 경우에는 그 특성이 지반요소보다 지표변화의 요소에 더 크게 지배를 받기 때문에 우리나라 지형환경을 이해하는데 있어서는 지형의 형태와 영역에 대한 이해가 특히 중요하다.

Trewartha는 사면경사와 국지적 기복량을 적용하여 지형단위를 구분하는 방법을 제안하고 있다. 이는 산지와 구릉지를 구분하는 절대적 기준으로 환경사지의 면적이 50% 미만이면서 국지적 기복량이 300m 이하인 지형면을 구릉지로, 300~900m인 지형면을 저산성산지로, 900m 이상인 지형면을 고산성산지로 구분했다. 한편 환경사지의 면적이 50% 이상이면서 국지적 기복량이 90m 이하인 지형면은 평지로 구분하고, 이 중 기복량이 30m 이하인 지형면은 평야로 구분하였다. 그리고 환경사지의 면적이 50% 이상이면서 국지적 기복량이 90m 이상이고 급경사의 경사변환선을 경계로 평지와 구획되는 지형면을 고원이나 대지로 구분했다. Hudson는 사면경사를 기준으로 지표를 5등급으로 분류하였다. 사면경사 20° 이상의 토지를 급급경사지, 15~20° 토지를 급경사지, 10~15° 토지를 준완경사지, 5~10°를 완경사지, 5°이하의 토지를 평탄지로 구분하였다. 이금삼(1999)은 Hudson의 분류기준에 따른 평탄지를 세분하여 1° 이하의 토지를 평탄지, 1~5°의 토지를 파상지로 하여 지표를 총 6등급으로 구분하였다. 일본 국토청의 토지분류 기본조사지침에서는 고도와 기복량을 적용하여 지형단위를 정의하고 있다. 구릉지를 1km²의 방안에 대해서 고도, 기복량 모두 200m를 기준으로 해서 200m 이상인 지형면을 산지로, 이하인 지형면을 개석이 진행된 구릉지로 정의되고 있다. 이를 다시 표고, 기복량이 100m 미만이 되는 소기복구릉지(구릉지 II)와 200~100m의 대기복구릉지(구릉지 I)로 구분하고 있다.

본 연구에서는 이상의 선행연구를 기반으로 산지, 구릉지, 평지를 구분하는 기준을 설

정하였다. 지형단위의 분류기준으로는 고도 100m 이상이면서 사면경사가 20° 이상 되는 지형을 산지로 구분하고, 고도가 100~50m이면서 사면경사가 20-15° 되는 지형을 구릉지로, 그리고 고도가 50m 이하이면서 사면경사가 10°이하 되는 지형을 평지로 구분하였다.

분석 결과

본 연구에서는 사례지역을 대상으로 지형요소를 분석하고, 지형요소와 NDVI의 관계를 분석하였다. 지형요소에 따른 NDVI의 변화분석은 연구사례지역을 대상으로 하지 않고, A-B와 C-D선을 따라 한정적으로 분석하였다.

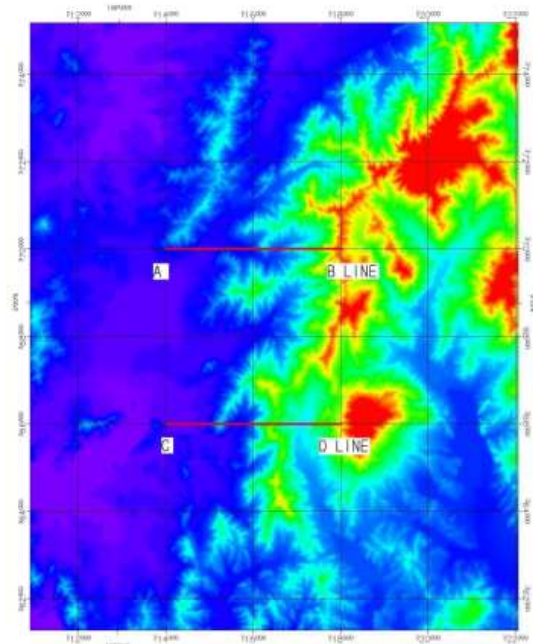


FIGURE 2. 연구지역의 고도분포

1. 고도와 NDVI

고도에 따라서 지표층을 구성하는 순환적 요소나 생물적 요소의 특성이 현저히 다르기 때문에 그에 따라서 NDVI도 크게 달라질 수 있

다. 고도와 NDVI의 관계를 분석한 결과 고도와 NDVI가 선형의 관계를 나타내지는 않으며, 사례지역 전체에서 NDVI 값이 높게 나타난다. 사례지역 전체에서 NDVI 값이 높게 나타나는 것은 본 사례지역이 대체로 고도가 낮고, 사면경사가 완만한 구릉성지형을 이루고 있기 때문으로 해석된다.

고도에 따른 NDVI 값의 변화와 차이에서 특이한 것은 고도가 높아짐에 따라서 NDVI 값의 편차가 작아지는 경향을 보인다. 즉 고도 50~100m에 해당하는 구릉지에서는 -0.29~0.53, 고도 100m 이상 되는 산지에서는 0.16~0.53으로 나타나서 고도가 낮을수록 NDVI 값의 편차가 커지는 경향을 보인다. 이것은 고도가 낮은 평지에서는 다양한 도시적 토지이용 패턴이 전개되고 있기 때문에 NDVI 값의 편차가 크게 나타나는 반면에 고도가 높아질수록 토지 피복상태가 단조롭기 때문에 NDVI 값의 편차가 작게 나타나는 것으로 해석된다. 한편 고도 증가에 따른 NDVI 값의 분산범위가 불연속적 변화양상을 보인다.

고도 50m, 90m를 기준으로 하여 NDVI의 분산범위가 불연속적으로 감소된다. 이는 지표층을 구성하는 순환적 요소나 생물적 요소의 특성이 고도 50m, 90m를 경계로 차이가 있음을

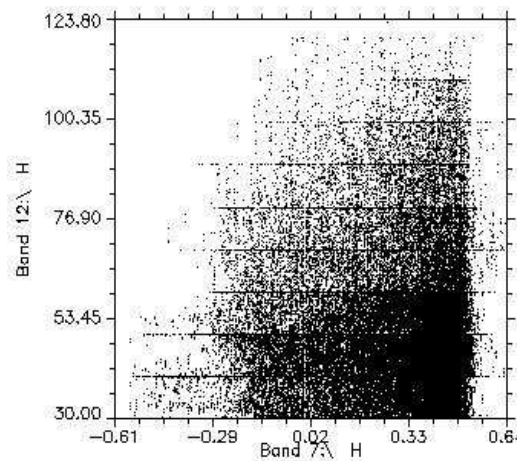


FIGURE 3. NDVI와 고도자료 산포도

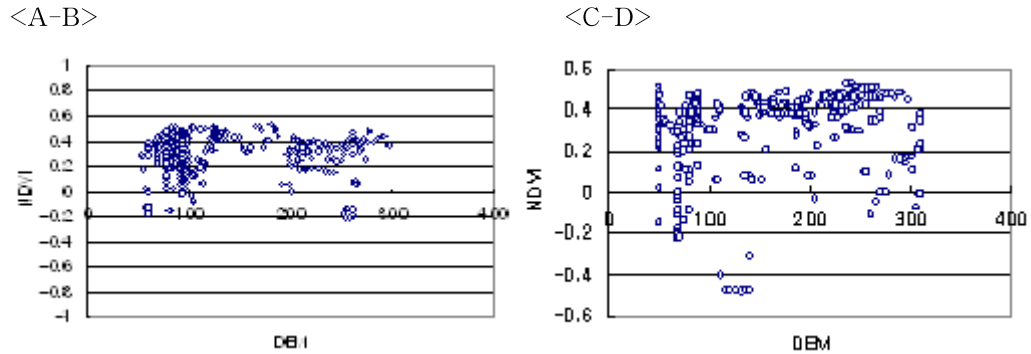


FIGURE 4. 고도에 대한 NDVI의 변화

암시하는 것으로 지형단위, 즉 산지, 구릉지, 평지를 구분하는 고도 경계의 의미를 시사하는 것으로 판단된다.

TABLE 3. 고도와 NDVI에 의한 지형분류

지형단위	고도범위	식생지수(NDVI)
평지	50m 이하	-0.55~0.53
구릉지	50~100m	-0.29~0.53
산지	100m 이상	0.16~0.53

2. 사면경사와 NDVI

지표의 사면경사는 지표의 습윤지수나 일조지수에 영향을 미치기 때문에 사면경사에 따라서 지표를 구성하는 순환적 요소나 생물적 요소의 특성에 이 현저한 차이를 보인다.

사면경사와 NDVI의 관계를 분석한 결과 고도와 마찬가지로 사면경사와 NDVI의 관계에서도 선형의 관계는 성립되지 않는다.

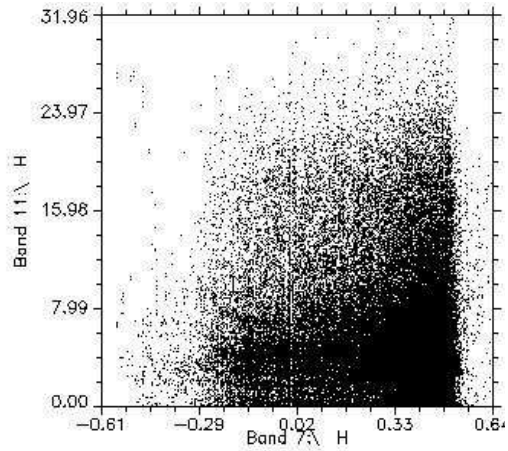


FIGURE 5. NDVI와 사면경사 산포도

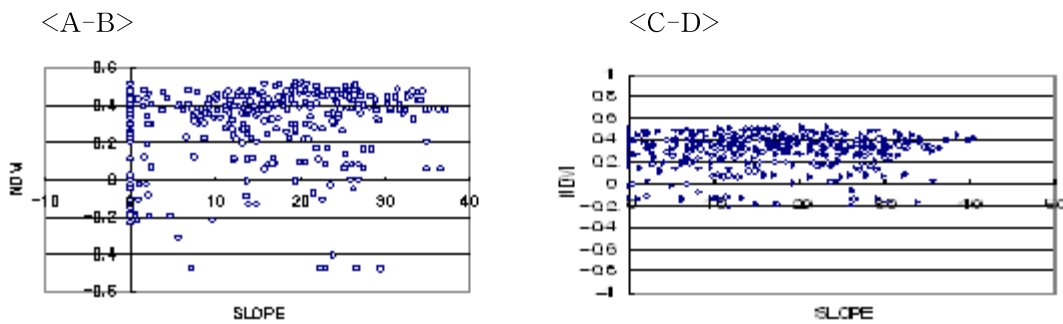


FIGURE 6. 사면경사에 대한 NDVI의 변화

TABLE 4. 사면경사와 NDVI

지형단위	사면경사 범위	식생지수(NDVI)
평지	10° 이하	-0.55~0.53
구릉지	10~20°	-0.29~0.53
산지	20° 이상	0.02~0.53

그리고 사면경사에 따른 NDVI의 변화양상에서도 고도와 마찬가지로 불연속적인 패턴이 나타난다. 사면경사가 증가함에 따라서 NDVI의 분산범위가 불연속적 변화양상을 보인다. 즉 사면경사 10° 와 10~20°를 기준으로 10° 이하 지역과 10~20° 지역 그리고 20° 이상 지역을 단위로 NDVI의 분산범위가 불연속적으로 감소된다. 사면경사 10°이하의 평지에서는 -0.55~0.53, 사면경사 15~20°에 해당하는 구릉지에서는 -0.29~0.53, 사면경사 20°이상 되는 산지에서는 0.02~0.53으로 고도가 증가할수록 NDVI의 값이 높은 범위로 좁아지는 경향을 보인다. 이는 고도와 마찬가지로 지표층을 구성하는 순환적 요소나 생물적 요소의 특성이 사면경사 10° 와 10~20°를 경계로 차이가 있음을 암시하는 것으로 지형단위, 즉 산지, 구릉지, 평지를 구분하는 고도 경계의 의미를 시사하는 것으로 판단된다.

3. 사면방향과 NDVI

사면방향(aspect)과 NDVI의 관계를 분석한 결과 전체적으로 사면방향에 관계없이 -0.29에서 0.53의 NDVI를 나타낸다. 사면의 방향에 따라서 토양의 수분 상태나 미기후적 환경이 다르고 이에 따라서 식생이나 생물군락의 환경이 크게 다를 것이라는 가정과는 다르게 사면방향과 NDVI의 관계에서는 특이한 양상이 발견되지 않았다. 이것은 본 사례지역 전체가 대체로 완만하고 나직한 구릉성지형의 특성을 띠기 때문에 지표의 순환적 요소나 생물적 요소가 사면방향에 영향을 크게 받지 않기 때문으로 해석된다. 고도가 높고, 사면경사가 급한

산지지형에서는 사면방향에 따라서 지표의 순환적 요소나 생물적 요소의 특성이 크게 달라질 수 있으며, 이런 경우에는 NDVI도 사면방향에 따라서 큰 차이와 변화를 보일 것으로 예측된다.

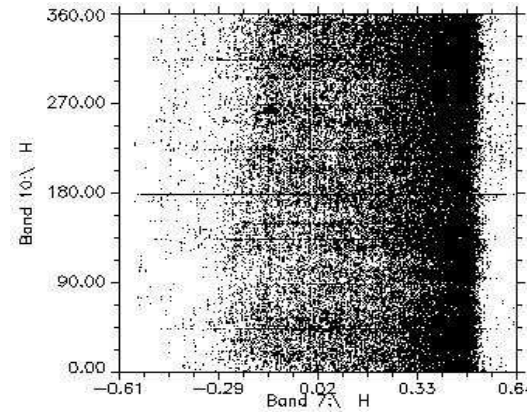


FIGURE 7. NDVI와 사면방향 산포도

TABLE 5. 사면방향과 NDVI

지형단위	사면경사 범위	식생지수(NDVI)
평지	10° 이하	-0.55~0.53
구릉지	10~20°	-0.29~0.53
산지	20° 이상	0.02~0.53

결 론

총체적인 자연환경정보시스템을 구축하는데 있어서 기본공간단위는 자연환경시스템의 구조적 요소가 되고, 상대적으로 오랜 기간 일정 공간을 점거하는 정태적 속성을 갖는 지형학적 요소를 바탕으로 동질지역단위로 지표층을 분류한 지형단위는 자연환경관리 차원에서 큰 의미가 있다. 본 연구의 사례지역을 대상으로 고도, 사면경사, 사면방향 등 지형요소와

NDVI의 관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 본 사례지역은 대체로 고도가 낮고, 사면경사가 완만한 구릉성지형을 이루고 있기 때문에 고도, 사면경사, 사면방향 등 분석된 지형요소와 NDVI가 선형의 관계를 나타내지는 않고, 대체로 NDVI 값이 높게 나타났다. 그리고 다양한 도시적 토지이용패턴이 전개되는 평지와 구릉지의 면적이 토지 피복상태가 단조로운 산지의 비율보다 높기 때문에 고도와 사면경사가 증가함에 따라서 NDVI 값의 분산 범위가 좁아지는 경향을 보인다.

둘째, 고도와 사면경사의 증가에 따라서 NDVI의 분산범위가 불연속적 변화양상을 보인다. 고도의 경우 대략 50m와 100m를 기준으로 하여 NDVI의 분산범위가 불연속적으로 감소되고, 사면경사의 경우에는 사면경사 10~20°를 경계로 NDVI의 분산범위가 불연속적으로 감소되며, NDVI의 분산범위가 감소되는 고도 50m~100m 그리고 사면경사 10~20° 경계면은 본 연구에서 적용한 지형단위의 분류기준, 즉 산지와 구릉지의 분류에 적용한 고도 100m 와 사면경사 10~20°의 경계면은 가 20°와 구릉지와 평지의 분류에 적용한 고도 50m 와 사면경사가 10°와 대략 일치된다. 이와 같은 결과는 유사한 경계면을 경계로 지형요소와 동시에 지표층을 구성하는 순환적 요소나 생물적 요소에 차이를 배경으로 하는 NDVI에 차이가 있음을 암시하는 것으로 판단되며, 따라서 NDVI는 지형단위를 분류하는 지표로 활용가능성이 매우 높다고 판단된다.

셋째, 본 사례지역 전체가 대체로 완만하고 나직한 구릉성지형인 관계로 지표의 순환적 요소나 생물적 요소의 특성이 사면방향에 따라서 큰 차이가 없기 때문에 사면방향에 따른 NDVI의 차이는 거의 나타나지 않았다. **KAGIS**

참고문헌

성춘자. 2000. GIS 데이터베이스를 이용한 지

형주제도 제작방안에 관한 연구. 한국지도학회학술발표집.

오경섭. 1996. 한국의 지형 토지환경정밀 지도화 방안에 관한 연구. 한국지형학회지 3(1):1-27.

이금삼. 1999. DEM을 이용한 한반도지형의 계량적특성과 기반암질과의 관계분석. 경북대학교 박사학위논문. pp.15-42.

이금삼, 조화룡. 1998. GIS 기법에 의한 한국 고도·기복량 분석. 대한지리학회지 33(4):487-497.

이민부, 김남신, 한균형. 2001. GIS Database 구축을 위한 지형요소의 지도화. 대한지리학회지 36(2): 81-92.

정종철, 김상욱. 2002. 식생지수를 이용한 DMZ의 생태적 영향권분석. 한국지리정보학회지 5(4):24-34.

조태영. 1997. GIS 활용을 위한 지형분류 체계 및 데이터베이스 설계에 관한 연구. 이화여자대학교 석사학위논문. pp.16-25.

환경부. 2000. 제2차 전국자연환경 조사지침.

高崎正義. 1965. 航空寫眞は見方と 使い方. 全日本建設技術協會. 248面.

大失雅彦. 1983. 地形分類の手法と展開. 古今書院.

日本應用地質學會關西支部 關西地質調査業協會. 1998. 丘陵地の 地盤環境.

態木洋太, 羽全野誠. 1982. 地形分類と地形區域區分. 地理院時報 56:7-13.

丸山裕一. 1978. 地における地形分類 とその應用. 地圖 16(3):32-39.

Cooke, R.U. and J.C. Doornkamp. 1990. Geomorphology in Environmental Management : a new introduction. Clarendon Press, OXFORD, pp.19-63.

Huet, A.R., H.Q. Liu, K. Batchily and W. van Leeuwen. 1997. A comarison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote Sensing

- of Environment 59:440-451.
- Lawrance, C.J. 1972. Terrain evaluation in West Malaysia. Part I: Terrain classification and survey methods. Report LR(506).
- Mccloy, K.R. 1995. Resource Management Information System Process and Practice. Taylor & Francis, pp.121-130.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellit-1 Symposium. Greenblt: NASA SP-351:301-317.

KAGIS