

위성영상과 GIS를 이용한 도심의 식생지수 분석

NDVI analysis of downtown using satellite image and GIS

황의진^{1)*}, 신계종²⁾, 최석근³⁾, 이재기⁴⁾

Hwang, Eui-Jin · Shin, Ke-Jong · Choi, Seok-Keun · Lee, Jae-Kee

- 1) 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail: qkqh0110@chungju.ac.kr)
- 2) 충주대학교 공과대학 도시건설공학과 교수(E-mail: gjsin@chungju.ac.kr)
- 3) 충북대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail: skchoi@chungbuk.ac.kr)
- 4) 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail: leejk@chungbuk.ac.kr)

요 지

인공위성 데이터를 이용한 원격탐사 기술과 지형공간정보시스템의 통합에 의한 도시에의 활용은 도시 계획뿐 만 아니라, 환경정비와 유지·관리 측면 등에서 중요한 역할을 하고 있다. 본 연구는 대상지역의 Landsat TM 영상자료를 이용하여 보정과정을 수행하고, GIS 시스템의 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)식을 이용하여 식생지수를 추출하였다. 산출된 식생지수를 5개 등급으로 분류하여 비 식생지역과 식생이 활발한 지역을 구분하여 분석하였고, 인공위성 데이터의 밴드간 비연산 처리를 실시하여 식물의 건강상태를 나타내는 NDVI를 위성 데이터를 이용하여 추출함으로써, 시가지내의 녹지분포에 대한 시계열적 변화를 분석하였다.

이 결과 도심주변지역에 분포하는 낮은 구릉지에서 점차적으로 도시화가 이루어짐을 알 수 있었고, 전체 면적별 녹지분포가 높은 구릉지 및 산악지역의 3, 4, 5등급지역 면적 비율이 68.9%에서 57.2%로 감소한 것으로 나타났다.

1. 서 론

세월이 흘러도 기존의 지형들의 변화는 많지 않았지만, 현대의 도시들은 급속한 인구증가로 인하여 짧은 시간동안 많은 변화를 보이고 있다.

위성측량은 24시간 측정이 가능하고, 넓은 공간을 측정하므로 서로 비교·분석이 유용하며, 연속적인 측정이기 때문에 시계열의 분석에도 정확한 비교가 가능하다.

그러므로, 이러한 도시의 시계열적 비교 분석으로 도시의 발전 형태와 방향을 추이하여 도시특성에 맞는 계획을 수행함으로써 이상적인 도시를 형성하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

외국에서는 위성영상을 이용한 토지피복과 토지이용 모델화(Green, K. 외 1994)와 위성영상과 GIS의 접목(Jeffrey L. star

1997), 디지털 이미지 시험(Jhon R. Jensen 1996) 등을 연구하였다.

국내의 식생에 대한 연구는 식생 분포와 시계열적 변화 추적, 곡물생산량 추정, 산불피해지역에서 정규산화물지수와 정규식생지수 비교분석 등을 연구하였으나, 토지이용 변화지역에 대한 식생활력도의 변화를 정량적으로 분석한 연구는 미비한 편이다.

본 연구는 1990이후 시작된 대단위 택지 개발사업으로 신시가지와 기존시가지, 그리고 개발제한구역, 농경지, 산림 등 다양한 형태의 도시공간이 존재하고 있는 충주시를 대상지로 연구하였다. 영상은 1993년과 2003년의 Landsat TM영상 자료를 기하보정과 대기보정 및 지형보정을 실시하였으며, 두 시기의 영상을 GIS프로그램을 이용하여 식생지수를 추출 하였다. 이 식생지수

는 TM밴드 3과 4의 합과 차의 비로 계산되는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)식을 이용하였다.

산출된 식생지수를 5개 등급으로 분류하여 식생·비식생지역으로 구분하여 비교·분석하였고, 위성데이터 밴드간 비연산처리를 실시하여 식물의 지표(NDVI)를 추출하였으며, 시가지내의 녹지분포에 대한 시계열적 변화를 분석하였다.

2. 식물의 분광반사특성과 식생지수

2.1 식물의 분광반사특성

식물이 건강하고 활기가 있을 때에는 가시광선파장대역(0.4~0.7 μ m)내의 0.55 μ m 부근에서 녹색광 파장대역에 특징적인 peak가 나타난다. 즉, 광합성 작용을 위하여 태양광선을 선별적으로 흡수하고, 필요 하지 않는 파장대역의 광선은 반사하게 되며, 그림 1은 식물의 반사특성을 나타낸 것이다.

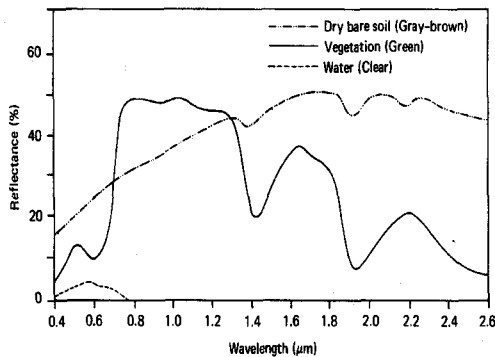


그림 1. 식물의 분광반사율 곡선

대부분 반사되는 녹색 파장대역의 반사광은 인간의 눈으로 하여금 식물이 녹색으로 보이게 한다.

또한, 근적외선 파장대역(0.7~1.15 μ m)에 있어서는 거의 대부분을 반사함으로써 강한 반사특성을 보여준다. 그러나, 식물이 병 등의 원인에 의해 약해진 경우, 근적외선 파장대역의 반사는 크게 떨어진다. 게다가 활력을 잃고 마르면 근적외선 파장대역의 반사는 현저하게 저하함과 동시에 가시광선 대역 0.85 μ m 부근의 적색광선 파장대에서

의 반사는 높아진다. 말라버린 식물이 붉은 색으로 보이는 것은 이러한 이유 때문이다. 완전히 마른 상태에서는 적색광선역, 녹색광선역, 청색광선역 등의 모든 파장대에서 반사강도가 거의 같아지고, 빛의 삼원색 원리에 의해 식물은 백색계통으로 보이게 된다. 이렇게 나타나는 식물의 분과반사 특성에 따라 식물의 분포형태나 도심의 집약성을 이용한 도시의 발전 형태를 알 수 있다.

2.2 식생지수

식생이 함유하고 있는 클로로필 때문에 녹색식물은 가시광선의 녹색파장대(0.5~0.6 μ m)에서 약간 높은 반사율을 나타내고, 적색(0.6~0.7 μ m)은 반사가 거의 없으며, 근적외선(0.7~3 μ m)에서는 50%이상의 높은 반사율을 나타낸다. 이러한 반사특성과 관련하여 식물의 활력도를 추정할 수 있는 계산식이 정규식생지수(NDVI)이다.

일반적으로 왕성하게 성장하는 녹색식물은 근적외선 입사량의 40~50%를 반사하고, 식물체내의 엽록소는 가시광선의 80~90%를 흡수하나, 활력이 저하되었거나, 고사한 식물체는 가시광선의 20~30%를 반사하여 왕성한 식물보다 반사량이 많고, 적은 근적외선을 반사한다.

본 연구에 사용되는 정규식생지수는 1973년 Rouse 등이 제안한 것으로 현재 가장 포괄적으로 사용되는 지수로서 농업부문에서는 식량 및 섬유작물 생산량의 예측이 가능하며, 식생부문에서는 식생의 활력도, 생산성, 염면적, 녹피율 등의 추계에 이용이 가능하다.

$$NDVI = \left(\frac{4band - 3band}{4band + 3band} + 1 \right) \times 128$$

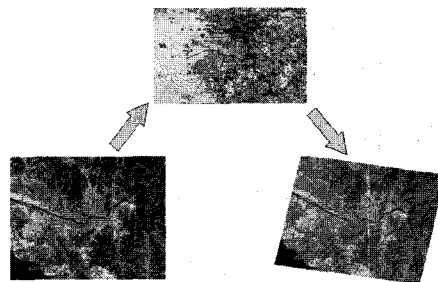


그림 2. 기하보정의 처리과정

식생지수를 이용하기 위하여 기존의 수치 지도와 위성영상 자료를 접목시키고, 위성 영상 좌표를 실제의 좌표형태로 변화하며, 그림 2는 위성영상의 기하보정과정을 나타 낸 것이다.

3. 분석 및 고찰

3.1 연구대상지역

연구대상지역인 충주시는 지난 2002년 하반기에 중부내륙고속도조기완공과 주덕~장호원, 산척~장호원간 국도4차선이 동시 개통되었고, 현재 추진 중인 동서고속도로, 중부내륙선철도망, 충북선 전철화, 국도4차선 확포장 사업 등이 수년 내 모두 완공되면 충주시는 전국 교통망의 핵심 요충지로 부상하게 될 것이다. 이와 같은 여건으로 충주시는 수도권에 근접하고 있어 충청북도의 중심역할을 수행하게 될 것이며, 지역의 특성상 도시화가 많이 진행되지는 않았지만 향후 발전이 예상되는 지역이다.

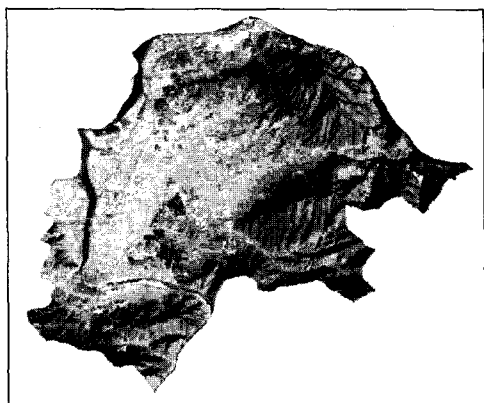


그림 3. 연구대상지역의 3차원도

향후의 도시발전을 계획적·체계적으로 진행하기 위해서는 도시환경에 대한 변화량을 분석하여 그에 따른 적절한 개발계획 수립이 필요하다. 이를 위해 식생지수를 분석하여 도시 수목형태를 파악하고, 차후에 이루어질 도시의 발전 형태를 예측하기 위한 지역 특성을 분석한다.

3.2 시계열 분석

3.2.1 식생지수의 분석

영상자료를 이용한 도시공간의 변동은 4가지로 구분하여 분석한다.

첫째, 도시 구성요소가 질적인 변화를 나타내는 것으로 미개발지가 시가지로 바뀌거나 토지이용 용도의 변화, 인구구조나 연령 구조 변화, 도시계획 용도지역 변화 등을 들 수 있다. 둘째, 양적·수치적 변화로 토지이용의 고밀화나 지가 상승, 도로개설에 의한 접근성 변화 또는 인구수 증가, 생산량의 증가 등과 같이 증가나 감소의 변량이 수치적으로 파악될 수 있는 경우이다. 셋째, 공간적인 이동으로 속성 중 위치를 나타내는 좌표값이 변화하는 것이다. 넷째, 복수의 공간 구성요소간의 위계나 인접성, 포함 등의 관계를 나타내는 요소가 변화하는 것으로 시계열 비교를 통해 분석된다.

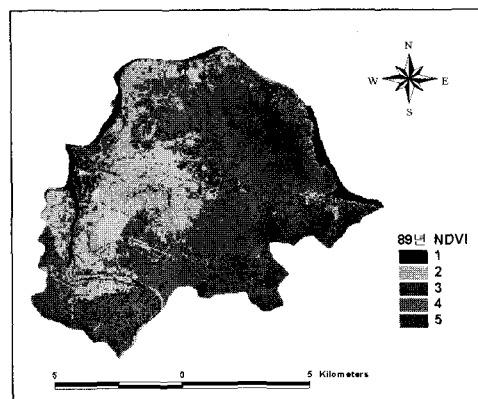


그림 4. 1990년 NDVI

표 1. 1993년 등급별 식생분포 면적

등급	면적(m ²)	비율(%)
1	5,382,000	5.5%
2	25,296,300	25.7%
3	22,908,600	23.2%
4	30,781,800	31.2%
5	14,242,500	14.4%
계	98,611,200	100%

본 연구는 1993년 충주시의 식생지수를 그림 4와 같이 분석한 영상으로 표 1과 같이 총면적은 98,611,200m²이고, 1등급지역은 5.5%로 충주시 지역의 전체면적 비율에 비

해 낮은 분포를 보이며, 2등급 지역이 25.7%로 발전 형태를 이루기에 유리한 조건을 가지고 있다. 표1과 그림4의 분석 결과 2등급 지역은 대부분 초지 형태를 띠고 있으나, 구릉지의 형태로 개발이 이루어질 수 있는 곳으로 식생지수를 가지고 분석할 수 있다. 4등급과 5등급 지역이 50%이상 이루고 있는 것으로 보아 주변지역이 높은 산지형태를 띠고 있으며, 식생의 분포가 전체적으로 높은 지역으로 볼 수 있다.

그림 5는 2003년도 5월의 RGB영상으로 높은 산악지역에서는 색이 짙은 형태를 띠고 있지 못하며, 붉은 색을 띠는 것으로 보아 산림 정도가 낮게 형성되어 나타나고 있고, 도심 지역으로 나타나는 지역이 북동부 지역으로 상당히 발전됨을 알 수 있다. 또한, 도심주변의 지역이 인공구조물의 생성으로 도로의 구별이 이루어지지 않고 있으며, 동쪽의 산림지역이 많은 반사량을 보이는 것은 산림지역의 일부가 개발되고 있음을 알 수 있다.

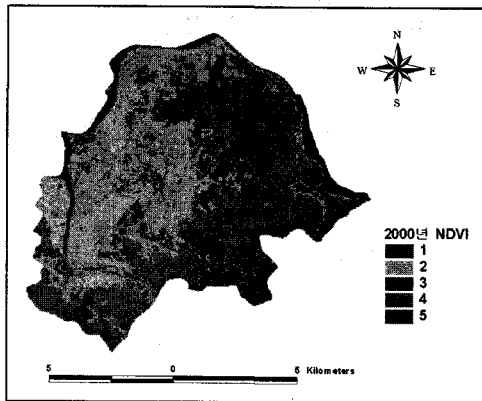


그림 5. 2000년 NDVI

표 2. 2003년 등급별 식생분포 면적

등급	면적(m ²)	비율(%)
1	9,296,100	9.4%
2	32,875,200	33.3%
3	18,988,200	19.3%
4	31,415,400	31.8%
5	6,062,400	6.1%
계	98,637,300	100%

2등급 지역으로 나타나는 충주역 부근에 발전이 이루어지고 있으며, 기존 전답이던 지역이 모두 열린 청색을 나타내고, 짙은 북쪽 산림지역이 인공구조물로 변해지고 있는 것을 보이고 있다.

3.2.2 영상의 비교분석

1993년과 2003년의 영상을 비교분석 해보면 그림4에서 북동쪽지역의 산지지역에 식생지수가 아주 높게 나타나는 것에 비해 그림5 지역에서는 붉은색이 아닌 분홍색으로 나타나며, 그 지역의 정상부에 이루는 지역은 식생지수가 아주 낮은 초록색으로 표현되고 있다. 충주시 북동부 산지지역의 이상여부를 분석한 결과 이 지역에서는 산불이나 벌목이 이루어지지 않음을 확인되었다. 그러므로, 이 지역의 식생지수 변동은 5월의 산림 형성이 잘 이루어지지 않고 6월의 활성화를 이루는 산림의 형태로 보아 활엽수 지역임을 알 수 있다.

그리고, 도심지역내의 식생지수를 비교하면 반사량이 많이 나타나는 지역이 늘어나 지역 발전이 이루어짐을 알 수 있다. 그림4에서의 청색빈도는 충주시 중심지역의 일부분에 분포되어 있고, 그림 5는 도심주변의 지역이 전체적으로 넓게 분포되어 있으며, 주변 산 지역에서 구릉지역까지 넓게 분포되어 있기 때문에 충주시의 주변 지역이 상당량의 지역개발이 이루어졌음을 알 수 있다. 또한, 북쪽지역으로 형성되어진 개발지역은 도시 내부지역과 이격되어 있었지만, 2003년 정구식생지수 자료를 보면 같은 지역으로 느껴질 정도로 연결되어 있다. 이것은 충주시 구릉 지역들이 북쪽의 목행 지역으로 개발되어 있음을 알 수 있고, 앞으로의 개발형태를 예측하면 목행 지역과 연결되어 거의 한 도시의 형태로 이루어질 것을 알 수 있다. 서쪽지역도 단위의 농지를 개발하여 충주시 도시 내부가 확산될 것이며, 서서히 목행 지역과 유사한 모험으로 움직이고 있는 것을 알 수 있다.

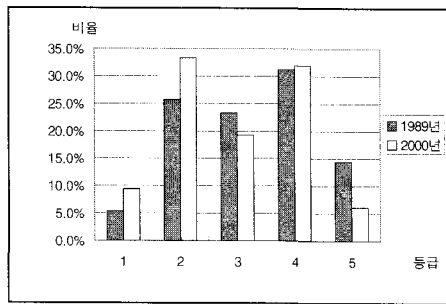


그림 6. 1993년과 2003년 등급별 생분포비율 비교

그림 6은 1993년과 2003년 등급별 식생분포비율자료를 1993년 기준으로 비교·분석하였다. 인공구조물로 보이는 1등급지역은 전체 면적의 5%에서 약 10%로 상승한 것으로 보아 도시 면적이 2배 이상 늘어난 것이며, 5등급 산림지역이 낮은 것은 고지대에서 수림 활성화가 이루어지지 않아 3, 4등급 지역으로 열린 식생지수로 발생하여 낮은 빈도를 보이고 있다.

나대지의 형태를 띠는 2등급지역의 분포가 많이 이루어지는 것은 개발과정 지역이 늘어 넓은 지역의 면적을 차지하는 것으로 분석되고, 일부 지역은 아직 계절적인 차이로 활엽수가 활성화 되지 않은 것으로 분석된다.

3, 4등급지역은 1993년의 데이터와 큰 차이를 보이지 않지만, 그 늘어난 정도를 보면 5등급 지역의 줄어든 면적비가 거의 흡사한 것으로 보아 이곳의 식생지수에 포함되어진 비율은 거의 5등급 지역의 식생이 변화하는 과정중이라는 것을 알 수가 있다.

4. 결 론

본 연구는 위성영상과 GIS를 이용하여 충주시를 시계열 분석하였으며, 도시 변화량과 발전과정을 식생지수 등급을 통하여 변화량을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 도시지역 시계열을 추출하여 GIS와 통합처리 결과 도시화에 따라 도심지내 녹지분포가 낮은 1, 2등급지역 면적비율이

31.1%에서 42.8%로 증가하는 것으로 나타났다으며, 도심주변지역에 분포하는 낮은 구릉지에서 도시화가 이루어짐을 알 수 있었다.

2. 면적별 녹지분포가 높은 구릉지 및 산악지역의 3, 4, 5등급지역 면적 비율이 68.9%에서 57.2%로 감소한 것은 도심의 확산현상과 계절적 차이에 의한 산림활성화가 이루어지지 않아 생긴 것으로 분석되었다.
3. 도심 식생지수 분석결과 산림지역 형성인자들을 예측할 수 있었고, 점차적으로 변화하는 도심 주변의 상황들을 예측할 수 있었다.

참고 문헌

1. 최승필, 박종선, 2004, 산불피해지역에서 정규산화율지수와 정규식생지수의 비교 분석, 한국측량학회지, 제22권, 제3호, pp. 261~289.
2. 양인태, 한성만, 윤희천, 김홍규, 2004, 사용자 중심적 GIS 인터페이스를 이용한 시계열적 우너격탐사 영상의 변화탐지기법의 개발, 한국측량학회지, 제22권, 제2호, pp. 151~160.
3. 사공호상, 임정호(2003), IKNOS 위성영상을 이용한 토지이용 현황분석에 관한 연구.
4. 이규성(1994), 시계열 AVHRR위성자료를 이용한 한반도 식생분류.
5. Bonan, B., Gordon, (1993), Importance of Leaf Area Index and Forest Type when Estimating photosynthesis in Boreal Forests, Remote Sensing of Environment
6. Fung, T. and E. LeDrew(1998), "The Determination of Optimal Threshold Levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices", PE & RS, Vol.54, No.10