

NDVI와 NDBI를 이용한 도시지역 추출에 관한 연구

Study of urban extraction using NDVI and NDBI

이수현*, 정재준

Soo-hyun Lee*, Jae-joon Jeong

성신여자대학교 지리학과 석사과정, 성신여자대학교 지리학과 조교수

cooly1221@hanmail.net, jeongjj@sungshin.ac.kr

요약

도시화에 따른 도시문제발생이라는 결과로 미루어 볼 때, 지속적인 도시 성장을 위한 도시 성장 관리는 필수적이며, 이것을 위해서 도시지역을 추출하는 것은 도시의 성장 추이를 파악할 수 있게 한다는 점에서 매우 의미 있는 일이다. 본 연구에서는 도시 성장 모니터링에 있어서 정규식생지수(NDVI)와 정규시가지화지수(NDBI)를 결합한 방법의 활용성을 규명하는데 목적을 두었다. 이를 위해 토지피복분류에 일반적으로 사용되는 감독분류기법과 도시지역추출에 이용되는 NDVI와 NDBI를 결합한 방법(식생지수결합법)으로 1988년과 2000년 두 시기의 Landsat TM 영상을 이용하여 도시지역을 추출하고 일치도를 분석하였다. 분석 결과, 1988년 식생지수결합법과 감독분류기법으로 추출한 도시지역의 일치도는 98%, 식생지수결합법 비도시지역으로 추출된 지역이 감독분류기법으로는 도시지역으로 추출될 확률은 37.35%로 나타났고, 같은 경우 2000년은 각각 99.3%와 7.7%로 나타났다. 이를 통해 식생지수결합법을 사용한 도시지역 추출 결과와 감독분류기법을 사용한 도시지역 추출 결과의 일치도가 비교적 높게 나타남을 알 수 있었다. 또, 각 기법을 통한 도시지역 추출 결과와 실제 도시 검사점과의 일치도의 분석을 통해서도 도시지역 추출 결과의 일치도가 비교적 높게 나타났다. 따라서 분류를 통한 도시지역 추출 방법에 비해 식생지수결합법을 이용한 도시지역 추출이 절차상 수월한 점을 감안하면 도시지역 추출에 있어서 식생지수결합법의 효율성을 입증할 수 있었다.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

도시적인 지역변질과 도시적 요소의 증대, 인구의 집중 등으로 대표되는 도시화 현상이 전 세계적인 흐름으로 진행되는 가운데, 우리나라 역시 급격한 도시화를 경험하고 있다. 도시화는 형태학적 개념과 구조적인 개념, 인구학적인 개념으로 구분 가능하며, 형태학적으로는 사회 환경이나 지역형태와 관련 없이 개개 시민의 형태가 도시적으로 변화하는 현상을 의미하고, 구조적으로는 개개 시민의 형태와 관련 없이 농업사회에서 비 농업사회로의 인구이동을 의미하며, 인구와 관련해서는 인구의 도시 집중현상을 의미한다. 도시화

와 도시성장의 진전에 따라 다양한 도시 문제도 경험하고 있는데, 지역 간 성장격차, 주택문제, 자동차의 증가에 따른 환경문제, 도로 공간에서의 인간소외 등이 그 대표적인 사례이다(정삼석, 2004). 도시화에 따른 도시문제발생이라는 결과로 미루어 볼 때, 지속적인 도시 성장을 위해서는 도시의 성장 관리가 필수적이며, 이것을 위해서 도시지역을 추출하는 것은 도시의 성장 추이를 파악할 수 있게 한다는 점에서 매우 의미 있는 일이다.

그러나 도시의 성장과 관련된 국내의 연구는 대부분 도시 성장에 영향을 미치는 요인의 분석과 미래의 도시성장을 예측하는 도시성장모델링에 관한 연구가 주를

이루고 있고, 도시지역의 지도화를 위한 방법의 하나인 정규시가지화지수(NDBI)를 활용한 연구는 미흡한 실정이며, 토지피복 연구에 있어서도 원격탐사와 GIS기법을 활용한 NDVI 산출에 관한 연구가 대부분이다.

본 연구는 우리나라 정치·경제·문화의 중심지이자 도로·철도·항공 교통의 구심점인 서울특별시를 대상으로 감속분류기법과 식생지수결합법을 이용한 도시지역의 추출과 그 비교를 통해 식생지수결합법의 사용가능성을 파악하는데 그 목적이 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

1.2. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 1988년부터 2000년까지 서울시지역으로, 연구를 위해 1988년과 2000년의 Landsat TM 영상을 이용하여 도시 지역 데이터가 구축되었다. 서울은 면적 605.40km², 인구 10,297,004명(2005), 인구밀도 17008.6/km²(2005)에 이르는 지역으로 행정구역상 25개 구, 472개 법정동, 522개 행정동으로 구성되어 있다. 1945년 광복당시 8개 구, 268개 동으로 구성되어 있었으나 1949년 9개 구로 늘어나면서 동시에 면적도 크게 늘어나 268.353km²로 광복당시의 2배가 되었다. 이후 계속적인 개발이 이루어지면서 1963년에는 면적 595.50km², 1973년에는 면적 605.33km², 11개 구로 구성되었고 지속적인 행정구역 개편에 따라 현재에 이르는 대도시로 성장하게 되었다. 그러나 급속하게 이루어진 개발은 주택문제, 교통문제, 환경문제, 지역 불균형 등 많은 문제를 야기하게 되었고 이에 대한 대안으로 2003년 강북지역의 뉴타운 개발을 기점으로 청계천 생태하천 복원, 서울 숲 조성, 대중교통체계 개편 등 많은 개발 사업이 추진되고 있다.

1.3. 연구의 과정 및 방법

본 연구를 위한 연구대상지역의 자료는 1988년과 2000년의 Landsat TM 영상을 사용하였고 공간 해상도는 Landsat TM

영상이 가지고 있는 30m×30m를 이용하여 분석하였다. 사용된 분석도구는 위성영상의 분석을 위하여 ER Mapper Ver. 7.0 1과 ArcView GIS 3.3을 사용하였으며 연구의 과정 및 방법은 다음과 같다.

(1) 자료의 전처리 과정

도시지역 데이터 구축을 위해 1988년과 2000년 위성 영상을 이용하여 기하보정(Geometric Correction)을 실시하였다. 2000년 영상을 image to map으로 1: 25,000 수치지도를 사용하여 GCP를 선정하였고, 1988년 영상은 기하보정된 2000년 위성영상을 가지고 image to image 방법으로 기하보정 하였으며, 화상을 보정하기 위하여 영상 자료값 재배열 방법으로는 최근린 법(Nearest-neighbor method)을 사용하여 보강하였다. 최근린 법은 원형셀에 가장 근접한 것과 동등한 속성 값이 출력 래스터 레이어 셀에 지정되는 방법으로, 리샘플링(Resampling) 방법 중 재수정된 격자 셀에 할당된 원형의 격자 셀 속성 값을 변형시키지 않는 유일한 방법이다.

(2) 도시지역 추출 과정

(가) 식생지수결합법을 이용한 도시지역 추출

식생분포의 파악은 지상 자원의 관리를 위해, 사막화와 산림개간을 막기 위해, 또한 지속가능한 농촌과 지방발전을 위해 필요하다. 이를 위한 Vegetation index는 위와 같은 여러 용도로 사용되고, 그 종류도 다양하다(Jensen, J. R., 2005). 즉, 식생의 종류와 상태 및 시간적 변화의 모니터링을 위해서 다양한 원격탐사 시스템과 식생지수를 이용하고 있는데, 가장 일반적으로 사용되는 지표는 정규식생지수(NDVI)이다. 이 지표는 1974년 Rouse et. al. 등이 개발한 것으로 식생의 성장과 식생상태에 대한 계절적 변화나 연간 변화를 모니터링할 수 있고 다중시기 다중밴드 영상에 존재하는 많은 잡음을 줄여주는 장점을 가지는 방법이다.

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3}$$

식생지수의 다른 응용으로서 본 연구에 사용된 방법은 정규시가지지수(NDBI)이다. NDBI는 도시나 근교문제에 관한 연구, 특히 도시지역의 분포를 모니터링하는데 유용하게 사용될 수 있고 유역유출 추정이나 다른 계획 수립부분에 사용가능한 방법이다. NDBI는 본래 Hardisky et. al. (1983) 등이 개발한 Infrared Index II (Hardisky et. al, 1983)와 같은 것이지만, 2003년 Zha et. al. 등은 NDBI와 NDVI의 결합에 기초한 방법으로 Built-up area 추출을 제안하고 있으며, 이 방법을 사용한 도시지역 추출은 92.6%의 정확도를 보인다고 보고되었다.

$$NDBI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4}$$

Urban = NDBI - NDVI (Zha et al, 2003)

본 연구에서 사용된 2000년 Landsat TM 영상의 Digital Number(DN)값은 아래 표(표 1)와 같이 나타나는데, 이 중에서 urban과 mud의 값을 살펴보면, Band 3의 값이 Band 4의 값보다 크고, Band 5의 값이 Band 4의 값보다 큰 패턴으로 나타나는 것을 알 수 있고(그림 1), 이러한 경향은 1988년의 경우도 마찬가지이다. 이 유형은 forest, agriculture, water가 가지는 패턴과는 명확하게 구분된다. 따라서 이러한 원리를 이용하면 도시지역을 추출할 수 있고, 이를 위해서 ER Mapper 알고리즘 분석을 수행하였다. 분석을 통해서 도시 지역은 255, 비도시지역은 0의 값을 가지게 되는데, 감독분류 결과와의 비교를 위하여 이것을 ArcView GIS 상에서 그리드 파일로 전환하였으며, 이진 마스킹(Binary Masking)과정을 통해 도시는 1로, 비도시는 0의 값으로 재분류하였다.

표 1 2000년 Landsat TM spectral band의 DN

TM spectral band	1	2	3	4	5	7
min	79	53	49	24	39	32
urban max	122	110	139	75	170	135
urban mean	96.2	78.0	81.4	47.3	79.5	68.8
min	57	38	26	44	41	19
forest max	72	60	57	90	89	54
forest mean	61.7	44.7	33.5	66.4	66.2	32.4
min	69	57	40	56	60	31
agri-culture max	88	84	90	140	122	67
agri-culture mean	73.7	68.4	50.4	113.2	90.4	45.7
min	88	72	72	33	45	30
mud max	94	78	81	40	70	51
mud mean	92.0	75.4	77.7	37.9	63.8	43.9
min	71	50	32	10	9	7
water max	92	80	79	20	15	14
water mean	80.4	61.5	49.1	13.7	11.2	10.2

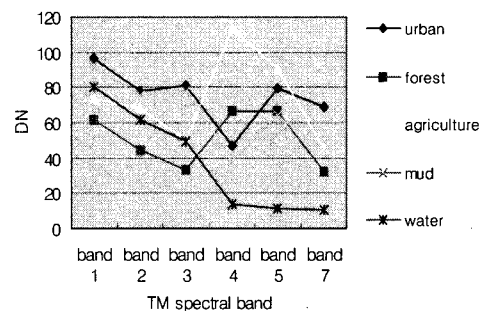


그림 1 2000년 Landsat TM spectral band DN(mean value)

(나) 감독분류기법을 이용한 도시지역 추출

감독분류(Supervised Classification)는 선형적으로 위치를 알고 있는 지역을 기초로 훈련지역(training sites)을 선정하여 다변량 통계 변수들을 계산하고, 이를 이용하여 훈련지역 안과 밖의 모든 화소를 평가한 뒤 각 화소를 가장 확률이 높은 클래스에 할당하는 방법이다(Richards, 1994). 본 연구에서는 urban, forest, agriculture, mud, water의 5개의 훈련지역을 선정하였는데, 이 5개 항목으로 토지피복분류를 실시하였다†. 토지피복분류 결과를 식생지수결합법분류 결과와의 비교를 위하여 마찬가지로 ArcView GIS 상에서

† urban은 빨강색, forest는 녹색, agriculture는 노란색, mud는 하늘색, water는 파란색으로 분류.

그리드 파일로 전환하였으며, 도시는 1, 나머지 지역은 모두 0의 값으로 분류하는 이진 마스킹과정을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

1988년 Landsat TM 영상을 이용한 식생지수결합법과 토지피복분류와의 결과영상(그림 2)과 2000년의 결과영상(그림 3)을 살펴보면, 다음과 같다.

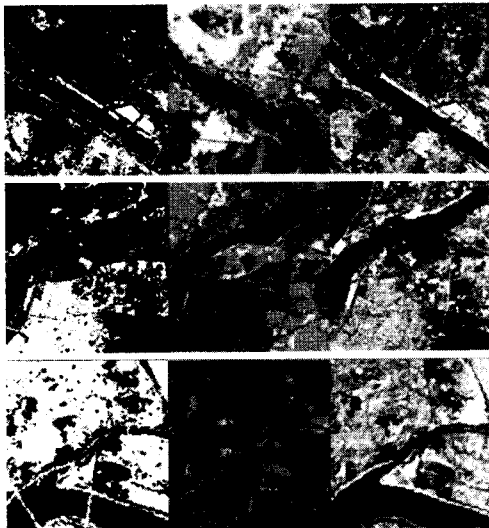


그림 2 1988년 각 기법으로 분류한 영상과 Landsat TM 원 영상(왼쪽부터 식생지수 결합법 적용 영상, 감독분류기법 적용 영상, 원 영상)

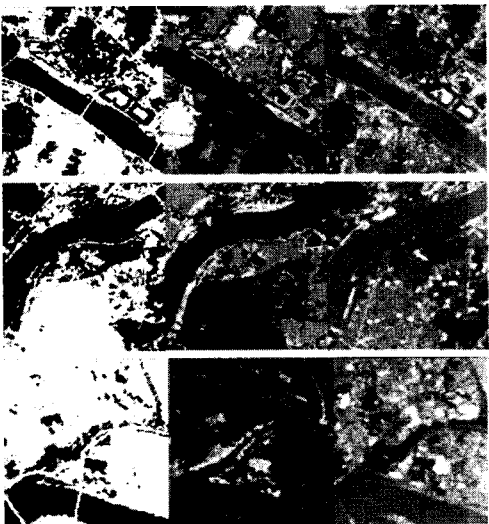


그림 3 2000년 각 기법으로 분류한 영상과 Landsat TM 원 영상(순서는 그림 2와 동일.)

두 시기의 영상이 같은 지역을 나타내고 있기 때문에, 영상을 통해서 시계열적인 도시지역의 확장도 파악해 볼 수 있다. 각각의 분석결과를 원 영상과 비교 해 볼 때, 두 결과 모두 도시지역을 잘 추출해내고 있지만 식생지수결합법 분류 결과가 더 정밀하게 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 그러나 보다 정확한 결론을 얻기 위해서 도시지역과 비도시지역으로 추출된 셀의 비교분석을 실시하였다.

연구 대상지역인 서울의 식생지수결합법과 감독분류의 방법을 사용하여 추출한 도시지역의 일치 셀은 1988년의 경우 전체 674,428셀 중에 260,971셀, 비도시 지역의 일치 셀은 255,839셀로 나타났다. 식생지수결합법에서 도시로 추출되었으나 감독분류에서 비도시로 추출된 셀은 5,098셀이었고, 감독분류에서 도시로 추출되었으나 식생지수결합법에서 비도시로 추출된 셀은 152,520셀로 나타났다. 식생지수결합법에서 도시로 추출된 지역이 감독분류에서 도시로 추출될 확률은 98%로 높게 나타났으며 식생지수결합법에서 비도시로 추출된 지역이 감독분류에서 비도시로 추출될 확률은 62.6%, 같은 경우 감독분류에서 도시로 추출될 확률은 37.35%로 낮게 나타났다(표 3). 식생지수결합법에서 도시로 추출된 지역이 감독분류에서 비도시로 추출될 확률과 식생지수결합법에서 비도시로 추출된 지역이 감독분류에서 도시로 추출될 확률이 매우 낮기 때문에, 식생지수결합법의 도시지역 추출결과를 실제 도시지역으로 볼 수 있다.

2000년 영상의 분석결과도 같은 패턴으로 나타났다. 전체 974,428셀 중에서 두 방법으로 추출한 셀 중 도시지역의 일치 셀은 404,203셀, 비도시 지역의 일치 셀은 246,681셀로, 식생지수결합법에서 도시지역으로 추출된 지역이 감독분류 결과와 일치할 확률은 99.2%로 매우 높게 나타났다. 식생지수결합법에서 비도시로 추출된 지역이 감독분류에서 도시지역으로 추출된 셀은 2,909셀, 확률 7.8%로 매우 낮게 나타났으며 같은 경우 감독분류에서도 비도시로 추출될 확률은 92.2%로 높

게 나타났다(표 4). 따라서 2000년의 영상분석 결과도 식생지수결합법의 도시지역 분석결과를 신뢰할 수 있다.

표 3 식생지수결합법과 감독분류기법을 활용한 분류 결과의 비교(1988)

분류 지수결합	비도시			일치도
	비도시	도시	계	
비도시	255839	152520	408359	62.7%
도시	5098	260971	266069	98.1%
계	260937	413491	674428	
일치도	98.0%	63.1%		76.6%

표 4 식생지수결합법과 감독분류기법을 활용한 분류 결과의 비교(2000)

분류 지수결합	비도시			일치도
	비도시	도시	계	
비도시	246681	20635	267316	92.2%
도시	2909	404203	407112	99.2%
계	249590	424838	674428	
일치도	98.8%	95.1%		96.5%

각 기법의 정확도를 파악하기 위해 서울시의 도시 검사점 데이터와의 일치도를 분석하였고 그 결과는 표 5와 같다. 이 표를 통하여, 각 기법으로 추출된 도시지역과 검사점을 통한 실제 도시지역과의 일치도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{\sum \text{각 기법을 통해 추출된 도시 검사점의 수}}{\sum \text{서울시 도시 검사점의 수}}$$

위와 같은 방법으로 2000년 감독분류기법에 의해 추출된 도시지역과 실제 도시 검사점과의 일치도는 약 93.42%, 같은 시기 식생지수결합법에 의해 추출된 도시지역의 일치도는 약 90.78%로 거의 차이를 보이지 않는다. 그러나 같은 방법으로 구한 1988년의 감독분류기법으로 추출된 도시지역과 실제 도시지역의 일치도는 약 95.06%, 같은 시기의 식생지수결합법에 의해 추출된 도시지역의 일치도는 79.62%로 2000년의 결과에 비해서는 차이를 나타내고 있지만, 여전히 높은 비율을 보이고 있다.

표 4 식생지수결합법과 감독분류기법을 활용한 결과와 실제 도시검사점의 비교(1988, 2000)

분류	지수결합	1988		2000	
		도시 검사점 (개)	일치도 (%)	도시 검사점 (개)	일치도 (%)
비도시	비도시	6	3.70	10	6.57
도시	비도시	27	16.66	4	2.63
비도시	도시	2	1.23	0	0
도시	도시	127	78.39	138	90.78
계		162		152	

1988년 영상의 분석 결과에서 식생지수결합법을 사용하여 추출된 비 도시 지역이 감독분류에서 도시 지역으로 추출될 확률이 37.4%로 나타나는 점과 1988년 영상의 감독분류로 추출된 도시지역과 도시 검사점의 일치도가 식생지수결합법의 결과보다 높게 나타난 점은 감독분류기법이 식생지수결합법보다 정확하다는 결론을 이끌어낼 수 있지만, 이것은 표면적인 것이다. 데이터 분석 결과를 살펴보면, 1988년 영상의 감독분류기법으로 분류된 도시지역은 413491셀이고 2000년 영상에서 감독분류기법으로 분류된 도시지역은 424838셀이다. 우리나라의 도시화율이 1985년 74.3%, 1990년 81.9%, 2000년 88.3%인 점을 고려한다면, 2000년의 도시셀이 훨씬 많아야 함에도 불구하고 그 차이가 매우 적게 나타난 점으로 미루어보아, 1988년 영상에서 감독분류기법으로 분류된 도시지역이 과대 추정되었거나, 2000년 영상에서 감독분류기법으로 분류된 도시지역이 과소 추정되고 있음을 알 수 있다. 이러한 도시의 과대 혹은 과소 추정 때문에 감독분류기법의 결과가 식생지수결합법의 결과보다 상대적으로 높은 일치도를 보인 것이다. 따라서 분류정확도가 높다면 분류결과를 신뢰할 수 있지만(정재준, 2005), 본 연구에서는 분류결과의 정확도가 높다고 볼 수 없기 때문에, 분류를 통한 도시지역 추출 방법에 비해 식생지수결합법을 이용한 도시지역 추출이 절차상 수월한 점을 감안하면 도시지역 추출에 있어서 감독분류기법보다 식생지수결합법의 사용이 효율적임을 알 수

있다.

4. 결론

도시화가 전 세계적인 추세로 진행되는 가운데, 우리나라도 급속한 도시화를 통해 오늘에 이르고 있다. 도시화가 진행됨에 따라 도시공간의 외연적 확산이 이루어지고 있으며, 도시화에 의해 야기되는 많은 문제들은 환경적으로 건전하고 지속가능한 도시 성장을 위해 도시 성장관리가 필수적임을 알려주고 있다. 이를 위해서는 기본적으로 도시 지역을 파악하여 도시의 규모를 분석하는 것이 필요하다.

지금까지 서울시를 대상으로 1988년과 2000년의 Landsat TM 영상을 이용하여 토지피복분류에 일반적으로 사용되는 감독분류기법과 도시지역추출에 사용되는 식생지수결합법을 사용하여 서울시의 도시 지역을 추출하고 이를 비교분석하여 도시 지역 추출에 있어서 식생지수결합법의 사용이 적합함을 알아보았다.

두 시기 영상의 분석 결과 식생지수결합법을 사용한 도시지역 추출 결과와 감독분류기법을 사용한 도시지역 추출 결과의 일치도가 매우 높게 나타나고, 식생지수결합법을 사용하여 추출된 비 도시지역이 감독분류기법을 사용하여 추출하였을 때, 도시 지역으로 추출될 확률이 매우 낮음을 알 수 있었다. 따라서 도시 지역 추출에 있어 식생지수결합법의 사용이 적합함을 알 수 있다.

1988년 영상의 분석 결과에서 식생지수결합법을 사용하여 추출된 비 도시 지역이 감독분류에서 도시 지역으로 추출될 확률이 37.4%로 나타나는 점과 1988년 영상의 감독분류에서 추출된 도시지역과 도시 검사점의 일치도가 식생지수결합법의 결과보다 높게 나타난 점은 1988년 영상에서 감독분류기법으로 분류된 도시지역이 과대 추정되었거나, 2000년 영상에서 감독분류기법으로 분류된 도시지역이 과소 추정된 결과로, 분류결과의 정확도가 높다고 볼 수 없기 때문에, 분류를 통한 도시지역 추출 방법에 비해 식생지수결합

법을 이용한 도시지역 추출이 절차상 수월한 점을 감안하면 도시지역 추출에 있어서 감독분류기법보다 식생지수결합법의 사용이 효율적이다. 다만 Landsat TM spectral Band를 사용한 토지피복분류에서 urban과 mud가 잘 구별되지 않는 것은 이 연구의 한계로 앞으로 지속적인 연구가 필요한 부분이다.

참고문헌

통계청 <http://www.nso.go.kr/>

김혜천, 2002, 도시: 현대도시의 이해, 대왕사

대한국토·도시계획학회 편저, 2003, 도시계획론, 보성각

정재준, 2005, "사후확률 결합에 의한 분류정확도 향상에 관한 연구", 한국 GIS학회지, 제12권, 제1호, pp. 111-125.

정삼석, 2004, 도시계획, 기문당

Hardisky, M. A., Klemas, V., and Smart, R. M., 1983, "The Influence of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Radiance of *Spartina alterniflora* Canopied", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, No. 1, pp. 77-83.

Zha, Y., Gao, J., and Ni, S., 2003, "Use of Normalized Difference Built-up Index in Automatically Urban Area from TM Imagery", International Journal of Remote Sensing, Vol. 24, No. 3, pp. 583-594.

Jensen, J. R., 2005, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective(3rd), Prentice Hall, pp. 316-322.

Richards, J. A., 1994, Remote Sensing Digital Image Processing(2nd), Springer-Nerlag, pp. 180-195.