

고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용한 지목불부합의 정도 측정

홍성언*, 이동헌*, 박수홍**

* 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 대학원

** 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 조교수

Hong Sung-Eon, Yi Dong-Heon, Park Soo-Hong,

요 약

필지는 지번, 지목, 경계, 면적이라는 기본적인 구성요소를 가지고 있다. 그 가운데 토지의 가치는 대부분 지목에 의해 결정된다. 때문에 많은 수익이나 산출이 기대되는 용도로 토지를 이용하려는 욕구의 증가로 토지이용의 전환이 많이 이루어지고 있다. 결국, 이것은 토지의 불법 형질변경, 난개발 등의 원인이 되고 있고, 지목불부합의 발생을 가중시키고 있다. 그러나 이에 대한 대처나 정리는 상대적으로 미흡한 편이다.

본 연구에서는 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용하여 지목을 기반으로 한 필지별 토지 이용/토지피복을 분류할 수 있는 방법을 제안하였다. 그리고, 이렇게 분류된 필지별 토지이용/토지피복도와 편지지적도상의 지목을 비교·분석하여 지목불부합 정도를 통계적으로 측정하였다. 그 결과 연구지역의 불부합 정도에 대한 통계적인 해석이 가능하며, 향후 지적불부합지를 정량적으로 자동 해석할 수 있는 가능성을 제시할 수 있었다.

1. 서 론

지적제도는 창설 당시부터 현재까지 약 90년을 거치는 동안 창설 당시의 기술적 낙후와 1950년대의 6.25전란으로 많은 지적공부의 멸실 및 지적측량 기준점의 망실, 급격한 도시화로 인한 토지이동, 지적공부 관리의 부실 등으로 실지와 지적공부간의 불부합은 물론 지적공부 상호간의 불부합 등이 발생하게 되었다. 필지는 지번, 지목, 경계, 면적이라는 기본적인 구성요소를 가지고 있으며, 그 가운데 토지의 가치는 대부분 지목에 의해 결정되고 있다. 때문에 다양한 토지이용과 함께 많은 수익이나 산출이 기대되는 용도로 토지를 이용하려는 욕구의 증가로 토지이용의 전환이 더욱 빈번해질 것이다. 이로 인하여 앞으로도 불법 형질변경, 난개발 등이 발생할 것이고 지목의 불부합 역시, 이와 비례해서 증가할 것이다. 그러나 불부합의 증가와 관련한 대처나 정리는 미흡한 실정이다.

기존의 위성영상은 지리정보 추출의 측면에 있어 항공사진에 비해 상대적으로 낮은 공간해

상력을 가짐으로서 여러가지 제약조건을 가지고 있었다. 그러나 최근에는 기술수준의 발달로 높은 공간해상력을 가지고 있는 고해상도 위성들의 사용이 가능해지고 있다. 또한, 다중분광특성을 가지고 있는 고해상도 위성들은 항공사진보다 넓은 응용효과를 기대할 수 있다. 최근에는 IKONOS와 같은 공간해상도 1m급의 영상이 제공되고 있다. 때문에, 지적분야에서도 앞으로 위성영상의 다양한 활용이 기대되고 있다. 그러나, 현재까지는 고해상도 영상 자료의 활용과 관련된 분류, 해석 기법 등이 다양하게 제시되고 못하고 있다. 원격탐사 분야의 발달과 더불어 GIS 분야에서도 지리정보 구축에 막대한 비용의 투자가 이루어져 계획분야에서 활용할 수 있는 정보 기반이 상당히 구축되어 있다. 그러나 구축된 데이터가 많은 활용가치가 있음에도 불구하고 다양하게 활용되지 못하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 고해상도 위성영상과 기 구축되어 있는 수치지형도를 이용하여 지목을 기반으로 한 필지별 토지이용/토지피복을 분류할 수 있는 방법을 제안하였다. 그리고, 이렇게 분류된 필지별 토지이용/토지피복도와 편지지도상의 지목을 비교·분석하여 지목불부합 정도를 측정하였다. 지목불부합의 측정에 있어 다양한 통계기법의 적용으로, 불부합 정도를 수치적이고 정량적으로 측정·해석할 수 있는 가능성을 제시하였다.

II. 위성영상과 수치지형도의 이용 방법

수치지형도와 고해상도 위성영상을 이용하여 지목불부합을 해석하기 위한 방법 및 과정은 (그림 1)과 같다. 영상과 수치지형도를 이용하는데 있어 기반 도면(reference map)은 편집지적도를 이용하였다. 또한, 영상과 편집지적도에서 경계 불일치로 발생할 수 있는 오차의 제거와 필지 단위로 불부합을 측정·해석하기 위해 지적도의 경계를 추출하여 분류된 영상과 매칭(matching)을 하여 두 자료간의 동일한 경계(환경)를 설정하였다. 그리고, 셀(cell)을 기반으로 한 통계적인 불부합 정도측정을 위해 편집지적도를 래스터(raster) 데이터로 변환을 하였다. 위성영상과 편집지적도의 연계는 지목을 기반으로 이루어졌다. 먼저, 위성영상을 기하보정하기 위해 편집지적도상에서 지상기준점(GCP: Ground Control Point)를 추출하고, 지목의 종류를 기반으로 분류 항목(class)를 정의하였다. 분류방법은 감독분류 기법 중 가장 일반화된 분류 기법인 최대우도 분류 기법(maximum likelihood classifier)을 이용하였다. 이렇게 분류된 영상에 건물과 도로 데이터를 추출하여 이를 래스터 자료 형태로 변환 후 분류된 영상에 매칭을 시키게 된다.

그러나 하나의 필지에는 하나의 지목만이 존재해야 하므로 필지에 여러 셀 값이 존재하면 안 된다. 그래서, 이를 해결하기 위하여 새로운 알고리즘을 설계하여 하나의 필지에 하나의 지목이 존재하도록 하였다. 이러한 과정을 거쳐 지목을 기반으로 한 필지별 토지이용/토지피복도를 제작하고, 이를 편집지적도의 지목과 통계적인 기법을 적용·분석하여 지목불부합 정도를 측정하게 된다.

필지 단위 해석 알고리즘의 설계·구현은 (그림 2)와 같이 입력데이터가 답(2), 임야(5), 대(8) 3개의 지목이 혼합되어 있는 경우, 주 지목을 대상필지의 지목으로 설정하기 위해 주지목 추종

의 원칙 즉, 필지의 지목이 둘 이상인 경우는 이중 가장 주된 지목을 그 필지의 지목으로 설정한다는 원칙을 응용·이용하였다. 실행 과정은 그림에서 좌측과 같은 input 데이터가 입력이 되면, 래스터 연산을 하여 그림의 우측과 같이 가장 많은 셀 값을 갖는 것으로 연산이 이루어진다. 여기서, 0값은 편집지적도의 경계를 나타낸 것이다.

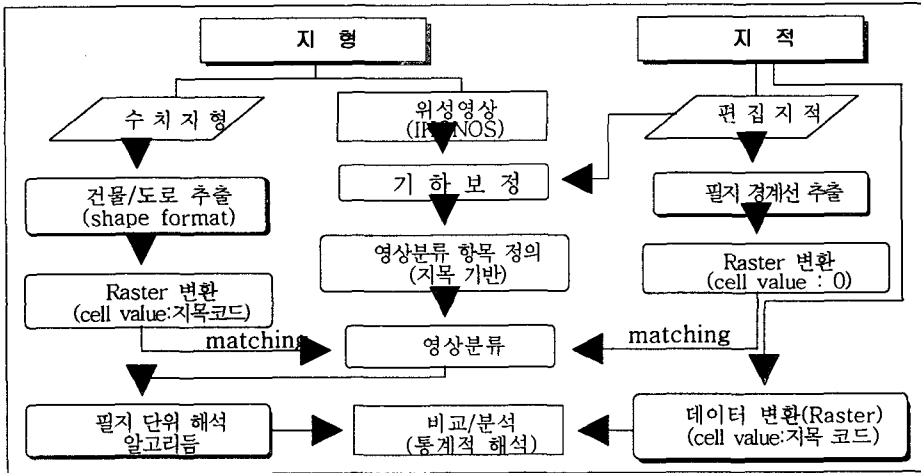


그림 1. 위성영상과 수치지형도의 이용 과정

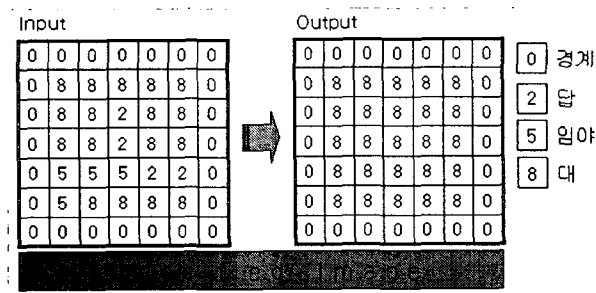


그림 2. 필지 단위 해석 알고리즘의 개요도

III. 실험 및 분석

3.1 연구지역 선정과 데이터 구축

연구지역은 서울시 강동구 일대(3.6km×2.6km)를 선정하였다. 이 지역은 도심지 건물이 많이 밀집되어 있고, 주변으로 전, 답, 임야, 하천 등이 분포하고 있다. 때문에 연구에서 주목표로 하고 있는 건물지역에서의 지목불부합의 측정과 또한 전, 답, 임야, 하천 등과 같은 것의 지목도 포함하고 있어 사례연구로 적당할 것이다(그림 3).

연구에서 이용한 데이터는 1m의 공간해상도를 가진 고해상도 위성영상(IKONOS)과 1/1000 축척의 수치지형도 그리고, 수치지적도를 지형에 기반하여 편집해서 사용하고 있는 편집지적도를 이용하였다. IKONOS 영상은 2000년 6월에 촬영된 영상으로 범색성영상(panchromatic imagery)의 공간해상도를 유지하면서 다중분광영상(multispectral imagery)의 성격을 갖는 영상을 만들기 위해 영상융합(image fusion)과정을 거친 영상을 이용하였다. 지목불부합 측정·해석을 위한 데이터 구축은 먼저, 래스터 기반으로 분석이 이루어져야 하기 때문에 벡터 형태의 편집지적도를 래스터 형태로 변환하였다. 건축물 데이터와 도로 데이터는 수치지형도에서 직접 추출하여 구축하였다.

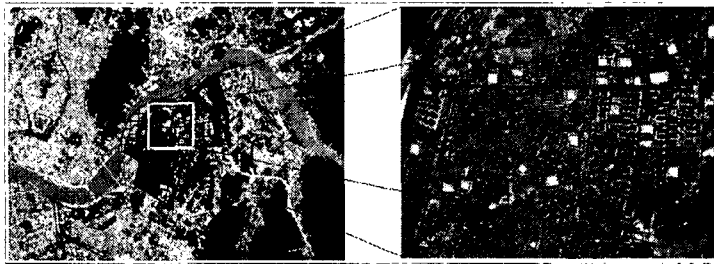


그림 3. 연구대상 지역

3.2 영상처리 및 분류

영상을 기하보정하기 위해 대상지역의 편집지적도에서 GCP를 추출하였다. GCP 데이터는 7개를 선정하였다. GCP 데이터는 편집지적도 상의 도로를 중심으로 추출하였다. 편집지적도를 이용한 GCP 데이터의 추출은 지적도와 현황과의 경계불부합을 최소화하기 위함이고, 도로를 중심으로 추출한 것은 건물의 경계와 필지 경계와의 차이를 최소화하기 위함이다. 그리고 좌표 등록 방법 역시, 영상 대 영상(image to image) 방법을 이용하여 현황과의 경계불부합을 최소화하였다.

분류 항목의 정의는 객관적인 기준이 필요하다. 그러나 현재, 지적분야에서의 위성영상을 이용한 연구 사례가 많지 않기 때문에 지적법상 지목의 정의와 중·저해상도나 고해상도 영상의 분류와 관련된 선행 연구를 분석하여 분류 항목을 정의하였다. 현행 지적법은 28개 항목으로 지목을 정의하고 있다. 그러나 모든 항목에 대해 정확하게 영상분류를 하는 것은 현재로서는 어려움이 있다. 때문에 연구에서는 지목의 항목 중 분류 가능한 항목을 추출하고, 지목의 정의를 기반으로 하여 특성이 유사한 두개 또는 그 이상의 지목을 하나의 클래스로 묶어 분류 항목을 정의하였다(표 1).

훈련데이터(training data)의 선정은 편집지적도, 수치지형도를 이용하여 화면상에서 이루어졌다. 훈련데이터의 정확도 검증과 분류 결과의 평가를 위해 검정데이터(test data)의 선정이 이루어졌다. 검정데이터의 추출 역시, 훈련데이터의 추출과 마찬가지로 편집지적도와 수치지형도를 이용하여 화면상에서 이루어졌다.

표 1. 영상 분류 항목의 정의

지목코드	Class	Included class	지목코드	Class	Included class
1	전		11	도로	
2	답		13	하천	유지(16)
5	임야	공원(18), 사적지(22)	14	제방	
8	대	종교용지(21)	17	수도용지	
10	학교용지		0	경계선	

훈련데이터와 시험데이터를 추출한 후 영상을 분류하였다(그림 4의 좌). 그리고, 분류된 영상에 수치지형도를 기반으로 구축된 건물데이터와 도로데이터, 편집지적도의 경계를 매칭시켰다(그림 4의 중). 이렇게 분류를 완료하고, 분류 오차를 분석하기 위해 오차 매트릭스(error matrix)를 구성한 후 계산한 결과, 전체 정확도(overall accuracy)는 94.2%, Kappa 계수는 92.2%로 산출되어 영상분류 정확도 평가 측정 면에서는 만족할 만한 결과라고 판단되었다. (그림 4의 우)는 영상 분류를 완료한 후 래스터로 변환한 편집지적도와 동일한 환경에서 통계적 분석을 하기 위해 연구에서 설계·구현한 필지 단위 해석 알고리즘을 적용하여 하나의 필지에 하나의 지목을 갖도록 처리한 결과이다.

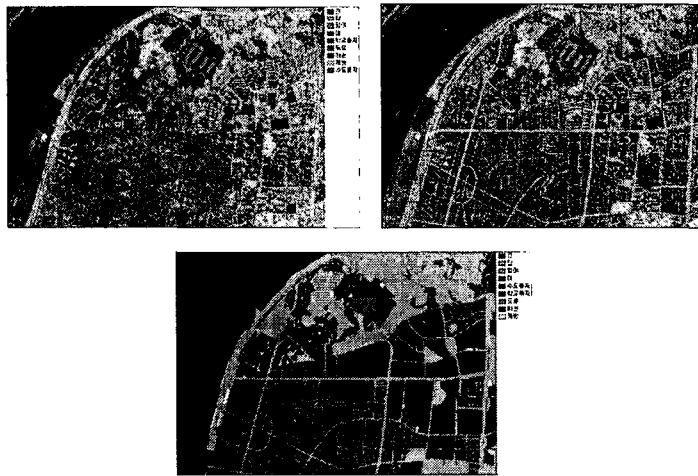


그림 4. 분류 결과 및 필지 단위 해석 알고리즘 적용 결과

3.3 불부합지의 통계적 해석

연구의 궁극적인 목적은 지적도에 등록된 지목불부합을 측정하는 것이다. 때문에, 모든 통계적 검증 모델에서는 편집지적도를 기반 데이터(reference data)로 정의하였다. 분류된 영상과 기존의 편집지적도 사이의 지목에 대한 불부합 정도를 해석하는 통계적 도구로는 α , β , γ (Lee-Sallee) 지수, Kappa 계수의 4가지 지수를 이용하였다. 여기서, α , β , γ 의 3가지 지수는 개별 지목에 대한 불부합 정도를 측정하는 지수로서 사용된다. 반면, Kappa 계수는 앞에서 언

급한 3가지 지수와는 달리 대상지역에 대한 전반적인 불부합 정도를 측정하는 지수이다(Clarke KC, Hoppen S, Gaydos L., 1996; 최창영, 2001; 윤미정·이성호, 2002; 주용진, 2003).

$$\alpha = \frac{\text{분류된 영상에서 대상 지목에 해당하는 셀의 수}}{\text{편집지적도 상에서 대상 지목에 해당하는 셀의 수}}$$

$$\beta = \frac{\text{분류된 영상에서 대상 지목과 일치하는 셀의 수}}{\text{편집지적도 상에서 대상 지목에 해당하는 셀의 수}}$$

$$\gamma = \frac{\text{실제 편집지적도상의 대상 지목과 일치하는 영상의 셀 수}}{\text{편집지적도 상에서 대상 지목의 영역} \cup \text{분류된 영상에서의 대상 지목의 영역}}$$

α , β , γ 지수를 계산한 결과, (표 2)와 같이 전, 답, 제방, 수도용지의 지목이 상당히 수치가 낮아 불부합 정도가 심한 것으로 분석이 된다. 그러나 나머지 지목들은 3가지의 지수에서 높은 수치를 나타내어 불부합 정도가 심하지 않은 것으로 해석된다. 여기서, 지목 전의 α 지수는 β , γ 지수의 수치가 낮은 것에 비해 높은 지수를 나타내고 있다. 그러나, α 지수의 경우는 셀의 위치 정보를 나타내지 못하고, 단순한 셀의 숫자를 비교하는 것이므로, 신뢰성이 떨어질 수 있다. 연구지역 전체에 대한 불부합을 종합적으로 측정·해석하고자 Kappa 계수를 산출하였다. 계산 결과, 대략 80%로 산출되어 대상지역의 불부합 정도는 양호한 것으로 판단할 수 있다. 결과를 종합해 보면, 각각의 지목에서는 전, 답, 제방, 수도용지가 불부합 정도가 심하다. 그러나 이러한 지목들은 상대적으로 나머지 지목에 비하여 셀 수가 적다는 것을 고려하면, 전반적인 불부합 정도는 양호한 것으로 판단할 수 있다.

표 2. 지목별 불부합 측정 지수

Cell Value	지목	α	β	γ (Lee-Sallee)
1	전	0.81	0.51	0.39
3	답	0.28	0.22	0.21
5,	임야, 공원(18), 사적지(22)	0.85	0.77	0.72
8	대, 종교용지(21)	1.19	0.98	0.80
10	학교용지	1.01	0.92	0.84
11	도로	1.37	0.99	0.72
13	하천, 유지(16)	0.94	0.93	0.93
14	제방	0.35	0.05	0.03
17	수도용지	0.40	0.34	0.33

IV. 결 론

본 연구에서는 고해상도 위성영상을 분류하고, 이를 수치지형도와 연계하여 지목불부합을 해석하기 위해 수치지형도에서 건물데이터와 도로데이터를 추출하여 분류된 영상에 매칭시켜 처리하였다. 그리고, 영상과 편집지적도와의 경계 불일치로 발생할 수 있는 오차를 제거하고, 필지 단위로 불부합을 측정하기 편집지적도에서 필지 경계를 추출하여 매칭시켰다. 이러한 단계를 거친 후, 한 필지가 동일한 지목 셀 값을 갖도록 알고리즘을 설계·적용하였다. 이렇게 현황의 기준이 되는 영상 데이터를 구축한 후 이를 편집지적도와 비교·분석을 통해 지목불부합을 수치 통계적으로 해석하고자 4개의 통계 지수를 선정·적용해 대상지역의 불부합 정도를 측정·제시하였다. 연구의 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용한 지목불부합 측정 방법론은 도심지역에서 고해상도 영상을 효율적으로 분류·활용할 수 있을 것이고, 또한 기 구축된 수치지형도의 활용성을 극대화 할 수 있을 것이다. 그리고, 통계적인 방법과 자동화된 방법으로 향후 지적불부합지 정리 사업에 효율적인 활용이 기대된다.

그러나 본 연구에서는 소규모 지역에 대한 지목의 항목 분류가 이루어졌고, 특성 추출이 가능하다고 판단되는 지목만을 대상으로 하였기 때문에 이를 범용적인 분류 기준으로 적용하기에는 한계성이 있을 수 있다. 따라서, 앞으로 보다 다양하고 넓은 지역을 대상으로 한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 국토연구원, 리모트센싱을 이용한 필지별 토지이용현황 조사방법 연구, 2002.
- 김행중, 지적불부합지의 원인과 해소방안에 관한 연구, 지역사회개발연구 제23권 제1호, 1996.
- 손세원·이동현·김영학, 지목운용에 영향을 미치는 요인분석, 한국지적학회지 제15권 제2호, 1999.
- 윤미정, 이성호, Fuzzy-AHP를 적용한 셀룰라 오토마다의 네이버 후드 및 전이규칙에 관한 연구, 대한국토 도시계획 학회지(국토계획) 제37권 4호, 2002.
- 전형섭, 원격탐사 데이터의 분류 정확도 향상에 관한 연구, 전북대학교 박사학위, 2001.
- 주용진, 시계열 위성영상을 이용한 토지이용변화예측 확률모형의 구현과 적용, 인하대학교 석사학위, 2003.
- 최창영, 셀룰러 오토메타를 이용한 도시 성장 모델링, 경상대학교 석사학위, 2001.
- 행정자치부, 지적불부합지 정리를 위한 학술연구, 한국지적학회, 2003
- Clarke K.C., Hoppen S, Gaydos L., Methods and techniques for rigorous calibration of a cellular automaton model of urban growth, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, 1996 Jan 21-25, Santa Fe, New Mexico.
- Honghu Liu, Ron D. Hays, Measurement of Interrater Agreement A SAS/IML Macro

- Kappa Procedure for Handling Incomplete Data, Miami, SUGI24, 1999.
- Robert A. Vierkant, Macro for Calculating Bootstrapped Confidence Intervals About a Kappa Coefficient, San Diego, SUGI22, 1997.
- Swain, P.h. and Davis, R.C., Remote sensing: the quantitative approach, McGraw-Hill, pp.148-158, 1978.
- Thomas M., Lillisand and Palph W. Kiefer., Remote Sensing and Image Interpretation, 2000.