

고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용한 지목 불부합의 정도 측정

홍성언* · 이동현** · 박수홍***

Land Category Non-coincidence Measurements Using High Resolution Satellite Images and Digital Topographic Maps

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

요 약

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

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

주요어 : 지목, 고해상도 위성영상, 수치지형도, 지목 불부합

ABSTRACT : Basically a land parcel consists of a land parcel number, land category, land boundary and area, and land value is mostly determined by the land category. Generally people want to change their land use to increase their land value so that they can expect more benefits from the land. However, changing land use causes several problems with land

* 인하대학교 지리정보공학과 박사과정

** 인하대학교 지리정보공학과 석사과정

*** 인하대학교 지리정보공학과 조교수

properties, haphazard urban expansions and land category non-coincidences. Unfortunately, no effective solutions exist for land category non-coincidence problems.

In this study, we proposed a methodology that can classify the land category based land covers using high resolution satellite images and digital topographic maps. For this, we obtained a parcel based land use/cover classification map. Using both this classification map and a digital cadastral map, we inspected land category non-coincidences. As a result, land category non-coincidence rates could be statistically measured and interpreted and demonstrate a possibility that we could quantitatively interpretate and measure cadastral non-coincidence automatically.

Keywords : land category, high resolution satellite image, digital topographic map, land category non-coincidence

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 지적공부의 불부합은 물론 지적공부 상호간의 불부합 등이 발생하게 되었다.

불부합 중 가장 큰 부분은 경계 불일치의 문제이다. 그런데 이러한 경계불일치에 관한 문제와 더불어 중요한 부분이 토지이용상황에 대한 불부합 즉, 지목의 불부합이다. 필지는 지번, 지목, 경계, 면적이라는 기본적인 구성요소를 가지고 있으며, 그 가운데 토지의 가치는 대부분 지목에 의해 결정된다. 이렇게 지목은 토지의 가치를 결정하는 중요한 요인으로 작용하기 때문에 지목의 불법변경이 증가하

고 있다(손세원 · 이동현외, 1996). 이로 인하여 지목의 불부합은 지속적으로 증가하고 있으나 이에 대한 대처방안이나 정리방안은 상대적으로 미흡한 실정이다.

기존의 위성영상은 지리정보 추출의 측면에 있어 항공사진에 비해 상대적으로 낮은 공간해상력을 가짐으로서 여러 가지 제약조건을 가지고 있었다. 그러나 최근에는 기술의 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 1m의 공간해상도를 가진 영상이 제공되고 있다. 이러한 제반 여건을 고려할 경우, 지적분야에서도 앞으로 위성영상의 다양한 활용이 기대된다 할 수 있으나 현재까지는 고해상도 영상 자료의 활용과 관련된 분류, 해석 기법 등이 다양하게 제시되고 못하고 있어 이를 활용할 수 있는 방법론에 대한 연구가 필요하다.

또한, 원격탐사 분야의 발달과 더불어 GIS 분야에서도 지리정보 구축에 막대한 비용의 투자가 이루어져 기반 정보가 많이 구축되어 있다. 그러나 구축된 데이터가 많은 활용가치가 있음에도 불구하고 다양하게 활용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 기 구축된 GIS 데이터에 대한 다양한 활용이 요구되고 있다.

현재까지 고해상도 영상에 관한 연구는 주로 건물이나 도로의 경계선 추출(손지연, 2001; 국토연구원, 2002; Wenzhong Shi and Changqing Zhu, 2002), 수치지형도의 작성 및 갱신(김계현·이경숙외, 1999; 이병환·김정희외, 2000; e-HD.com·성균관대학교, 2002), 임상분류(정기현·이우균외, 2001), 토지이용현황 조사(국토연구원, 2002) 등에 관한 연구가 이루어지고 있다. 지적분야의 경우, 고해상도 위성영상의 활용 및 연구는 다양하게 이루어지지 않고 있다. 현재는 정확도가 높은 수치정사 사진을 이용하여 경계 불부합 정도의 측정이나 토지이용상황 판독 등의 가능성에 관한 연구가 이루어지고 있다(박병욱·김상수외, 1999; 강태석·박기현, 2001; 행정자치부, 2003). 그러나 수치정사사진의 활용 역시 자동화가 방식이 아닌 육안 판독 정도의 연구가 되고 있다.

본 연구에서는 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용하여 지목 불부합의 정도를 측정할 수 있는 방법론을 제시하고자 하였다. 이를 위해, 고해상도 위성영상과 기 구축되어 있는 수치지형도를 이용하여 지목을 기반으로 한 필지별 토지이용/토지피복을 분류할 수 있는 방법을 제안하였

다. 그리고, 이렇게 분류된 필지별 토지이용/토지피복도와 편지지적도상의 지목을 비교·분석하여 지목 불부합 정도를 측정하였다. 지목 불부합의 측정에 있어 세 가지 측정 지수의 적용으로, 불부합 정도를 수치적이고 정량적으로 자동 측정·해석할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

2. 지적 불부합지와 지목

지적 불부합지는 광의적으로 보면 실지와 지적공부상의 지번, 지목, 면적, 소유권, 경계, 위치 등의 내용이 서로 맞지 않는 것으로 표현할 수 있다. 즉, 토지대장과 등기부가 일치하지 않거나 토지대장과 지적도에 등록된 내용과 현지의 지목이나 소유자가 다르다 해도 지적 불부합지라고 할 수 있다. 협의적으로는 지적도에 등록된 경계와 실지의 경계가 서로 맞지 않는 것으로 정의할 수 있다(이성화, 2001). 이 연구에서는 지적 불부합의 광의적 해석에 해당하는 지목 불부합을 대상으로 하고자 한다.

지목(land category)이라 함은 토지의 주된 용도에 따라 토지의 종류를 구분하여 지적공부에 등록한 것을 말한다(지적법 제2조). 즉, 각 필지별로 토지의 주된 사용목적 또는 용도에 따라 토지의 종류를 구분하여 표시하기 위하여 부여된 명칭을 말한다(류병찬, 2001). 지목설정의 원칙으로 일필일목(一筆一目)의 원칙과 주지목추종(主地目追從)의 원칙이 있는데 전자의 경우는 토지의 이용이 고도화 또는 입

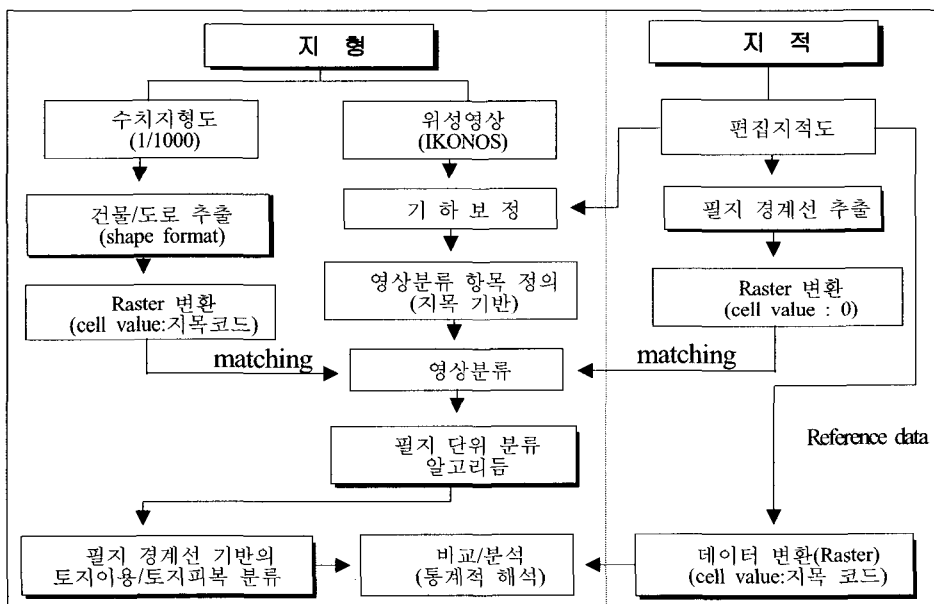
체화되면서 지하상가를 설치하는 등 수직적 경합이 되고 있으나 모든 토지는 필지별로 하나의 지목만을 설정토록 하여야 한다는 원칙이다. 그리고 후자의 경우는 일필지의 토지가 단일 지목으로만 사용되지 못하고 2종 이상의 지목이 수평적으로 경합하여 다양하게 이용될 때에는 주된 토지의 이용상태에 따라 하나의 지목으로 설정하여야 한다는 원칙이다(박순표·최용규외, 1993).

현행 지적법에서는 지목을 28개로 구분하고 있다. 즉, 전, 답, 과수원, 목장용지, 임야, 광천지, 염전, 대, 공장용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지로 구분하고 있다(지적법 시행령 제5조).

3. 위성영상과 수치지형도의 활용

3.1 활용 방법론

고해상도 위성영상과 수치지형도를 활용하여 지목 불부합지를 측정하기 위해 연구에서는 [그림 1]과 같이 데이터들의 이용 방법을 설계하였다. 연구의 주 목적은 지목 불부합의 측정이다. 결국, 이 문제는 지형 현황상의 토지이용과 지적공부(지적도) 상의 지목을 비교 분석하여 지적공부상의 지목이 어느 정도 현황과 불일치 하는 가를 측정하는 것이다. 그러므로 지목 불부합을 측정하기 위한 기반도면 데이터(reference map data)로 편집지적도가 이용되었다. 편집지적도는 지형에 기반해 수치지적도를 편집한 도면으로 연



[그림 1] 위성영상과 수치지형도의 활용 과정

구에서의 이용 목적은 경계 불일치 문제를 최소화하기 위함이다. 분류된 위성영상 데이터는 래스터 형태의 데이터이다. 연구에서는 셀(cell)을 기반으로 하여 불부합 정도를 통계적으로 측정하기 위해 편집지적도를 래스터 자료 형태로 변환하였다.

지목은 필지 단위로 부여되어 있다. 때문에, 필지 단위로 비교·분석이 이루어져야 한다. 또한, 영상에서 필지 경계의 추출은 현재까지 구체적인 방법론이 없으며, 향측을 기반으로 한 일반측량 분야에서의 경계의 정의와 지적법상의 경계의 정의가 서로 상이하기 때문에 영상을 이용하여 지적도상의 경계와 일치시키는 것은 한계가 있다(서울시정개발연구원, 1997). 따라서 이러한 현황과 지적의 경계불일치 문제를 해결하기 위해서는 지적도상의 경계와 동일한 경계를 가질 수 있는 토지이용/토지피복 분류가 이루어져야 한다. 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 편집지적도의 경계를 추출한 후 분류된 영상과 매칭을 하여, 지적도상의 경계와 분류된 영상이 동일한 필지 경계선을 갖도록 하였다.

편집지적도상의 지목과 비교·분석을 위한 데이터로 고해상도 위성영상과 수치지형도를 활용하였는데, 방법론의 핵심은 지목의 종류를 기반으로 1차 분류된 영상에 수치지형도의 건물, 도로를 추출하여 래스터 자료로 변환 후 매칭을 시키는 것이다. 건물과 도로 데이터를 추출하고, 이를 분류 영상에 매칭을 시키는 작업은 현재, 도심지에서의 고해상도 위성영상의 분류 문제를 해결하기 위함이다.

상기에서도 기술했듯이 지번은 하나의 필지에 하나의 지목만이 존재하도록 설정

되고 있다. 때문에 영상분류 후 개별필지에는 여러 지목 셀 값이 존재해서는 안 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 알고리즘을 설계하고 적용하였다. 이렇게 일련의 데이터 처리 및 과정을 통해 필지 경계선 기반의 토지이용/토지피복 분류도를 작성하게 된다. 지목 불부합의 정도 측정은 편집지적도를 이용하여 구축해 놓은 래스터 형태의 편집지적도와 수치지형도와 위성영상을 이용하여 연구에서 제작한 토지이용/토지피복 분류도의 지목을 통계적으로 비교 분석하여 이루어진다.

3.2 필지 단위 분류 알고리즘의 설계와 구현

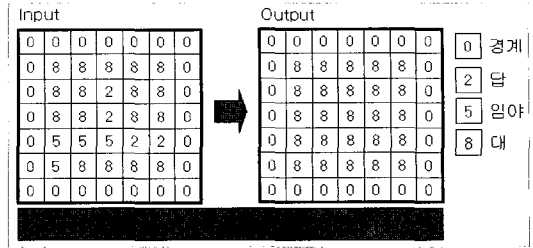
연구에서 제안하는 수치지형도와 고해상도 위성영상과의 활용 방법론은 별도의 건물 경계나 도로 경계선 등의 추출이 아니라 기존의 가장 일반적인 영상분류 기법을 적용하여 분류 한 다음 수치지형도의 건물 데이터와 도로 데이터를 추출하여 래스터 형태로 매칭을 하는 것이다. 셀 값과 셀의 위치를 기반으로 지목 불부합의 정도를 측정하기 위해서는 필지 내부의 셀 값이 정확한 값을 가지는 것이 중요하다. 즉, 하나의 필지는 하나의 지목으로 연산이 이루어져야 한다.

인공구조물의 경우 현재까지 자동으로 분류·해석할 수 있는 방법이 없다. 그리고, 인공구조물을 제외한 전, 담, 임야, 나대지의 경우는 기존의 감독분류 기법을 적용하여 분류가 가능하지만, 필지 단위로 분류가 정확하게 이루어지는 데에는 어려움이 있다(정기현·이우균외, 2001).

[그림 2의 상]은 서울시 강동구 일부 지역의 영상을 가지고 실제, 일반 감독분류 기법을 이용하여 분류한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 하나의 필지에 2개 이상의 셀 값이 혼합 분포되고 있다. [그림 2의 하]의 경우는 분류된 영상에 축척 1/1000 수치지형도에서 건물 데이터를 추출하고 래스터로 변환하여 매칭시킨 것이다. 결과 역시, 하나의 필지에 2개 이상의 지목 셀 값이 존재하는 것을 알 수 있다. 때문에, 연구에서는 지목 설정의 원칙(주 지목 추종의 원칙)에 기반하여 [그림 3]과 같이 영상을 필지 단위로 분류할 수 있는 알고리즘을 설계·구현하였다.



[그림 2] 필지 내부의 지목 셀 값의 혼합 분포 현황



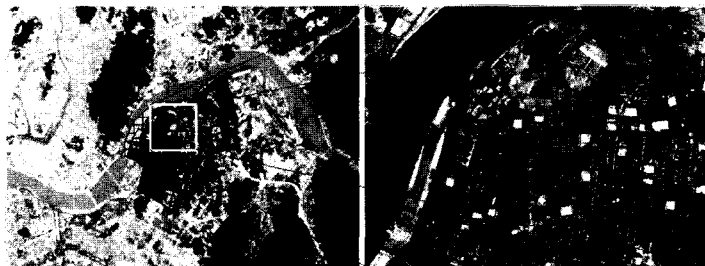
[그림 3] 필지 단위 분류 알고리즘의 개요도

그림에서 0값은 지적도상의 경계를 추출하여 분류된 영상에 매칭을 시킨 것이고, 2값은 답, 5값은 임야, 8값은 대를 나타낸다. 그림에서 입력 그리드(input grid)의 경우는 답, 임야, 대의 3개 지목이 혼합 분포하고 있다. 이러한 입력 데이터가 입력이 되면, 래스터 연산을 하여 그림의 우측과 같이 가장 많은 셀 값을 갖는 것으로 연산을 하였다. 결국, 하나의 필지에는 하나의 지목으로 분류가 이루어지게 된다.

4. 실험 및 분석

4.1 연구지역 선정과 데이터 구축

연구지역은 서울시 강동구 4.1km×3.1km를 선정하였다[그림 4]. 이 지역은 도심에



[그림 4] 연구대상 지역

건물이 많이 밀집되어 있고, 주변으로 전, 담, 임야, 하천 등과 같은 지목이 분포하고 있다. 때문에 연구에서 주 목표로 하고 있는 건물지역에서의 지목 불부합의 측정과 또한 전, 담, 임야, 하천 등과 같은 지목도 포함하고 있어 사례연구로 적당할 것이다.

연구에서 이용한 데이터는 2000년 6월에 촬영된 공간해상도 1m의 정확도를 가진 IKONOS 고해상도 위성영상과 1/1000 축척의 수치지형도(40도엽), 편집지적도(40도엽)를 이용하였다. 데이터 구축은 래스터 기반으로 분석이 이루어져야 하기 때문에 벡터 형태의 편집지적도를 래스터 형태로 변환하고, 지목 코드를 셀 값으로 부여하였다. 건축물 데이터와 도로 데이터의 추출·구축은 1/1000 수치지형도를 이용하였다. 수치지형도는 CAD로 작업된 DXF 포맷이기 때문에 ArcGIS를 이용하여 shape 파일 포맷으로 변환하였다. 그리고 수치지형도의 속성 코드를 참고하여 건물과 도로 데이터를 추출·구축하였다.

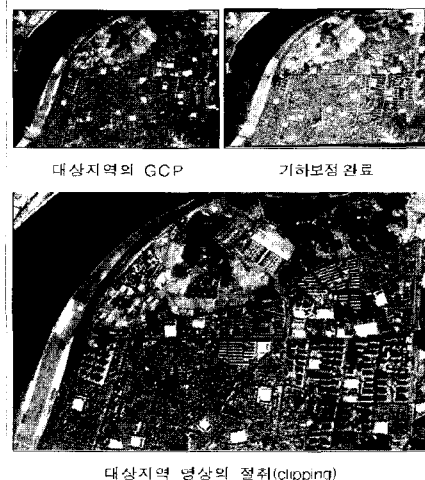
4.2 영상처리 및 분류

4.2.1 기하보정 및 경계일치 정도 분석

연구의 주 목적은 필지별 지목 불부합을 측정하기 위한 것이기 때문에 무엇보다도 영상과 편집지적도와와의 경계 일치 정도가 중요하다. 그래서 연구에서는 영상 대 지도(image to map) 방법을 이용하여 기하보정을 하였고, GCP는 편집지적도 상에서 9점을 선정하였다. 그러나 필지 경계선과 현황의 경계와는 차이가 있을 수 있다.

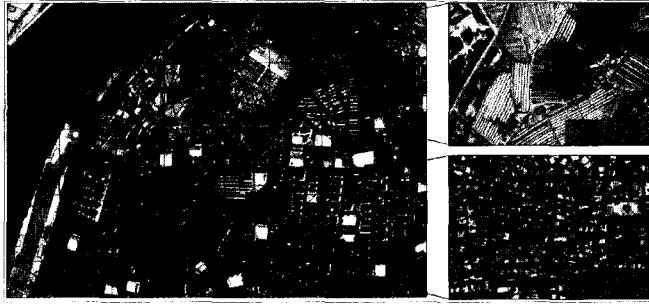
때문에 가장 일치율이 높다고 판단되는 도로를 중심으로 GCP를 선정하였고, 최근린 내삽법(nearest-neighbor interpolation)을 이용하여 영상 재배열을 하였다.

기하보정 결과, 위치정확도의 평균 제곱근 오차(RMSE: Root Mean Square Error)는 1.5117 픽셀(약 1.5m)로 산출되었다. 이러한 정확도는 현장 실측을 통하여 GCP를 선점할 경우 정확도를 높일 수 있으나 본 연구에서는 필지별 지목 불부합의 측정이 목적이므로 현 상태의 정확도면 가능하고 판단된다. 이렇게 기하보정을 완료하고 본 연구에서 취득한 수치지형도와 편집지적도와와의 공간적인 일치를 위해 원영상을 3.6km×2.6km 크기로 절취(clipping)하였다[그림 5].



[그림 5] 기하보정

연구는 현황과 지적도상의 지목 불부합을 측정하기 위함이므로 현황과 지적도와의 경계 일치 정도에 대한 분석이 요구된다. 그런데 연구에서는 이러한 경계 불부



[그림 6] 현황과 지적과의 경계 불부합 정도 분석

합 문제를 최소화하고자 편집지적도를 이용하였고, 필지별 지목 불부합의 측정이 주 목적이므로 정밀한 수치적 분석보다는 중첩 분석 기법을 이용하여 경계일치 정도를 분석하였다. [그림 6]은 대상지역의 영상과 편집지적도를 중첩 분석한 그림이다. 전체적으로 건물지역이나 전/답/임야 지역에서 경계일치 정도는 양호한 편으로 분석되어 지목 불부합을 측정하기에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

4.2.2 영상분류

영상분류를 위해 먼저, 대상지역의 지목분포 현황을 파악하였다. 대상지역은 현행 28개 항목의 지목 중 14개 항목이 분포하고 있다. 이러한 14개의 모든 항목을 분류하기에는 현재로서는 한계가 있다. 때문에 연구에서는 분류항목을 그룹화 하는 방식을 택하여 분류하였다. 즉, 공원, 묘지, 사적지의 지목은 주로 임야의 특성과 유사하다. 이러한 지목들은 상대적으로 지목 불부합이 심하지 않기 때문에 임야에 포함시켜 분류하였고, 불부합의 측정시에도 정확한 분석이 이루어지게 하기 위해 지적도의 지목을 파악하여 임야

로 취급하였다. 유지 지목은 담과 같이 고여있는 물을 뜻한다. 따라서 하천 지목과 유사한 특성을 가지기 때문에 그룹으로 묶어 분류하였다. 종교용지의 경우는 교회나 사찰 건물을 뜻하기 때문에 건축물을 뜻하는 대의 지목과 구별이 되지 않는다. 때문에 이를 그룹으로 묶어 분류하였다. 끝으로, 잡종지의 경우는 27개의 지목에 속하지 않는 지목으로 분류항목으로 정의하기에는 무리가 있다. 잡종지 지목은 영상분류에서 분류항목으로 정의하지 않았고, 불부합 측정시에도 이는 배제하였다<표 1>.

<표 1> 영상 분류 항목의 정의

셀 값	분류 항목	포함 지목	비고
1	전		
2	답		
5	임야	공원, 사적지, 묘지	
8	대	종교용지	
10	학교용지		
11	도로		
13	하천	유지	
14	제방		
17	수도용지		
0	경계선		

훈련데이터(training data)의 추출은 위성 영상의 육안 판독과 편집지적도, 수치지형도를 이용하여 화면상에서 이루어 졌다. 훈련데이터의 정확도 검증과 분류 결과의 평가를 위해 검정데이터(test data)의 선정이 무엇보다 중요하다. 검정데이터의 추출 역시, 훈련데이터의 추출과 마찬가지로 편집지적도와 수치지형도를 이용하여 화면상에서 이루어졌다. 훈련데이터는 항목당 최소 50픽셀 이상을 선정하여야 정확도 분석의 신뢰성 확보가 가능하다(전형섭, 2001). 연구에서는 대략 50~170 픽셀 정도의 검정데이터를 선정하였다.

분류 방법은 가장 일반적으로 이용되고 있는 감독분류 가운데 최대우도법을 사용하였다. 먼저, 각 분류항목 별 훈련지역에

대한 정확도를 평가한 후, 결과가 만족스러운 경우에 구축된 건물 데이터와 도로 데이터, 편집지적도 경계를 영상에 매칭시켰다. 매칭 방법은 벡터 형태인 건물 데이터와 도로 데이터를 분류된 영상과 중첩하고, 래스터로 변환한 후 매칭시켰다. 그리고 지적도의 경계는 경계만 추출하여 건물, 도로데이터와 동일한 방식으로 매칭시켰다.

분류오차의 분석은 Kappa 계수를 이용하였다. <표 2>는 검정지역에 대한 분류 정확도를 나타내는 분류 오차 매트릭스(error matrix)이다. 이 오차 매트릭스에서 대각선상에 대부분의 픽셀이 존재하지만 분류항목에 따라 픽셀의 위치가 대각선상을 벗어나 있는 것을 볼 수 있다. 이는

<표 2> 분류 오차 매트릭스

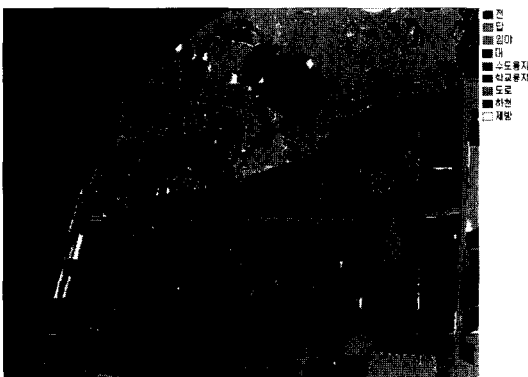
Error matrix for test area		Test Data Set								
		1 (전)	2 (답)	5 (임야)	8 (대)	10 (학교)	11 (도로)	13 (하천)	14 (제방)	17 (수도)
Classification Data	1(전)	68	4	0	4	0	1	0	0	3
	2(답)	1	69	0	2	4	1	0	0	0
	5(임야)	0	0	88	0	0	0	1	3	0
	8(대)	2	0	3	141	2	0	0	5	5
	10(학교)	0	0	0	0	51	0	0	0	0
	11(도로)	1	3	0	6	1	161	0	0	0
	13(하천)	0	0	0	0	0	0	174	0	1
	14(제방)	0	0	5	5	0	1	0	58	0
17(수도)	0	0	0	0	0	0	1	0	85	
Overall Accuracy : 0.93229										
Producer's Accuracy		0.94	0.91	0.92	0.89	0.88	0.98	0.99	0.88	0.90
User's Accuracy		0.80	0.90	0.96	0.89	1.00	0.94	0.99	0.84	0.99
Kappa : 0.92215										

어떤 형태로든 분류에 오차가 존재함을 나타낸다. 전체 정확도(overall accuracy)는 94.2%, Kappa 계수는 92.2%로 산출되어 정확도 평가 측정 면에서는 만족할 만한 결과라고 판단되었다. 사용자 정확도(user's accuracy)와 공급자 정확도(producer's accuracy) 역시, 대부분의 분류 항목이 90%이상의 정확도를 나타내어 양호한 분류 정확도를 나타내었다.

4.3 불부합지의 통계적 해석

4.3.1 필지 단위 분류 알고리즘 적용

고해상도 영상과 수치지형도를 활용하여 영상을 분류하여도 상기에도 기술한 바와 같이[그림 2] 한 필지 내부에 여러 픽셀 값이 존재하게 된다. 이 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 필지 단위로 분류할 수 있는 알고리즘을 적용하여 하나의 필지에 하나의 지목으로 분류될 수 있도록 하였다. [그림 7]은 알고리즘을 적용하여 필지 단위별로 토지이용/토지피복을 분류 한 결과이다.



[그림 7] 필지별 토지이용/토지피복 분류

4.3.2 통계적 측정 모델의 선정

연구의 궁극적인 목적은 지적도에 등록된 지목이 어느 정도 현황과 불일치하는가를 측정하는 것이다. 때문에 연구에서는 불부합 정도를 수치적으로 분석·측정의 가능성을 제시하고자 셀에 기반 한 통계적 측정 모델을 선정하였다. 불부합의 통계적인 측정에 이용된 모델은 α , β (최창영, 2001; 윤미정·이성호, 2002; 주용진·박수홍, 2003), Lee-Sallee 지수(Clarke K.C., Hoppen S., Gaydos L., 1997; White et al, 1997; 정재준, 2001), Kappa 계수(John R.J. 1996; Rovert A. Vierkant, 1997; Wu and Webser, 1998; Honghu Liu & Ron D, 1999; Ward et al, 2000)이다. 여기서, α , β , Lee-Sallee 지수는 각 지목별로 불부합 정도를 측정하는 모델이고, Kappa 계수는 대상지역 지목 전체의 불부합 정도를 측정하기 위한 모델이다. Kappa 계수에 대한 통계값을 *Khat* 이라고 한다.

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

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

$$\text{Lee-Sallee} = \frac{A \cap B}{A \cup B}$$

여기서, A : 분류 영상의 지목 셀 수, B : 지적도 상의 지목 셀 수

$$\text{Khat} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

여기서, v 는 오차 매트릭스의 행의 수, x_{ii} 는 i 행과 i 열의 값(대각선에 있는 값), x_{i+} 는 i 행의 총합, x_{+i} 는 i 열의 총합, N 은 분류 오차 매트릭스의 표본 총합

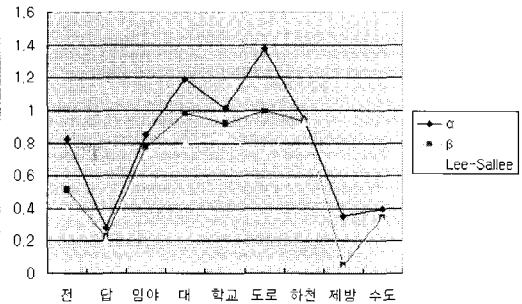
4.3.3 불부합 측정

대상지역 각각의 지목에 대하여 불부합 정도를 측정하기 위해 래스터 형태의 편집지적도를 기반으로 하여 3가지 통계적 해석 지수를 계산하였다. 계산결과, 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 , Lee-Sallee 지수 수치가 낮은 것에 비해 높은 수치를 나타내고 있다. 그러나 α 지수의 경우는 셀의 위치 정보를 나타내지 못하는 단순한 셀의 숫자를 비교하는 것이므로, 신뢰성이 낮을 수 있다<표 3>, [그림 8].

구체적으로, 대와 종교용지, 하천과 유지의 지목은 모든 통계 지수에서 높은 수치를 나타내어 불부합 정도가 크지 않은 것으로 분석되고, 도로, 학교용지, 임야, 공원, 사적지가 대체적으로 높은 수치를 보여 대체적으로 양호하다는 것을 알 수 있다. 그러나 답과 제방의 경우는 수치가 모든 통계 지수에서 대략 0.20, 0.30으로 나타나 불부합이 심하다는 것을 알 수 있다. 그 다음으로 답과 수도용지 또한 낮은 수치를 나타내어 현황상의 토지이용과 공부상에 등록 기재된 토지이용 상황이 많이 불일치 한다는 것을 알 수 있다.

<표 3> 지목별 불부합 측정 지수

셀 값	지목(포함 지목)	α	β	Lee-Sallee
1	전	0.81	0.51	0.39
3	답	0.28	0.22	0.21
5	임야 (공원/사적지/묘지)	0.85	0.77	0.72
8	대(종교용지)	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)	0.94	0.93	0.93
14	제방	0.35	0.05	0.03
17	수도용지	0.40	0.34	0.30



[그림 8] 지목별 불부합 현황

연구지역 전체에 대한 불부합을 종합적으로 측정·해석하고자 Kappa 계수를 산출하였다. 계산 방법은 연구대상지역 전체의 셀을 대상으로 하였고, 편집지적도를 기반 데이터로 산출하였다. 계산결과, Kappa 계수는 0.80%로 나타나 이 지역의 불부합 정도는 양호하다고 판단할 수 있다. Kappa 계수의 경우, 영상의 분류 정확도를 측정하는 지표로 많이 이용되고 있고, 70%이상이면 신뢰도가 있다고 판단한다. 결국, Kappa 계수의 경우 셀의 숫자가

아닌, 분류 셀의 위치오차 정도를 측정하는 것이므로 대상지역의 셀 전체를 대상으로 할 경우, 불부합의 측정 지표로 활용이 가능할 것이다. 물론, 전, 답, 제방, 수도용지의 지목은 상대적으로 나머지 지목에 비하여 셀 수가 적다고 할 수 있다. 그래서 절대적인 기준이 되지 못할 수 있으나 Kappa 계수와 같이 특정 지역에 대하여 전체적으로 불부합 정도로 파악할 수 있는 측정 지수를 같이 고려한다면 각각의 지수만 고려하는 것보다는 효율성을 배가시킬 수 있을 것이다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 지목 불부합의 정도를 측정하기 위해 고해상도 위성영상과 수치지형도를 이용하여 통계적으로 지목 불부합을 해석할 수 있는 방법론을 제시하였다. 구체적으로, 건물 밀집지역에서의 효율적인 영상 분류와 지목 분류 항목의 종류를 증가시키기 위해 영상 분류 후 수치지형도에서 건물 데이터와 도로 데이터로 추출하여 매칭시키는 방법을 제안하였다. 그리고 현재로서는 영상에서 필지 경계선을 자동으로 추출하기에는 한계성이 있어 이를 해결하기 위한 방법으로 편집지적도의 경계를 영상에 매칭 시켜 필지 단위로 토지이용/토지피복을 분류할 수 있는 방법론 제안하였다. 또한 지목 불부합의 측정 방법으로 다양한 통계기법을 적용하여 봄으로써 현재 육안 판독으로만 이루어지고 있는 불부합지에 대한 분석을 자동화할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

이러한 연구의 성과는 도심지역에서 고해상도 위성영상을 분류할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있으며, 또한 기 구축된 수치지형도의 활용성을 극대화 할 수 있을 것이다. 통계적인 방법과 자동화된 방법으로 향후 지적 불부합지 정리 사업에 효율적인 활용이 기대된다.

다만, 본 연구에서는 소규모 지역에 분포하고 있는 지목에 대하여 항목 분류가 이루어졌고, 특성 추출이 가능하다고 판단되는 지목만을 대상으로 하였기 때문에 이를 범용적인 분류 기준으로 적용하기에는 한계성이 있을 수 있다. 따라서 앞으로 28개 모든 지목에 대해 분류할 수 있는 방법론과 더불어 폭넓은 지역에 대한 다양한 연구가 있어야 할 것이다. 또한, 토지이용상황을 필지 단위로 분류하기 위해 연구에서 제시한 알고리즘은 지목 설정의 원칙에 입각하여 설계와 구현이 이루어졌으나 산출 결과물과 현황과의 부합 정도에 대한 수치적인 검증·제시가 이루어지지 못하였다. 향후 이러한 알고리즘 부분에 대한 정확도의 검증이나 보완이 요구된다.

참고문헌

- 강태석 · 박기현, 2001, “수치정사사진을 이용한 지적도 도곽점합에 관한 연구”, 한국지적학회지 제17권 제1호, pp.63-79.
- 국토연구원, 2002, “고해상도 영상자료의 자동물체인식을 위한 경계추출에 관한 연구”.
- 국토연구원, 2002, “리모트센싱을 이용한 필지별 토지이용현황 조사방법 연구”.
- 김계현 · 이경숙 · 진희재, 1999, “수치지형도와 영

- 상자료의 연계 활용방안에 관한 연구”, 한국 지형공간정보학회지 제7권 제1호, pp.21-28.
- 류병찬, 2001, 최신 지적학, 서울:건웅출판사, p.149.
- 박병욱 · 김상수 · 최윤수 · 차영수, 1999, “지적 분야에서의 수치정사사진 활용방안에 관한 연구”, 한국측지학회지 제17권 제3호, pp.233-243.
- 박순표 · 최용규 · 강태석, 1993, 지적학개론, 서울:형설출판사, pp.209-210.
- 손세원 · 이동현 · 김재형, 1996, “한국지목에 관한 연구(충청지역을 중심으로)”, 한국지적학회지 제12권 제1호, pp.114-125.
- 손지연, 2001, “고해상도 위성영상에서 Wavelet Transform을 이용한 도로망 추출에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 석사학위 논문.
- 서울시정개발연구원, 1997, “서울시 지적 및 도시계획 데이터의 GIS활용방안”, p.60.
- 이범관, 1999, “지목변경 신청에 관한 판례 연구”, 한국지적학회지 제15권 제2호.
- 이병환 · 김정희 · 박경환 · 정일훈, 2000, “고해상도 위성영상을 이용한 축척 1/10,000 수치지도 제작”, 한국지리정보학회지 제3권 제2호, pp.11-23.
- 이성화, 2001, “지적불부합지가 토지이용에 미치는 영향과 해소방안에 관한 연구”, 한국부동산분석학회, 부동산학연구 제7집 2호, pp.53-72.
- 윤미정 · 이성호, 2002, “Fuzzy-AHP 를 적용한 셀룰라 오토마타의 네이버 후드 및 전이규칙에 관한 연구”, 대한국토 · 도시계획 학회, 국토계획 제37권 4호, p.7.
- e-HD.com · 성균관대학교, 2002, “IKONOS 위성영상을 이용한 1/5,000 수치지도제작 연구”.
- 전형섭, 2001, “원격탐사 데이터의 분류 정확도 향상에 관한 연구”, 전북대학교 대학원 박사학위 논문.
- 정기현 · 이우균 · 이준학 · 김권혁 · 이승호, 2001, “고해상도 IKONOS 위성영상을 이용한 임상분류”, 대한원격탐사학회지 제17권 제3호, pp.275-284.
- 정재준, 2001, “수도권의 도시성장 분석 및 예측을 위한 셀룰라 오토마타 모델링”, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, pp.39-40.
- 주용진 · 박수홍, 2003, “시계열 위성영상을 이용한 토지이용 변화예측 확률모형의 구현”, 대한지리교육학회, 지리학연구 제37권 제4호, pp.373-385.
- 최창영, 2001, “셀룰러 오토마타를 이용한 도시성장 모델링”, 경상대학교 대학원 석사학위 논문, pp.51-53.
- 하성룡 · 경천구 · 박상영 · 박대회, 2002, “훈련 지역의 취득방법 및 규모에 따른 JERS-1 위성영상의 토지피복분류 정확도 평가”, 한국지리정보학회지 5권 1호, pp.27-37.
- 행정자치부, 2003, “지적불부합지 정리를 위한 학술연구”, 한국지적학회.
- Clarke, K. C., Hoppen. S., Gaydos, L.J., 1997, “Loose Coupling a Cellular Automata Model and GIS: Longterm Urban Growth Prediction for San Francisco and Washington/Baltimore”, International Journal of Geographical Information Science, 12(7), 699-714.
- Honghu Liu & Ron D. Hays., 1999, “Measurement of Interrater Agreement A SAS/IML Macro Kappa Procedure for Handling Incomplete Data”, Miami, SUGI24.
- John R. J., 1996, “Introduction Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective”, Second Edition, Prentice-Hall, pp.247-252.
- Rovert A. Vierkant., 1997, “Macro for Calculating Bootstrapped Confidence Intervals About a Kappa Coefficient”, San Diego, SUGI22.
- Ward, D.P., Murray, A.T. and Phinn, S.R., 2000, “A Stochastically Constrained Cellular Model of Urban Growth”, Computers, Environments and Urban system, 24, 539-558.
- Wenzhong Shi and Changqing Zhu., 2002, “The

- Line Segment Match Method for Extracting Road Network From High-Resolution Satellite Image”, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40.
- White, R., Engelen, G. and Uljee, I., 1997, “The Use of Constrained Cellular Automata for High-resolution Modelling of Urban Land-use Dynamics”, EPB, 24, 323-343.
- Wu, F. and Webster, C.J., 1998, “Simulation of Land Development Through the Integration of Cellular Automata and Multicriteria Evaluation”, EPB, 25, 103-126.