

프랙탈 분석을 통한 비용효과적인 기준자료추출 알고리즘에 관한 연구

김창재* · 구본철** · 이병길*** · 김용일****

A Cost Effective Reference Data Sampling Algorithm Using Fractal Analysis

Changje Kim* · Bonchul Ku** · Byoungkil Lee*** · Yongil Kim****

요 약

분류기법에 의해 원격탐사 영상으로부터 취득된 면속성 수치 지도는 GIS자료나 의사결정 자료로 사용되기 이전에 그 정확성에 관한 신뢰도 검증과정을 거쳐야 한다. 분류 정확도를 평가하기 위해서는 오분류행렬(confusion matrix)을 사용하여 전체 정확도, 사용자 정확도, 제작자 정확도 등을 얻게 되는데, 이때 오분류행렬을 구성하기 위해서는 기준자료(reference data)에 대한 표본추출이 이루어져야 한다. 기준자료의 표본을 추출하는 기법간의 비교 및 표본 크기를 줄이고자 하는 연구는 많이 이루어져 왔으나, 추출된 표본들간의 거리를 줄임으로써 정확도 평가 비용을 감소시키고자 하는 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 프랙탈 분석을 통하여 기준자료의 표본을 추출하였으며, 이를 바탕으로 기존의 표본추출 기법과 정확도 차이 및 비용효과 측면을 비교 분석하였다. 연구 결과, 프랙탈 분석을 통하여 표본을 추출하는 기법은 그 정확도 추정에 있어 기존의 표본추출 기법과 큰 차이를 보이지 않았으며, 추출된 화소들이 가까운 거리에 군집해 있어 비용효과측면에서 유리함을 확인하였다.

ABSTRACT : Random sampling or systematic sampling method is commonly used to assess the accuracy of classification results. In remote sensing, with these sampling method, much time and tedious works are required to acquire sufficient ground truth data. So, a more effective sampling method that can retain the characteristics of the population is required.

In this study, fractal analysis is adopted as an index for reference sampling. The fractal dimensions of the whole study area and the sub-regions are calculated to choose sub-regions that have the most similar dimensionality to that of whole-area. Then the whole-area's classification accuracy is compared to those of sub-regions, respectively, and it is verified that the accuracies of selected sub regions are

similar to that of full-area. Using the above procedure, a new kind of reference sampling method is proposed. The result shows that it is possible to reduce sampling area and sample size keeping up the same results as existing methods in accuracy tests. Thus, the proposed method is proved cost-effective for reference data sampling.

1. 서 론

원격탐사에서 분류작업에는 여러 가지 원인에 의한 오차가 포함되며, 오차는 연결된 데이터의 활용에 지속적으로 진파된다. 따라서, GIS에서 위성영상의 분류결과를 사용하기 위해서는 오차 크기의 정량화 즉, 정확도 평가가 필요하다. 정확도 평가를 위해서는 비교의 기준이 되는 데이터의 추출이 요구되며, 이 과정은 상당한 시간과 노력이 소모되는 작업이다. 본 연구의 목적은 reference data 추출에 소요되는 부담을 경감시킬 수 있는 새로운 표본추출 기법을 제안하는 것이다.

원격탐사분야에서 표본추출 방법론에 관한 연구로는 Hord와 Brooner(1976)가 단순무작위 추출법을 사용하였으나, Zonneveld(1974)는 단순 무작위 추출법이 시간과 경비 면에서 과도한 비용이 소요되는 비실용적인 방법임을 주장하였다. Zonneveld는 단순 무작위 추출법은 넓은 지역에 대해 너무 많은 표본을 추출하게 되고, 좁고 중요한 지역에 대해서는 부족한 표본을 추출하게 된다고 하였으며, 층화 무작위 추출법을 토지 피복에 대해서도 계층화하여 행할 수 있음을 주장하였다. 이에 대해 Van Genderen(1979)과 Ginevan(1979)이 동의하였으며, Rudd(1971)는 모든 항목에 대해 적절히 표본이 추출될 수 있도록 토지 피복 면적이 가장 적은 항목에 대해 최

소의 표본 크기를 정한 후 층화 무작위 추출법을 행하였고, Berry와 Baker(1968)는 토지 피복이 아닌 기하학적인 방법으로 층화 추출이 가능함을 보였다. Todd(1980)와 Rhode(1978)는 집락 추출법(cluster sampling method)의 비용 효과적인 측면에 대한 정당성을 언급하였으며, Fitzpatrick-Lins(1978)와 Ling(1979)은 계통적 비정렬 추출법(systematic unaligned sampling method)을 장려하였다(Congalton, Russell G., 1998).

프랙탈과 관련된 연구로는, Lee De Cola (De Cola, Lee, 1989)가 분류된 Landsat 영상의 프랙탈 분석을 통하여 각 항목별 분류 정확도를 향상시켰으며, Jaggi 등(Jaggi, 1993)이 원격탐사 영상에 대해 isarithm method, triangular-prism method, variogram method의 세 가지 프랙탈 측정기법을 사용하여 비교 분석하였다. 또한 Qiu 등 (Qiu, 1999)이 최근 관심이 모아지고 있는 hyperspectral 영상에 대해 분류 항목들의 프랙탈 특성을 연구하였고 최근 Kim 등(Kim, 1999)은 분류오차의 공간적 특성에 대해 논의하였으며, 여기에서 오분류 화소의 분포가 지형이나 토지 피복의 복잡성에 영향을 받음을 지적하였다.

분류 정확도 평가에 필요한 기준자료의 표본을 추출함에 있어, 표본들간의 거리를 줄여 표본추출 비용을 감소시키기 위한 연구는 Todd(1980)와 Rhode(1978)에 의한 집락 추출법의 경제성 분석이 있었으나, 이 집락 추출법도 집락 내의 표본 크기가 크지 않고 집락들이 영

* 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정(Civil, Urban, Geo-System division, Seoul National University)
 ** 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정(Civil, Urban, Geo-System division, Seoul National University)
 *** 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정(Civil, Urban, Geo-System division, Seoul National University)
 **** 서울대학교 지구환경시스템공학부 부교수(Assistan professor at Civil, Urban, Geo-System division Seoul National University)

상 전지역에 산재하여 있으므로 비용 면에서 크게 효과적이지 않다. 본 연구에서는 전체 영상을 대표하는 밀집된 표본을 얻는 방법으로 영상 전체에 대한 공간적 분포를 내포하는 국소지역으로부터 표본을 추출하는 방법을 제안하였으며, 영상 전체를 대표하는 국소지역을 찾아내기 위한 지표로는 자연현상의 한 특징인 자기 유사성(self-similarity)을 잘 정량화할 수 있는 프랙탈 차원을 사용하였다.

2. Fractals

Mandelbrot를 시작으로 하여 프랙탈의 개념이 제안된 후, 다양한 공간적 문제들에 대해 프랙탈 차원을 계산하는 수많은 방법이 개발되어 왔다. 프랙탈은 공간적, 광학적으로 복잡한 원격탐사 영상을 측정하고 분석함에 있어 중대한 잠재력을 지니고 있다(Lam, 1993; Jaggi, 1993).

2.1 프랙탈의 기본개념

유클리드 기하학의 차원에서는 모두 1차원의 선이지만, 프랙탈 차원에서는 그 곡선의 복잡한 정도에 따라 단순한 곡선은 낮은 차원을 복잡한 곡선은 높은 차원을 갖는다. 곡선이 더욱 복잡해져 공간을 모두 채우게 되면 유클리드 기하학적인 의미에서의 2차원인 면이 되게 된다. 유클리드 기하학에서는 2차원이지만, 프랙탈 기하학에서는 그 곡면의 복잡한 정도가 증가함에 따라 점차 높은 차원값을 갖는다. 또한 이들 곡면도 극도로 복잡해져 공간을 모두 채우게 되면 3차원인 입방체가 된다. 공간적 복잡성(complexity)이나 변이성(variability)을 잘 정량화할 수 있다는 특성은 프랙탈의 커다란 장점이다.

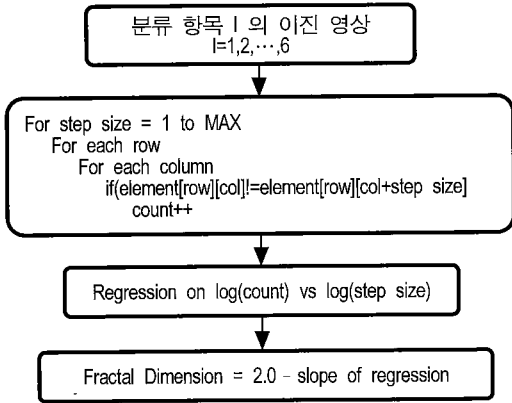
자기 유사성(self similarity)은 프랙탈의 중요한 특성 중의 하나이다. 프랙탈 공간에서는 모든 축척에 대하여 항상 '전체'의 공간적 특성을

갖는 '부분'이 존재하게 된다. 이는 프랙탈 차원이 축척에 대해 독립적이라는 의미이며, 모든 축척에 대해 일정하다는 의미도 함축하고 있다. 자기 유사성은 언급된 바와 같이 '전체'와 '부분'간의 관련성이므로, 그 축척에 따라 계급적으로 정렬되는 특성을 갖는다. 그러나 실제 자연 지형은 한계 범위를 가지므로 엄격히 모든 축척에 대하여 자기 유사하지는 않고, 부분적인 축척에 대해 유사성을 갖는다(Batty, 1994; Clarke, 1991).

2.2 Isarithm method

본 연구에서는 분류 영상의 프랙탈 차원을 계산하기 위해 isarithm 기법을 채택하였으며, 본래의 알고리즘을 분류 영상에 적합한 방법으로 변형하여 사용하였다. 일반적인 isarithm 기법은 우선 일정 임계치를 기준으로 하여 임계치 이하인 이진 영상을 생성하고, 하나의 열에 대하여 자신의 화소와 그로부터 행방향으로 step size 만큼 떨어져 있는 화소를 비교하여 서로 다르면 count를 증가시킨다. 이런 계산을 모든 열에 대하여 한 후, 마찬가지로 열과 행을 바꾸어 모든 행에 대한 열방향의 연산도 한다. 이렇게 전 영상에 대해 계산된 count와 step size에 log 함수를 적용하여, 이 값들을 회귀 분석한 후 각 여러 임계치에 대해 구해진 프랙탈 차원 중 상관 계수가 임계치 이상인 것만 취하여 그 기울기를 평균한 값을 영상 전체에 대한 프랙탈 차원으로 사용한다(Batty, 1994). 그러나 본 연구에서는 분류된 영상의 프랙탈 차원을 이용하므로 임계치를 분류 항목의 명목적 화소값으로 대체하였다. 즉, 그림 1과 같이 각각의 분류 항목만으로 구성된 이진 영상으로부터 프랙탈 차원을 구하였다.

Isarithm을 이용하여 원격탐사 영상의 프랙탈 차원을 측정하고자 할 때는 공간적인 편향이나 반복성 문제를 해결하기 위해 중형 양방향으로 프랙탈 차원을 계산하여 사용해야 한다. 또한 분류 영상



[그림 1] Isarithm method

전체 지역과 국소 지역(sub-region)에 적용하는 최대 step size는 동일해야 하며, 그 크기가 영상의 질반을 넘지 않아야 한다(Clark, 1991).

2.3 이진 영상

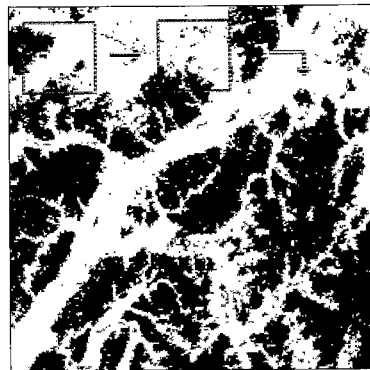
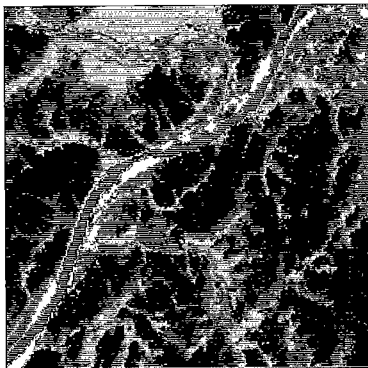
Isarithm 기법을 이용하여 프랙탈 차원을 측정하기 위해서는 각 분류 항목별 이진 영상을 생성해야 한다. 본 연구에서는 6개의 항목으로 분류하였으므로 6개의 이진 영상이 생성된다. 다

음의 그림 2와 같이 산림에는 0을, 다른 항목에는 모두 1을 부여하여 산림에 대한 흑백의 영상을 만든다. 후에 국소 지역을 이동해 가면서 국소 지역내의 프랙탈 차원과 산림의 면적 구성비를 측정하게 된다.

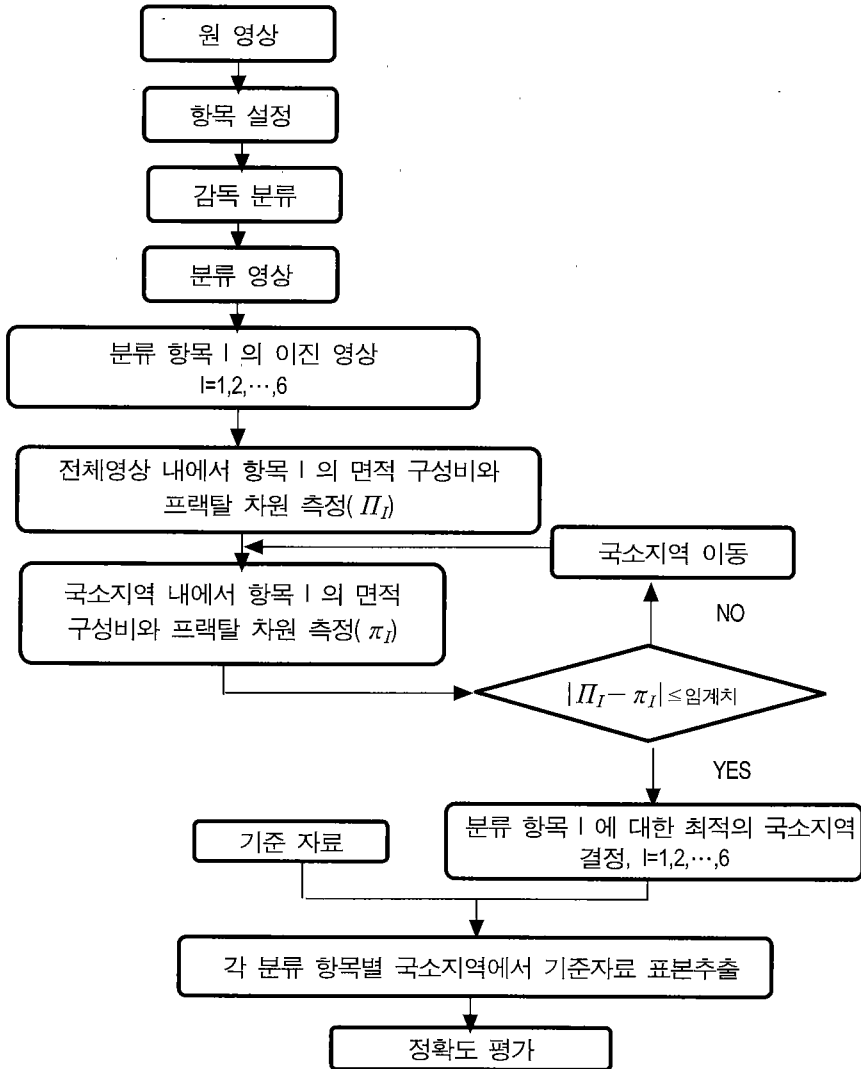
3. 실험방법

3.1 Image Data

본 연구에 사용한 원영상은 각기 다른 6개 지역의 Landsat TM 영상이며, 크기는 동일하게 250×250 이다. 취득 시기는 1994년 5월이며 위치는 공주, 청양 부근에 해당한다. 기하 보정은 분류 정확도 평가의 기준자료(reference data)인 수치지도를 기준으로 하였다. 변환식으로는 선형다항식변환(linear polynomial transformation)식을 적용하였으며, 원래의 화소값을 최대한 유지시키기 위해 최근내삽법(nearest neighborhood interpolation)으로 화소를 재배열하였다. 분류 항목은 산림, 수계, 밭, 논, 건천, 시가지의 6개로, 영상 내에서 항목별 화소들이 정규분포를 따른다는 가정을 만족시키며, 시각적으로도 판독이



[그림 2] 산림의 이진 영상 및 국소 지역 이동



[그림 3] 프랙탈 분석을 통한 기준자료 표본 추출 알고리즘

양호한 항목들로 구성하였다(어양담, 1999). 분류기법으로는 일반적인 최대우도분류기법을 사용하였다. 또한, 6개의 지역에 대해 각각 6가지의 분류 항목을 설정하고, 이를 2진영상으로 구성하여 총 36개의 이진영상에 대해 분석을 실시하였다.

3.2 프랙탈 분석을 통한 기준자료 표본 추출 및 정확도 평가

기준자료의 표본 위치에 관한 정보를 추출하기 위해 우선 분류된 영상으로부터 각 분류 항목별로 이진 영상을 생성한 후, 각 이진영상에서 영상 전체에 대해 해당 분류 항목이 차지하



[그림 4] 각 분류 항목별로 선정된 국소 지역(50×50)

고 있는 면적 구성비와 프랙탈 차원을 계산한다. 다음으로 국소 지역의 크기를 결정하고 영상 전체에서 구한 것과 마찬가지로 국소 지역내에서 해당 분류 항목이 차지하고 있는 면적 구성비와 프랙탈 차원을 계산한다. 국소 지역내에서 계산된 값과 분류 영상 전체에서 계산된 값의 차가 일정 임계치 이하가 되면 그 국소 지역을 기준자료 표본추출 지역으로 선정한다. 이런 과정을 각 항목별 이진 영상에 대하여 국소 지역의 면적을 125×125, 100×100, 75×75, 그리고 50×50 등으로 점차 줄여 가면서 계산하고, 마찬가지로 각각에 대하여 최적의 국소 지역을 결정한다. 이렇게 결정된 국소 지역들의 위치로부터 이미 작성된 기준자료를 이용하여 정확도 평가를 위한 표본을 추출하였다. 프랙탈 기법, 단순 무작위 추출법, 계통적 추출법간에 비교하기 위해 표본의 크기는 프랙탈 기법에서의 국소 지역내 화소수와 모두 동일하게 추출한 후 정확도를 평가하였다.

정확도평가는 보편적으로 많이 사용하고 있는 오차행렬방법을 사용하였다. 프랙탈 분석을

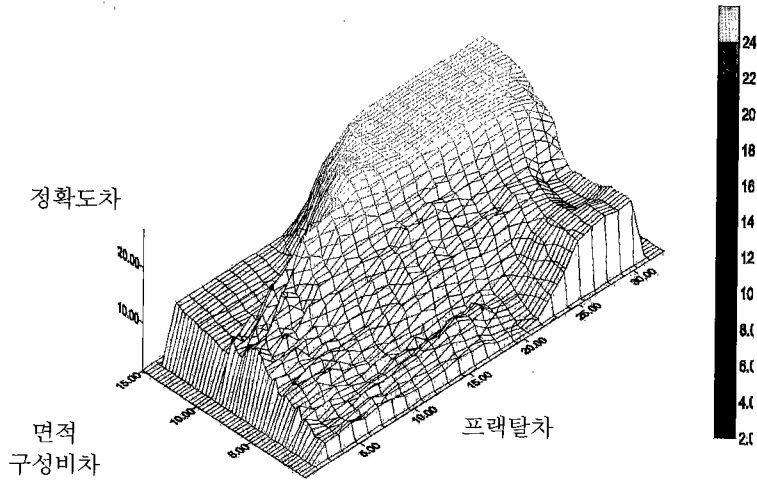
통하여 기준자료의 표본을 추출하고 정확도를 평가하는 순서는 그림 3과 같다.

프랙탈 차원과 더불어 각 분류 항목별 면적 구성비를 계산한 것은 프랙탈 차원이 회귀식의 기울기로부터 도출되므로 서로 다른 면적 구성비를 갖는 영상이라도 프랙탈 차원이 같을 수 있기 때문이다. 또한 통계적으로 무작위의 표본을 취할 경우 분류된 항목의 영상 내 면적 구성비와 비례하여 표본이 추출되는데, 이런 통계적 의미를 만족하며 모든 항목에 대해 표본을 추출하기 위해 면적 구성비를 고려하였다.

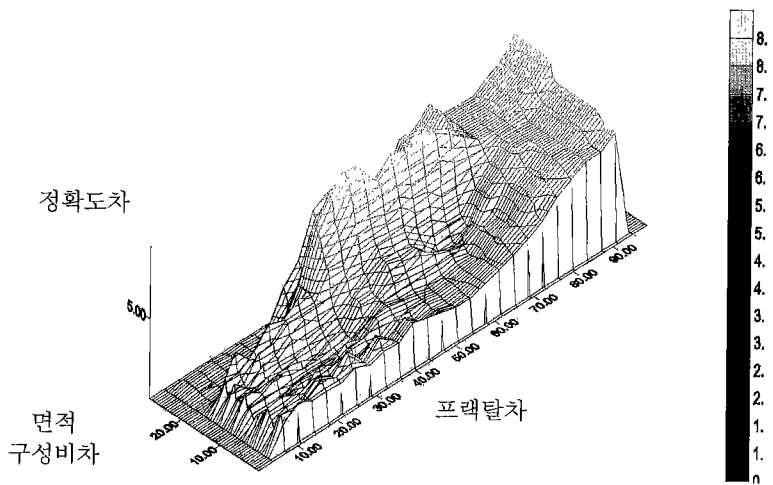
3.3 국소 지역의 크기 결정

기준자료의 표본추출을 위한 국소 지역은 125×125, 100×100, 75×75, 50×50까지 총 5개의 길이를 25씩 줄여가며 계산하였고, 각 크기별 프랙탈 계산을 위해 사용한 step size는 모두 $2^4 (=16)$ 으로 하였다. 그림 4는 50×50의 크기에서 최종적으로 선정된 각 항목별 국소 지역을 나타내고 있다.

프랙탈 분석을 통한 비용효과적인 기준자료추출 알고리즘에 관한 연구



[그림 5] 논외의 프랙탈차/면적구성비차/정확도차 간의 관계 그래프(국소 지역 : 125×125)



[그림 6] 시가지의 프랙탈차/면적구성비차/정확도차 간의 관계 그래프(국소 지역 : 125×125)

4. 실험결과

4.1 프랙탈과 정확도간의 관계분석

연구 대상지 전지역에 대한 분류 영상의 프랙탈 차원과 각 항목별 면적 구성비를 구한 후, 국소 지역을 이동해 가며 계산한 프랙탈 차원과 각 항목의 면적 구성비로부터 전지역과 국소 지역간의 각 값의 차를 구한다. 또한 항공사진으로부터 대상지 전체에 대한 기준자료를 취득하고 있으므로 각 분류 항목에 대해 전체지역과 국소 지역간의 사용자 정확도 차이를 얻을 수 있다.

이들 세 변량, 즉 전체 영상과 이동하는 국소 지역간의 프랙탈차, 면적 구성비차, 정확도차를 3차원의 그래프로 도시하면 그림 5, 6과 같다. 이 그림에서 보듯이 국소 지역의 프랙탈 차원과 면적 구성비가 전체 영상의 프랙탈 차원과 면적 구성비에서 멀어질수록 각 항목별 정확도의 차이가 커짐을 알 수 있다. 본 연구에서 사용하고 있는 표본추출 방법은 표본들이 서로 균락을 이루는 형태를 띄므로 항목별 면적의 구성비가 근사하지 않을 경우 정확도에 있어 상당한 차이를 보일 수 있다. 또한 오분류 화소의 분포는 밀집의 정도가 지역적으로 상이한 공간적 분포특성을 갖기 때문에(Kim, 1999), 공간적 복잡성을 정량화 한 프랙탈 차원의 차이가 클수록 오분류의 밀집도와 정확도의 차이를 보이는 경향을 갖게 된다.

4.2 분류 정확도 평가 결과

분류 영상 전체의 프랙탈 차원 및 각 항목별 면적 구성비를 구하고, 국소 지역을 이동해 가며 이들 값의 차이를 가장 적게 보이는 국소 지역을 선정 한 후, 그 지역들에서 기준자료의 표본을 추출하였다. 이 추출된 표본들로 오차행렬을 구성하고 전체 정확도를 평가하였다. 이 결

과와, 기존의 표본추출 기법인 단순 무작위 추출법과 계통적 추출법으로부터 추출한 표본으로 정확도를 평가한 결과를 비교 분석하였다.

표 1은 본 연구에 사용한 분류 영상 6개의 전

<표 1> 분류 영상 6개의 전체 정확도(전수조사)

	영상1	영상2	영상3	영상4	영상5	영상6
전체정확도 (%)	77.54	73.65	72.21	76.04	72.73	76.42

체 정확도이다. 표 2는 기준자료 표본추출 기법별로 정확도를 평가한 후 이 기법들간의 정확도 차이를 나타낸 것이다. 정확도의 차이는 절대값을 취하였으며, 영상 3과 4에서는 국소 지역의 크기가 50×50에서 건천이나 수계 등 작은 면적 구성비를 갖는 항목들의 프랙탈 차원이 계산되지 않아 기법간의 정확도 비교가 불가능하였다.

표 2의 결과를 바탕으로 각 기법에 대하여 국소 지역의 크기별 정확도 차이의 평균에 관해 표 3과 같이 나타내었다. 또한 정확도 차이의 표준편차에 대해서도 표 4와 같이 나타내었다. 표 3을 보면 전수 추출과 프랙탈 추출에 의한 정확도 평가의 차이가 1.11-1.99% 사이에 존재함을 알 수 있다. 즉 프랙탈 기법으로 기준자료를 표본추출한 후 정확도를 평가하였을 때, 전수 조사와의 정확도 차이가 약 2% 안쪽임을 보이고 있다. 기존의 표본추출 기법들과 비교해 보아도 무작위 추출법과는 그 차이가 1.33% 안쪽이고, 계통적 추출법과는 차이는 2.17% 안쪽으로 근소한 차이를 보이고 있다. 표 4의 분류 영상 6개에 대한 각 기법간 정확도 차이의 표준편차를 살펴보면, 프랙탈 분석을 통한 기법과 전수 추출간의 정확도 차의 표준편차는

0.600-0.887% 사이이다.

또한 기존의 표본추출 기법인 무작위 추출과의 정확도 차의 표준편차는 0.522-0.855%이며, 계통적 추출과는 0.602-1.019% 사이이다. 따라서, 분류 영상에 대한 정확도 추정에 있어, 본

<표 2> 기준자료 표본추출 기법간 추정된 정확도 차이(%)

비교 대상 국소지역 크기		전수 추출과 무작위 추출	전수 추출과 계통 추출	전수 추출과 프랙탈 추출	무작위 추출과 프랙탈 추출	계통추출과 프랙탈 추출
영상 1	125×125	0.26	0.02	0.06	0.27	0.08
	100×100	0.34	0.16	2.37	0.24	2.53
	75×75	0.35	0.12	0.33	0.43	0.45
	50×50	0.80	0.15	2.88	0.28	2.73
영상 2	125×125	0.37	0.35	0.98	1.09	1.33
	100×100	0.36	0.03	0.75	0.77	0.77
	75×75	0.52	0.57	1.90	1.77	2.46
	50×50	0.76	0.37	1.16	1.23	0.79
영상 3	125×125	0.22	0.14	1.64	1.66	1.50
	100×100	0.29	0.00	0.98	1.06	0.98
	75×75	0.48	0.10	0.15	0.45	0.06
영상 4	125×125	0.32	0.19	1.68	1.57	1.87
	100×100	0.29	0.19	2.88	2.78	3.07
	75×75	0.55	0.29	1.48	1.45	1.77
영상 5	125×125	0.19	0.13	1.35	1.40	1.22
	100×100	0.33	0.37	1.15	1.27	0.78
	75×75	0.48	0.27	1.89	1.95	2.16
	50×50	0.73	0.85	1.64	1.52	2.50
영상 6	125×125	0.25	0.21	0.97	0.86	1.18
	100×100	0.37	0.04	0.94	1.03	0.91
	75×75	0.46	0.44	1.47	1.62	1.03
	50×50	0.63	0.35	2.31	2.29	2.66

<표 3> 분류 영상 6개에 대한 각 기법간 정확도 차이의 평균(%)

비교 대상 국소지역 크기		전수 추출과 무작위 추출	전수 추출과 계통 추출	전수 추출과 프랙탈 추출	무작위 추출과 프랙탈 추출	계통추출과 프랙탈 추출
125×125		0.27	0.17	1.11	1.14	1.20
100×100		0.33	0.13	1.51	1.19	1.51
75×75		0.47	0.30	1.20	1.28	1.32
50×50		0.73	0.43	1.99	1.33	2.17
평균		0.45	0.26	1.46	1.24	1.55

<표 4> 분류 영상 6개에 대한 각 기법간 정확도 차이의 표준편차(%)

비교 대상 국소지역 크기		전수 추출과 무작위 추출	전수 추출과 계통 추출	전수 추출과 프랙탈 추출	무작위 추출과 프랙탈 추출	계통추출과 프랙탈 추출
125×125		0.066	0.109	0.600	0.522	0.602
100×100		0.034	0.139	0.887	0.855	1.019
75×75		0.069	0.182	0.772	0.670	0.963
50×50		0.073	0.297	0.754	0.831	0.925
평균		0.060	0.182	0.753	0.719	0.877

연구에서 제안한 프랙탈 분석을 통한 표본추출 기법이 기존의 표본추출 기법과 비교하여 크게 차이나지 않음을 확인하였다.

4.3 표본추출 면적에 관한 분석

표본의 추출면적은 기존의 단순 무작위 추출법과 계통적 추출법이 본 연구의 대상지 총면적 56 km^2 내에서 표본을 추출해야 함에 반해, 본 연구에서 제안한 프랙탈 기법을 통하면 국소지역 크기가 125×125 일 때는 14 km^2 , 100×100 일 때는 9 km^2 , 75×75 일 때는 5 km^2 , 그리고 50×50 일 때는 2.25 km^2 내에서 표본을 추출하면 된다. 따라서, 프랙탈 기법을 사용하여 표본을 추출할 경우, 총 대상지에 대해 4%~25%의 면적만으로 기존의 추출기법과 유사한 신뢰도를 갖는 표본을 추출할 수 있다.

4.4 표본추출 시간에 관한 분석

현장에서 직접 표본을 추출하는데 소요되는 비용을 산정하고자 할 때는 우선 이들 표본추출에 소요되는 총시간을 계산한 후, 이로부터 경비를 산출하여 분석한다. 이를 위해서 본 연구에서는 다음과 같은 추출상황과 비용산정 기준을 가정하였다.

가정 1. 프랙탈 분석을 통한 표본 추출시 본 연구에 사용된 대상지가 소규모이므로 각 국소지역내에서 관측점간의 이동은 도보로 하고, 국소 지역간의 이동은 차량으로 한다.

가정 2. 기존의 표본추출기법들에 의해 추출된 관측점들은 대상지내에 골고루 분포하고 관측점간의 거리가 짧아 도보로 충분히 이동할 수 있다.

가정 3. 관측점의 좌표는 GPS-RTK(Real Time Kinematic)기법을 사용하여 실시간으로 취득이

가능하다. 따라서, 기준자료 취득에 소요되는 시간은 차량을 이용한 국소지역간의 이동시간과 관측점간의 도보시간만으로 간단히 산정한다.

● 단순 무작위 추출법: 관측점간의 이동거리는 연구대상지가 표본의 크기만큼 독립적이며 무작위로 분포하므로 기대되는 평균최근린거리(\bar{r}_e)는 다음과 같이 계산된다.

$$\bar{r}_e = \frac{1}{2\sqrt{\lambda}}$$

여기서 λ 는 단위 면적당 관측점의 밀도를 의미한다.

<표 5> 각 표본추출기법별 관측점 총이동시간 (단위 : 시간)

표본 크기	단순 무작위 추출	계통적 추출	프랙탈 분석을 통한 추출
125×125	129.9	260.4	130.2
100×100	103.9	208.3	83.2
75×75	78.0	156.3	46.9
50×50	52.0	104.2	20.8

● 계통적 추출법: 계통적 추출법에 의해 중형 각각에 대해 동일한 간격으로 표본을 추출하면 관측점간의 이동거리를 구할 수 있다.

● 프랙탈 분석을 통한 추출법: 표본들이 바로 인접하여 추출되므로 표본들간의 거리는 모두 동일하게 화소 크기가 된다.

성인 남성의 보폭을 초당 1m 정도라고 가정한다면, 모든 표본의 관측에 예상되는 소요시간은 표 5와 같다.

이 표에서 보는 바와 같이 세 가지 추출기법 모두 표본의 크기가 감소할수록 소요 시간이 점차 절감되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 국소지역의 크기가 가장 작아졌을 때, 단순 무작위 추출기법과 계통적 추출기법에 대비하여 프랙탈 분석기법은 약 40%와 20%의 시간만이 소요

됨을 알 수 있었다. 비용이 시간에 비례한다고 가정하였을 때, 프랙탈 기법은 위에서 제시한 비와 같은 비용감소효과를 기대할 수 있다.

5. 결 론

분류 영상에 대해 신뢰 정도를 평가하기 위해 정확도 평가는 필수적이다. 정확도 평가를 하기 위해서는 기준자료의 표본을 추출해야 한다. 본 연구에서는 프랙탈 분석을 통하여 기존의 표본 추출 기법에 의한 정확도 추정과 근사한 결과를 보이면서 추출비용면에서는 보다 경제적인 기법을 제시하였다. 본 연구의 결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 프랙탈 분석을 통한 표본추출 기법을 사용하여 표본을 추출한 후 정확도를 평가해 본 결과, 본 연구의 실험대상지역의 경우 전수 조사에 의한 정확도 평가 결과와 2%이내에서 차이를 보였다. 또한 국소 지역의 각 크기에 따른 전수 조사와의 정확도 차이를 평균한 결과는 1.46%였다. 따라서 본 연구에서 제시한 표본추출 기법의 정확도 추정 성능이 크게 떨어지지 않음을 확인하였다.

둘째, 기존의 표본추출 기법과의 정확도 차이를 비교한 결과, 무작위 추출과는 평균 1.24%의 차이를, 계통적 추출법과는 1.55%의 차이를 보였다. 이 결과로 기존의 표본추출 기법과, 정확도 추정에 있어 큰 차이를 보이지 않음을 확인하였다.

셋째, 프랙탈 분석을 통하면 영상 전지역의 정확도를 대표할 수 있는 국소 지역 추출이 가능함을 확인하였다.

넷째, 정확도 평가에 사용되는 기준자료의 표본을 추출함에 있어, 프랙탈 분석기법을 이용할 경우 기존의 기법에 비해 국소지역의 크기에 따라 4%~25%정도의 면적만 관측하면 된다. 또한 기존의 추출기법에 비해 상대적으로 적은 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서 제시한 프랙

탈 기법을 사용하여 표본을 추출할 경우, 국소 지역의 크기가 점차 감소함에 따라 기존의 표본추출기법들보다 비용의 감소측면에서 매우 효과적임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 프랙탈 차원을 측정하는 기법으로 isarithm method를 사용하였으나, 이 방법 이외의 다른 측정기법에 대해서도 상세한 연구가 이루어져야 하며 분류 항목간의 오분류 경향을 잘 분석할 수 있는 기법도 개발되어야 한다. 프랙탈 분석 기법을 사용하여 표본을 추출하게 되면 각 항목별 국소 지역내에서는 표본간의 거리가 매우 가까우므로 경제적이나, 항목과 항목의 국소 지역간의 거리에 대해서는 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 모든 항목들이 하나의 국소지역 안에 존재하도록 표본추출 대상지를 선정할 수 있는 알고리즘의 개발도 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 남영우, 계량지리학, 법문사, 1995
- 어양담, 위성영상 분석을 위한 트레이닝 정규화 알고리즘과 클래스 분리도 측정기법 개발, 서울대학교 대학원 공학박사학위논문, 1999
- Batty, Michael and Longley, Paul, Fractal Cities, Academic Press, 1994
- Clarke, Keith C. and Schweizer, Diane M., Measuring the Fractal Dimension of Natural Surfaces Using a Robust Fractal Estimator, Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 18, No. 1, pp. 37-47, 1991
- Congalton, Russell G., A Comparison of Sampling Schemes Used in Generating Error Matrices for Assessing the Accuracy of Maps Generated from Remotely Sensed Data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, No. 5, pp.

- 593-600, 1988
- Congalton, R.G., A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46, 1991
- De Cola, Lee, Fractal Analysis of a Classified Landsat Scene, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 55, No. 5, pp. 601-610, 1989
- Kim, Yong-Il, Eo, Yang-Dam, and Lee, Byoung-Kil, Analysing the Spatial Distribution Pattern of Image Classification Error, *Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 38, No.2, pp. 1999
- Jaggi, S., Quattrochi, Dale A., and Lam, Nina Siu-Ngan, Implementation and Operation of Three Fractal Measurement Algorithms for Analysis of Remote-Sensing Data, *Computers & Geosciences*, Vol. 19, No. 6, pp. 745-767, 1993
- Lam, Nina Siu-Ngan and De Cola, Lee, *Fractals in Geography*, PTR Prentice-Hall, 1993
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd ed., John Wiley & Sons, 1994
- McGuire, Michael, *An Eye for Fractals*, Addison-Wesley, 1991
- Qiu, Hong-lie, Lam, Nina Siu-Ngan, Quattrochi, Dale A., and Gamon, John A., Fractal Characterization of Hyperspectral Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 65, No. 1, pp. 63-71, 1999
- Richards, John A., *Remote Sensing Digital Image Analysis*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994
- Story, M. and Congalton, R. G., Accuracy Assessment : A User's Perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 52, No. 3, pp.397-399, 1986