

영상분할단위 기반의 다변량 영역 확장기법

Multivariate Region Growing Method with Image Segments

이 종 열

Jong Yeol Lee

국토연구원 GIS연구센터

경기도 안양시 동안구 관양동 1591-6 (우) 431-712

jylee@krihs.re.kr

ABSTRACT

Feature identification is one of the largest issue in high spatial resolution satellite imagery. A popular method associated with this feature identification is image segmentation to produce image segments that are more likely to features interested. Here, it is proposed that combination of edge extraction and region growing methods for image segments were used to improve the result of image segmentation. At the initial step, an image was segmented by edge detection method. The segments were assigned IDs, and polygon topology of segments were built. Based on the topology, the segments were tested their similarities with adjacent segments using multivariate analysis. The segments that have similar spectral characteristics were merged into a region. The test application shows that the segments composed of individual large, spectrally homogeneous structures, such as buildings and roads, were merged into more similar shape of structures.

Keywords: image segmentation, region growing, topology, multivariate analysis

요약

이 연구에서는 고해상도 영상의 영상분할단위를 이용한 분석방법의 하나로 영역확장기법을 검토하였다. 먼저 경계추출에 의한 영상분할단위를 기반으로 공간적인 분석이 가능하도록 영상분할단위간의 위상관계를 설정하는 방법을 검토하였다. 다음으로 설정된 영상분할단위간의 위상관계를 바탕으로 한 영역기반의 영역확장 방법을 개발함으로써 영상분할단위를 보다 물체에 가까운 형태로 한 단계 더 처리하였다. 특히 여러 밴드를 활용한 다변량 분석을 시도하여 결과의 신뢰도를 더욱 높이도록 하였다. 그 결과 영상분할단위 기반의 영역확장 결과 영상분할단위가 보다 의미있는 단위로 발전되었다. 다만 영상분할단위에 속하는 각 화소의 높은 동질성으로 인하여 통계적 유사성이 통계치에 매우 민감하게 반응하는 결과를 나타내었다.

주제어: 영상분할, 영역통합, 위상관계, 다변량분석

1. 서론

영상을 서로 구분되는 영역으로 분할하는 이유에는 여러 가지가 있겠으나 중요한 것

은 첫째로는 영상을 구성하는 최소단위인 화소를 보다 물체에 가까운 큰 단위의 의미 있는 영역으로 구성하는 것이며, 둘째로는 분할된 영역을 후속의 처리과정을 위한 분석의 단위로 활용하기 위한 것이다[6]. 후속

의 처리를 위한 영상분할은 영상취득기술이 발전되어 고해상도의 영상이 보편화됨에 따라 그 중요성이 점차 커질 것으로 예상된다 [5]. 그 이유는 고해상도의 영상에서는 하나의 물체가 많은 수의 화소로 나누어지게 되며, 이 과정에서 동일 물체 내에서도 나타날 각 화소의 명도 변동(variation)이 화소 단위로 영상을 분석할 때 문제가 될 것이기 때문이다. 2005년 발사될 예정인 아리랑2호로부터의 영상도 이러한 현상에서 예외는 아닐 것으로 판단된다.

영상분할 기법의 주된 흐름은 경계기반 접근방법과 영역기반 접근방법으로 나누어 볼 수 있다. 영역 기반의 접근방법이나 경계 기반의 접근방법 모두가 하나의 물체는 동일한 분광특성이나 텍스처를 갖을 것이며, 이웃한 물체와는 서로 다른 특성을 가질 것이라는 가정에 근거를 두고 있다. 그러나 이 가정은 매우 이상적이어서 실제의 세계에서는 이 가정에 대한 많은 교란이 일어난다. 즉 이웃한 물체가 서로 매우 비슷한 분광특성을 가질 수도 있다. 또 한 물체에서 다른 물체로의 변화가 급작스럽게 이루어지는 것이 아니라 점진적으로 이루어 질 수도 있다. 이러한 경우 분석된 경계의 측정치는 낮을 수밖에 없다. 이에 대하여 단순히 경계 부근의 매우 국지적인 현상에 대하여 한계치를 적용한다면 이 두 물체의 경계상에 존재하는 경계 화소들은 제거될 가능성이 높다.

경계에만 의존할 경우 경계가 갖는 한계점은 모든 물체의 경계들이 경계 측정치에 있어서 특정의 값 이상을 갖을 것이라는 전제가 필요하다는 것이다. 그러나 실제로는 이와 같은 씬(scene) 전체에 대한 일률적인 기준은 존재할 수 없다. 이렇게 경계에서 나타나는 현상만에 의존하여 물체의 경계를 결정한다면 경계를 이루는 하나의 화소가 기준에 미달할 경우도 그 화소가 속한 아크(arc) 전체가 가성 경계의 존재로 전락할 수 있다.

영역확장 방법에만 의존할 경우 일반적으로 많은 고립된 작은 영역들을 만들어낸다. 또 영역 확장의 시작점에 따라서 결과가 다

르게 나타날 수 있다는 점이다. 따라서 같은 영상에 대하여도 많은 서로 다른 영상분할의 결과를 얻을 수 있다.

이러한 위험을 줄이는 방법으로 경계기반의 방법과 영역기반의 방법을 같이 사용하는 것을 검토하여 볼 수 있다. 경계기반의 영상분할에서는 경계 여부를 판단하는 기준치로서의 한계치는 모든 진성 경계가 유지되는 가운데 최대한의 가성 경계 화소가 제거되는 수준으로 적용하는 것이다. 이 경우 물체 내 화소의 명도 변동에 의해 추출된 가성 경계 가운데 명암대비가 한계치보다 큰 가성 경계의 화소들은 아직도 남아서 경계의 형태를 취할 것이다. 그러나 비록 경계 측정치는 크다하더라도, 가성 경계를 사이로 이웃하여 있는 두 영역이 같은 물체로서 동질의 분광특성을 가지고 있다면, 이는 두 영역에 대한 분광특성의 유사성의 통계적 검증결과는 두 영역이 유사한 분광특성을 갖는 영역이라는 결과를 나타낼 것이다.

이 연구에서는 이러한 가정을 가지고 경계 기반 접근방법과 영역 기반 접근방법을 접목하여 사용하는 방법을 제시하고자 한다. 이 방법을 적용할 경우 영상 내의 노이즈 문제가 크게 완화될 것으로 판단된다. 이 연구에서는 이러한 문제인식 하에 영상분할단위를 이용한 후속의 영역확장 방법을 검토하였다.

2. 영상분할 기법 검토

1) 경계기반 영상분할

경계추출 알고리즘에 의해 추출되는 경계 후보픽셀은 일반적으로 명도 변화의 패턴에 의하여 결정되어진다. 그들 가운데 진성 경계 화소와 가성 경계 화소들이 섞여 있을 것이다. 경계추출 알고리즘의 가장 심각한 문제점은 이 가성 경계와 진성 경계를 어떻게 구별하는가 하는 것이다[4]. 문제는 이들을 구별하는데는 아직 확립된 원칙이 없다는 것이다[3]. 이들을 구별하기 위하여 다양한 방법들, 예를 들면 경계 추출의 결과에

대한 측정치 크기를 기초로 한계치를 적용하거나, 측정치 크기의 확률분포를 바탕으로 경계 화소의 가능성이 큰 측정치 크기의 범위를 정하는 등의 방법이 적용되고 있다. 그러나 인접한 물체들간의 명암대비가 항상 크지는 않기 때문에, 명암대비가 작은 물체들 사이의 진성 경계들이 상대적으로 큰 측정치 크기를 가지지 못한다. 이 경우 비록 진성 경계라 하더라도 가성 경계로 분류될 가능성이 크다. 따라서 단순한 경계추출의 측정치 크기만을 기초로 하는 방법들은 만족된 결과를 주지 못하고 있다.

2) 영역기반 영상분할

영역확장 방법은 여러 영상 분할 과정을 거친다. 일반적으로 처음 단계에서는 최소의 분석의 단위로 이용될 영상분할의 윈도우 크기가 정하여진다. 이 최소의 단위에 대한 통계치가 합병을 위하여 이웃한 지역 혹은 윈도우 내의 그룹의 픽셀들과 비교된다[5]. 최소 거리(minimum distance)와 확률밀도함수(PDF: probability density function) 등의 통계치가 영역확장을 위하여 많이 사용되어진다. 최소 거리가 이용되는 경우 분광특성 혹은 텍스쳐 측정치에 대한 두 비교대상의 화소 혹은 화소 그룹 사이의 유클리디언 거리가 일반적으로 이용되어진다. 예를 들면 영역확장 알고리즘 가운데 싱글링키지 알고리즘은 개개의 화소와 인접한 화소 혹은 영역과의 거리가 이용된다[6]. 합병의 기준은 연구에 따라 다양할 수 있다. 이 방법의 문제점은 개개의 화소를 대상으로 이루어지기 때문에 분석 결과가 많은 고립된 화소들을 내포한다는 것이다.

하이브리드 싱글 링키지 알고리즘은 이러한 단점을 보완하기 위하여 중심화소와 인접한 주위의 일단의 화소 그룹에 대한 국지적 통계치를 중심화소에 적용하여 영역확장을 수행한다. 이 경우 중심화소가 다소 일탈된 분광측정치를 가지고 있다 하더라도 주위의 화소가 비교의 대상이 되는 영역과 유사할 경우 이 화소가 고립되는 것을 방지 할 수 있다[1][5]. 그러나 비교의 단위가 인

위적으로 설정된 윈도우로서 하나의 비교 단위 속에 이질적인 화소들이 섞여 있을 가능성이 크다는 점이다. 즉 비교의 궁극적인 대상인 화소, 예를 들면 중심화소의 분광특성에 대한 통계치가 주위의 이질적인 화소들의 분광특성과 혼합되어 결정될 수 있다는 점이다.

3. 영역통합 방법

이 연구에서는 영상분할의 결과가 화소단위의 고립된 영역의 발생을 줄이면서, 가성 경계를 효과적으로 제거하는 방법으로 영상 분할단위 기반의 영역확장 방법을 도입하였다. 이를 수행하는 방법으로 먼저 경계기반의 영상분할을 수행하고 영상분할단위를 기반으로 영역확장을 수행하는 것을 검토하였다. 영역확장 방법으로는 인접한 두 영역들을 구성하고 있는 화소들의 분광특성 값들에 대한 통계적 파라미터를 바탕으로 유사성을 검증하는 방법을 도입하였다. 그 결과 영상 내의 인접한 두 영역이 통계적으로 설정된 유사한 수준을 만족시킬 경우 두 영역은 같은 지형지물로부터 나온 것이라는 추론을 하였다. 이를 위하여는 인접한 영역들을 확인할 수 있는 위상관계가 설정되어야 한다.

1) 영역간 위상관계 설정

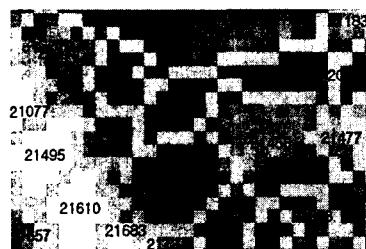
영상분할단위를 기반으로 공간적인 분석이 가능하도록 하기 위하여는 영상분할단위 간의 위상관계를 설정하여야 한다. 설정된 위상관계는 벡터모델 기반의 GIS에서 폴리곤의 위상관계와 유사한 성격을 갖게 되며, 이를 바탕으로 다양한 공간 분석을 시도할 수 있다는 장점이 있다.

영역간의 위상관계를 설정하기 위하여는 각 영역을 지칭하는 인식자를 우선 부여하여야 한다. 그리고 이를 바탕으로 영상 내의 분할 단위인 영역간의 인접관계를 알아야 한다. 이 연구에서는 GIS에서 의미하는 모든 객체에 대한 모든 형태의 위상관계를 구축하려 하지는 않았다. 다만 이 연구에서

필요로 하는 최소한의 위상관계 만을 정립하도록 하였다. 이 연구에서 요구되는 위상관계는 이웃하는 영역간의 유사성을 검증하여 통합여부를 결정하는데 필요한 영역간의 위치관계를 규명하는 위상관계이다. 따라서 이 수준의 위상관계를 설정하는 것에서 만족하였다.

영상 내 각 영역의 인식자는 이론적으로 두 가지의 조건을 바탕으로 수행하였다. 첫째로 모든 영역은 경계로 분할되어 있어야 한다. 경계로 분할되지 않은 것은 하나의 영역이라고 간주하였다. 둘째로 인식자의 유일성을 충족시키도록 하였다. 영상 내의 하나의 영역은 하나의 인식자에 의하여 정의되도록 하였다. 따라서 모든 분할된 영역들 중에는 동일한 인식자를 가진 두 개의 영역이 존재할 수 없다.

이러한 조건을 만족시키도록 우선 영상 내에서 분할된 모든 영역에 <그림 1>에서 와 같이 ID를 부여하였다. ID를 각 영역에 부여하는 방법으로 분할된 경계에 의하여 둘러싸인 모든 화소들의 집합을 하나의 영역으로 규정하고 새로운 집합이 발견되는 대로 이들에 대하여 순차적으로 ID를 부여하였다.



<그림 1> 영역ID부여 사례

다음의 과정에서는 이를 바탕으로 인접한 영역간의 위상관계를 설정하였다. 확인된 위상관계는 일종의 데이터베이스로서 구축하여 관리하였다. 영역ID의 정의는 일대일의 관계이지만, 영역의 인접 영역들과의 관계는 일대다 혹은 다대다의 관계일 수 있다. 오히려 후자의 경우가 일반적이다. 이러한 정보들이 모두 자료로서 관리될 수 있도록

록 데이터베이스의 개념으로 구축하여 별도로 <표 1>과 같이 관리하였다.

Segment ID	Adjacent segment ID
21424	20876, 21361, 21381, 21456, 21496, 21528
21456	21381, 21477, 21611, 21658, 21614, 21634,
21496	21317, 21362, 21424, 21495, 21610, 21528
21528	21424, 21456, 21534, 21734, 21683, 21610, 21496
:	:
:	:

<표 1> 영역간 위상관계 구축 사례

2) 영역간 통합

영상 내에 분할된 영역간의 인접관계가 규명되면 이를 간의 유사성을 검증하는 방법을 개발하여야 한다. 인접한 영역간의 유사성은 영역을 구성하고 있는 화소들의 밴드들이 나타내는 DN의 유사성을 비교하는 방법을 이용하였다. 두 개의 인접한 영역간의 유사성을 단일 밴드를 사용하여 검증할 경우 student t-test를 사용할 수 있다. 이 경우 검증방식은 단순하여 용이하게 처리할 수 있으나 검증능력은 낮아질 수 있다. 반면에 수집된 여러 밴드의 특성을 모두 활용할 경우 훨씬 정확한 검증이 가능하지만 검증의 통계적 처리에 보다 복잡한 과정이 적용되어야 한다.

이 연구에서는 다소 통계적 처리에 복잡함을 감수하더라도 여러 변수 즉 여러 밴드에 대하여 측정된 DN을 이용하여 검증력을 높이도록 하였다. 이러한 의도를 만족시켜 줄 수 있는 통계방법으로는 *student t-test*를 *multivariate analysis*로 확장시킨 *Hotelling's t-test*가 있으며 이의 검증 수식은 다음과 같다[2].

$$T^2 = \frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2} - (X_1 - X_2)^t S^{-1} (X_1 - X_2)$$

여기서 T^2 : Hotelling's T^2

X_i : 영역1에 속한 화소의 밴드별 DN
의 평균의 합계

X_2 : 영역2에 속한 화소의 밴드별 DN의 평균의 행렬

S : 영역1과 영역2로부터 유추된 모집단의 variance-covariance 행렬

n_1 : 영역1의 화소의 총수

n_2 : 영역2의 화소의 총수

이 T^2 는 자유도 $(p, n_1 + n_2 - 2)$ 를 갖는 다음과 같은 F 값을 갖는다. 이렇게 산출된 값을 바탕으로 인접한 두 영역간의 유사성을 검토하여 볼 수 있다.

$$T^2 = \frac{(n_1 + n_2 - 2)*p}{n_1 + n_2 - p - 1} F(p, n_1+n_2-p-1)$$

여기서 p : 분석에 사용된 변수(밴드)의 수

이를 F 를 중심으로 다시 정리하면 다음의 식과 같다.

$$F(p, n_1+n_2-p-1) = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)*p} T^2$$

만일 인접한 두 영역이 동일한 종류의 물체라면 분광반사의 특성이 유사할 것이다. 이 경우 F 값은 작은 값을 가질 것이고 반대의 경우 큰 값을 갖게 될 것이다. 여기서 각 영역에 속하여 있는 화소의 수가 다양하기 때문에 자유도는 어떤 영역간의 유사성이 검토되느냐에 따라서 달라지게 된다. 또 다른 자유도에서는 같은 F 값이라 하더라도 유사성이 달리 파악되어져야 한다. 이렇게 자유도에 따른 F 값을 고려하여 이의 유사성에 대한 유의수준을 통계적으로 검토할 수 있다.

통계적 검증의 과정을 살펴보면 확인된 모든 영역에 대하여 통계적 파라미터들이 산출되어 데이터베이스의 개념으로 관리되었다. 이를 위하여 산출된 각 통계적 자료들은 각 영역의 화소 수, 영역의 각 밴드별 DN의 합계, DN의 평균, DN의 sum of square와 sum of product, 이를 바탕으로 한 variance-covariance matrix 등이다.

이러한 파라미터들을 이용하여 파악된 영

역간의 위상관계 중에서 인접관계가 확인된 영역간에 유사성이 검토되었다. 유사성의 방법은 인접한 두 영역에 대하여 앞서 제시된 Hotelling's T^2 의 값을 이용한 F 값이다. 검토된 유사성이 설정된 유의수준을 만족시키는 두 영역은 통합하고 그렇지 못한 영역은 그대로 두었다. 이와 같은 검증을 영상내의 분할된 모든 영역과 이의 인접한 영역에 대하여 수행하여 영역간 통합을 수행하였다. 유사한 것이 설정된 기준을 충족시키는 경우 두 영역 중 하나의 영역을 기준이 되는 영역의 IID로 치환하였다. 그리고 이렇게 통합된 두 영역간의 경계는 제거되고 새로운 영역이 생성되었다.

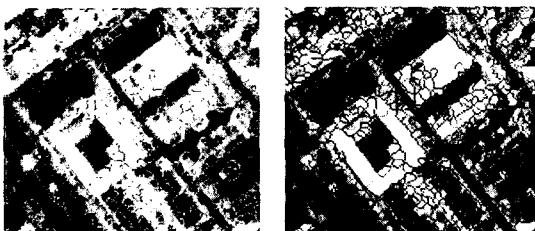
이 방법의 장점은 다소의 variation을 가지고 있는 영상분할단위가 분석의 단위가 됨으로서, 과거의 화소단위 분석에서 오는 잡음효과를 최소화할 수 있다는 데 있다.

4. 다변량 영역통합기법의 적용과 평가

다음의 <그림 2>는 이와 같은 과정을 수행하여 얻은 결과로서 사례지역의 일부에 대하여 새로운 영역(b)과 1단계의 잠정경계 영상(a)를 비교하여 본 것이다. 이 과정을 통하여 유사한 영역간에 통합이 상당수 발생하였음을 발견할 수 있다. 따라서 잠정경계는 지형지물의 경계에 한 걸음 더 가까워졌다고 할 수 있다.

그러나 그 결과는 기대하였던 것에 대하여는 미치지 못하였다. 그 이유로는 평균과 분산이 Hotelling's T^2 검증에 중요한 역할을 하는데, 영역 안이 순수하면 할수록 분산의 값도 작아지게 되며, 이것은 평균이 유사하더라도 조금만 차이가 있으면 이것을 차이가 큰 것으로 확대 해석하도록 하는 역할을 한다. 따라서 시각적으로 영상을 분석할 경우 분광특성이 매우 비슷하여 매우 유사한 영역으로 인식되지만 이 결과에 의하면 통계적으로는 서로 크게 다른 것으로 판별될 수 있다는 것이다. 이것을 위하여는 단순한 두 영역간의 유사성 판단 기준으로 두 영역에서 산출된 통계적 파라미터를 바탕으로 유사성을 검토하기 보다는 영상 전

체적인 차원에서의 파라미터를 적용하는 방법 등을 도입하는 것이 필요할 것으로 보인다



주) 그림 b) 중 적색 선은 영역통합 결과의 경계
이고 녹색선은 통합이전의 잠정경계

5. 결론

이 연구에서 얻고자 하였던 결과는 지형지물에 적어도 근접한 영상의 영역 분할과 경계였다. 분석의 결과는 영상을 분광특성이 유사한 영역으로 집단화하는 것에는 어느 정도 성과를 거두었다고 보여진다. 그러나 지형지물의 경계를 정확하게 추출하기에는 아직도 많은 부분의 개선이 요구된다고 판단된다. 지표를 구성하고 있는 매우 다양한 지형지물 간에 분광적 유사성과 인접한 물체간의 다양한 수준의 분광적 대비 등이 기대하였던 만큼의 결과를 얻지 못하게 한 원인이었다. 이것은 지형지물의 경계를 정확하게 추출하기 위해서는 보다 정교한 분석을 필요로 한다는 것을 의미한다. 이 연구에서 충분히 해결하지 못한 부분들은 앞으로도 계속 연구되어야 할 연구과제라고 판단된다.

감사의 글

이 연구를 지원하여 주신 과학기술부 및
한국과학기술기획평가원에 감사드린다.

참고문헌

- [1] 이상훈, 2001. 공간지역확장과 계층집단 연결 기법을 이용한 무감독 영상분류. *Korean Journal of Remote Sensing* 17 (1): 57-69.
 - [2] Anderson, T. W., 1984. *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, John Wiley & Sons, New York, pp. 156-194.
 - [3] Elder, J. H., and S. W. Zucker, 1998. Local scale control for edge detection and blur estimation. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Intelligence* 20 (7): 699-716.
 - [4] Fjørtoft, R, A. Lopes, P. Marthon, and E. Cubero_Castan, 1998. An optimal multiedge detector for SAR image segmentation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36 (3): 793-802.
 - [5] Kettig, R. L., and D. A. Landgrebe, 1976. Classification of multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. *IEEE Transactions on Geoscience Electronics* GE-14(1): 19-26.
 - [6] St-Onge, B. A., and F. Cavayas. 1997. Automated forest structure mapping from high resolution imagery based on directional semivariogram estimates. *Remote Sensing of Environment* 61: 82-95.
 - [7] Woodcock, C. E., and V. J. Harward, 1992. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing of Environment* 13 (16): 3167-3187.