

# 시드 기반 영역확장기법을 이용한 고해상도 위성영상 분할기법 개발

## High Resolution Satellite Image Segmentation Algorithm Development Using Seed-based region growing

변영기<sup>1)</sup> · 김용일<sup>2)</sup>

Byun, Young Gi · Kim, Yong Il

### Abstract

Image segmentation technique is becoming increasingly important in the field of remote sensing image analysis in areas such as object oriented image classification to extract object regions of interest within images. This paper presents a new method for image segmentation in High Resolution Remote Sensing Image based on Improved Seeded Region Growing (ISRG) and Region merging. Firstly, multi-spectral edge detection was done using an entropy operator in pan-sharpened QuickBird imagery. Then, the initial seeds were automatically selected from the obtained multi-spectral edge map. After automatic selection of significant seeds, an initial segmentation was achieved by applying ISRG to consider spectral and edge information. Finally the region merging process, integrating region texture and spectral information, was carried out to get the final segmentation result. The accuracy assesment was done using the unsupervised objective evaluation method for evaluating the effectiveness of the proposed method. Experimental results demonstrated that the proposed method has good potential for application in the segmentation of high resolution satellite images.

Keywords : Image segmentation, Region merging, Automatic seed selection, High resolution satellite images

### 초 록

영상분할은 관심대상이 되는 물체의 영역을 추출하기 위한 객체기반 영상분류의 전처리과정으로서 원격 탐사 영상분석에서 그 중요성 날로 커지고 있다. 본 연구에서는 개선된 SRG(Seeded Region Growing) 기법과 영역병합과정을 이용하여 고해상도 영상분할을 위한 새로운 방법을 제안한다. 이를 위해 우선 QuickBird 융합영상에서 추출된 다중분광 에지정보를 이용하여 초기 시드포인트를 자동으로 추출하였다. 추출된 시드포인트에 영상의 기하학적인 정보와 분광정보를 반영할 수 있는 개선된 SRG 기법을 적용하여 초기 영상 분할을 수행하였다. 최종적으로 앞선 초기분할 결과 향상을 위해 분할된 영역의 평균분광정보를 활용하여 영역 병합을 수행하여 최종분할결과를 도출하였다. 제안된 기법의 효율성을 평가하기 위해 무감독 영상분할 평가측정치를 이용하여 정확도 평가를 수행하였다. 실험결과 제안한 기법은 고해상도 영상분할에 유용하게 적용될 수 있으리라 판단된다.

핵심어 : 영상분할, 영역병합, 자동시드 추출, 고해상도 위성영상

## 1. 서 론

영상의 공간해상도가 증가함에 따라 같은 개체라 할 지라도 다양한 분광적특성(spectral heterogeneity)을 나타

내고, 또한 공간적으로도 상이한 형태를 보이기 때문에, 고해상도 영상에서 의미 있는 정보를 추출하기 위해서는 기존의 중·저해상도 영상처리기법으로 많이 사용되던 화소기반(pixel-based)분류 기법을 직접적으로 적용하

1) 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 · 박사수료(E-mail:kko071@snu.ac.kr)

2) 교신저자 · 서울대학교 건설환경공학부 정교수 · 공학박사(E-mail:yik@snu.ac.kr)

기에는 무리가 있다(Van de Sande 등, 2003).

이를 보완하기 위해, 분류에 앞서 영상분할과정을 통해 동일한 특성을 가지는 화소들을 객체(object) 혹은 세그먼트(segment)단위로 구분하고, 이들 객체의 분광정보 뿐 아니라 텍스처(texture), 모양(shape)정보 등을 종합적으로 고려하여 분류를 수행하는 객체기반(object-based) 방법이 고해상도 영상에 적합한 분류방법으로 대두되고 있다(Lizarazo 등, 2009).

이러한 객체기반 분류방법의 경우, 영상분할과정을 통해 생성된 객체정보들의 정확도가 분류결과에 직접적인 영향을 주기 때문에 영상분할과정은 객체기반 분류에 있어 매우 중요한 전처리과정이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고해상도 영상의 객체기반 분류를 위한 효과적인 영상분할 알고리즘 개발을 목표로 연구를 수행하였다.

영상분할 알고리즘은 크게 영역기반기법(region-based approach)과 에지기반기법(edge-based approach)이 있고, 각각의 방법들은 입력영상의 특성 및 사용목적에 따라 영상분류 및 스테레오 매칭 등 다양한 분야에서 영상 전처리로 활용되고 있다(한성만 등, 2010; Cheng 등, 2001).

에지기반에 기초한 방법은 두 영역의 경계지역의 화소값의 차이가 명확하다는 가정 하에 Sobel이나 Canny 등과 같은 에지 추출연산자를 사용하여 에지를 검출하고, 이 에지정보를 이용하여 영역의 경계선 검출에 이용하는 방법이다. 하지만 이 방법의 경우 기본적으로 객체의 에지 정보들은 폐합된 형태가 아니므로 에지추적(edge tracking), 간격 채움(gap filling)과 같은 후처리 과정이 필요하다는 단점을 가지고 있다(Mueller 등, 2004).

영상에서 밝기값의 통계적 분포가 균일한 부분을 영역(region)이라 정의할 때, 영역기반에 기초한 영상 분할 알고리즘은 초기 시드(seed) 포인트들로부터 시작하여 유사한 성질을 가지는 이웃하는 점들을 병합해나가는 방법으로 그 대표적인 기법에는 영역성장(region growing)법이 있다(Gonzalez 등, 1992; Hijjatoleslami 등, 1998).

고해상도 위성영상에 적용된 사례를 살펴보면 주로 영역기반 영상분할 알고리즘에 기초를 두고 있다. Pesaresi(2001)은 다중스케일 처리가 가능한 형태학적 연산(morphological operator)에 기반한 분할 알고리즘을 이용하여 고해상도 전색영상분할 알고리즘을 제안하였지만 다양한 크기의 구조요소의 범위를 지정해 주어야 하고 고해상도 영상의 분광정보를 전혀 고려하지 못하

는 한계를 갖는다.

Chen(2006)과 Wang(2004)은 에지영상의 국부최소치(local minima)를 중심으로 영역을 넓히는 Watershed 영상 분할 기법과 영역병합 알고리즘을 통합하여 고해상도 위성영상을 분할하는 방법을 제안하였다. 하지만 이러한 Watershed 영상분할 알고리즘을 이용한 방법들은 기본적으로 영상의 에지정보만을 사용하기 때문에 분할의 정확도가 높지 않다. 또한 다중분광영상을 대상으로 알고리즘이 진행되지만, 실제로 이들에 대한 고려가 전혀 이루어지지 않는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 기존 영역기반 방법인 SRG (Seeded Region Growing)기법을 다중분광영상의 분광정보와 에지정보를 동시에 고려 할 수 있게 수정 보완하여 영상을 사전 분할하고, 분할된 영역 내부의 분광특징정보를 활용하여 영역을 병합함으로써 영상을 최종분할하는 방법을 제안하고, 이를 고해상도 위성영상에 적용하여 제안된 방법의 성능을 평가하는데 연구의 목적이 있다.

## 2. 연구 내용

본 연구에서 제안하는 고해상도 위성영상의 분할 과정은 원 영상에서 영상분할을 위해 필요한 사전데이터 생성을 위한 전처리 과정과 이들 데이터를 이용한 영상

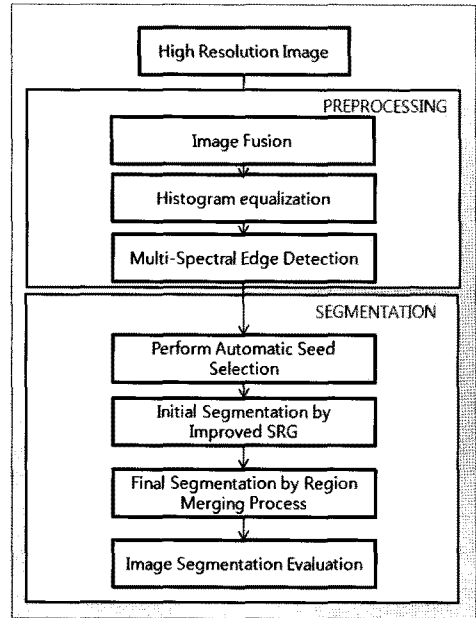


그림 1. 연구 흐름도

분할 단계로 크게 구성된다. 그림 1은 본 연구에서 제안한 고해상도 영상분할과정의 연구 흐름도를 나타낸 것이다.

전처리 과정으로는 다중분광데이터의 공간해상도 향상을 위한 영상융합과정과 영상의 대비(contrast)향상을 위한 히스토그램 평활화과정을 수행하였다. 또한 영상분할 단계에서 부가정보로 사용되는 에지정보 생성을 위해, 다중분광영상의 모든 데이터 정보를 사용하여 영상에서 에지를 추출하였다.

영상 분할 단계에서는 영상을 일정크기의 고정된 블록으로 나눈 후, 개별 블록 내의 다중분광영상의 분광정보와 에지정보를 통합한 균질지수를 바탕으로 초기시드 포인트를 추출하였고, 이 초기시드정보를 이용하여 본 연구에서 수정 보완된 SRG기법을 이용하여 초기 영상분할을 수행하였다. 또한 본 연구에서는 초기영상분할 결과의 향상을 위해, 영역인접그래프 자료구조에 기반한 영역병합과정을 수행하여 최종분할결과 영상을 생성하였고 엔트로피 기반 무감독 분할 평가 측정치를 이용하여 최종분할된 영상을 평가하였다.

### 2.1 다중분광영상으로부터 에지추출

영상의 에지정보는 영상의 기하학적인 구조와 공간적 정보를 포함하고 있으므로 초기 시드 포인트 추출을 위한 유용한 정보로 사용될 수 있다. 하지만 일반적으로 사용되는 단일 전경색 영상에서 추출한 에지정보의 경우 에지검출 오류와 연속적인 경계선의 일부 에지가 끊기는 문제가 자주 발생 한다.

본 연구에서는 Shiozaki(1986)이 제안한 엔트로피 기반의 칼라에지 추출연산자를 이용하여 다중분광영상의 모든 밴드정보를 통합한 에지정보를 추출하여 에지검출오류와 영상 원 정보의 손실을 최소화하고자 하였다.

엔트로피 추출자는 비선형 필터이자 회전에 불변인 특성을 갖고며 영역의 균질성(homogeneity)에 대한 정보를 제공한다. 단일 밴드의 특정 윈도우 마스크 영역안의 엔트로피 측정치(measure)는 다음과 같이 정의된다.

$$E = \sum_{i=0}^n p_i \log p_i / \log(n+1) \tag{1}$$

$$p_i = a_i / \sum_{j=0}^n a_j$$

여기서,  $a_i$ 는 윈도우 영역의 임의의 화소값,  $a_j$ 는 윈

도우 영역내에 존재하는  $n$ 개의 이웃화소들의 화소값을 나타내고,  $p_i$ 는 그의 확률값을 나타낸다.

위의 엔트로피 측정치를 다차원 분광특징공간으로 확장한 결과는 다음과 같이 개별차원의 엔트로피 측정치들의 선형결합으로 나타낼 수 있다.

$$H = \sum_{k=0}^N q_k E_k, \quad q_k = b_k / \sum_{k=0}^N b_k \tag{2}$$

여기서,  $b_k$ 는 윈도우 중심화소의 화소값을 나타내고  $q_k$ 는 그의 확률값, 그리고  $N$ 은 영상의 밴드수를 나타낸다.  $H$ 는 0부터 1사이의 값을 갖고 값이 클수록 강한 에지정보를 표현한다.

### 2.2 자동 시드 포인트 추출

SRG 영상분할은 초기시드 포인트로부터 유사한 성질을 가지는 이웃화소들을 그룹화하여 점차적으로 영역을 병합시켜 나가는 방법으로 전체적인 영역 확장은 모든 화소가 병합기준에 따라 영역들에 포함될 때까지 반복적으로 수행된다.

대다수 영역기반의 영상분할 방법과 마찬가지로 SRG 기법 또한 초기시드 포인트의 선택에 따라 다른 분할 결과를 가져올 수 있다. 특히, 초기시드가 칼라의 변화가 심한 에지부분에 놓일 경우, 서로 다른 객체들과 병합될 수 있기 때문에 잘못된 분할결과가 발생할 수 있다. 따라서 SRG 기법을 통한 성공적인 영상분할을 수행하기 위해서는 영상에서 의미 있는 초기시드 포인트를 추출하는 것이 중요하다.

기존의 영역기반 영상분할의 초기시드 포인트 추출 기법은 영상에서 수동 또는 랜덤하게 추출하거나 분석자가 지정한 이미지 스캔 방향에 따라 순차적으로 추출하는 방법을 많이 사용하고 있으나 초기시드가 에지부분에 선택되거나 스캔 방향을 달리 했을 때 다른 분할결과를 가져오는 문제점을 갖는다.

본 연구에서는 자동 초기시드 포인트 추출을 위해, 초기 입력영상을 사용자가 지정한 크기의 블록으로 나누고 각 블록에 대하여 블록 내의 화소값과 에지정보를 통합하여 생성된 균질지수(homogeneity index)를 계산하고, 이 값이 특정값 이상인 블록의 중심위치를 초기시드 포인트로 선택하였다.

초기  $M \times N$  크기의 입력영상을  $p \times q$  크기의 블록으로 나누면 원영상은  $m \times n$  ( $m = \lfloor M/p \rfloor$ ,  $n = \lfloor N/q \rfloor$ )

개의 블록으로 분할되고, 각 블록의 균질 지수는 블록내의 특징(feature)정보들의 정규화된 전체 표준편차(normalized total standard deviation)를 계산하여 유도하였다.

우선 각 블록내의 다중분광 이미지정보에 대한 정규화된 전체 표준편차는  $\sigma_{NTS}$ 는 아래 식과 같이 정의된다.

$$\sigma_{NTS} = \frac{\sigma_{total}}{\sigma_{max}}, \quad \sigma_{total} = \sum_{i=0}^n \sigma_i \quad (3)$$

여기서,  $\sigma_{total}$ 은 블록내의 밴드별 표준편차의 총합을 나타내고,  $\sigma_{max} = \max(\sigma_i)$ 는 다중분광이미지의 전체 밴드별 표준편차 중 가장 큰 값을 나타낸다.

각 블록 내 에지정보에 대한 정규화된 전체 표준편차  $\sigma_{ETS}$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$\sigma_{ETS} = \frac{\sigma_{block}}{\sigma_{Edgemap}} \quad (4)$$

여기서,  $\sigma_{block}$ 은 블록 내의 표준편차,  $\sigma_{Edgemap}$ 은 에지영상의 전체 표준편차를 각각 나타낸다. 각 블록에 대한  $\sigma_{ETS}$ ,  $\sigma_{Edgemap}$ 는 0부터 1사이의 값을 갖고, 값이 클수록 해당영역의 불균질 정도가 높다고 할 수 있다.

본 연구에서는 다중분광 이미지의 분광정보와 에지정보를 통합한 균질지수 HI를 다음과 같이 정의하였다.

$$HI = \alpha \times \sigma_{ETS} + (1 - \alpha) \times \sigma_{NTS} \quad (5)$$

균질지수 HI 또한 0부터 1사이의 값을 갖고, 값이 클수록 해당영역이 균질함을 나타낸다. 본 연구에서는  $\alpha$  값을 0.6으로 설정하였고, 균질지수 HI가 0.85이상인 지역을 초기시드 포인트로 선정하였다.

### 2.3 개선된 SRG 영상분할 알고리즘

SRG 기법은 Adams(1994)가 제안한 영상 분할 알고리즘으로, 전통적인 영역성장알고리즘과 마찬가지로 유사한 성질을 가지는 이웃하는 점들을 병합함으로써 영역을 확장시켜 나가는 방법이지만 전통적인 기법과는 달리 분할변수와 같은 파라미터의 설정이 필요하지 않고 영역을 확장하는 메커니즘이 Watershed 분할알고리즘과 비슷한 특성을 갖는다.

초기 N개의 영역에 해당하는 시드포인트  $S_1, S_2, \dots, S_n$ 가 주어졌을 때, 초기 영역들의 경계에 인접한 비할당화소들의 집합 T는 다음과 같다.

$$T = \left\{ (x, y) \notin \bigcup_{i=1}^n S_i \mid N(x, y) \cap \bigcup_{i=1}^n S_i \neq \Phi \right\} \quad (6)$$

여기서  $N(x, y)$ 는 개별 영역들에 대해 가장 가까운 8방향의 이웃화소들의 집합을 나타낸다. SRG 알고리즘은 영역확장의 매 단계마다 집합 T의 개별원소를 가장 가까운 영역으로 할당하고, 할당된 모든 원소들에 대해 이웃하는 화소들과의 유사성을 판단하는 기준함수  $\varphi(x, y)$ 의 값을 오름차순(increasing order)으로 정렬하여 다음단계의 영역확장의 우선순위를 선정하는 방식으로, 영상 내 모든 화소를 분할할 때 까지 영역을 확장하는 방법이다(Adams 등, 1994).

Adams(1994)는 SRG 알고리즘 구현에 있어 집합 T의 원소들을 정렬을 위해 단순 연결리스트 구조인 SSL(Sequentially Sorted list)을 자료구조로 사용하였고 이웃하는 화소들과 유사성을 판단하는 기준함수로는 그레이 레벨에서의 화소값의 차이를 이용하였다. 하지만 리스트 자료구조(data structure)인 SSL은 SRG 영역성장의 매 단계마다 발생하는 자료의 삽입 및 정렬시, 메모리 관리가 복잡해지고 자료의 양이 증가할수록 처리속도가 느려지는 단점을 갖는다.

이에 본 연구에서는 효율적인 메모리 관리와 처리속도 개선을 위해 자료의 우선순위에 중요도에 따라 대기열 안에서의 자료의 위치를 저장 관리하는 자료구조인 우선순위 큐(priority queue: PQ)를 사용하였고, 그 구현에 있어 자료의 삽입 및 삭제 시에 모든 자료의 정렬이 자동으로 이루어지는 특별한 이진 트리 형태인 힙(heap)을 이용하였다. 또한 자료의 우선순위를 판단하는 비용함수를  $\varphi(x, y)$ 로 설정하고, 단순 밝기값의 차이를 이용하는 기존기법과는 달리 분광정보 뿐 아니라 에지정보를 고려할 수 있도록 다음과 같이 정의하였다.

$$\varphi(x, y) = \frac{\vec{c} \cdot \vec{p}}{\|p\|^2} \times |G_c - G_p| \quad (7)$$

여기서,  $\vec{c}$ 와  $\vec{p}$ 는 각각 영역의 평균벡터와 인접한 이웃화소의 벡터를 나타내고,  $G_c$ 와  $G_p$ 는 해당영역의 평균 에지강도와 이웃화소의 에지강도를 나타낸다.

그림 2는 개선된 SRG기법의 실행 흐름도를 나타낸다.

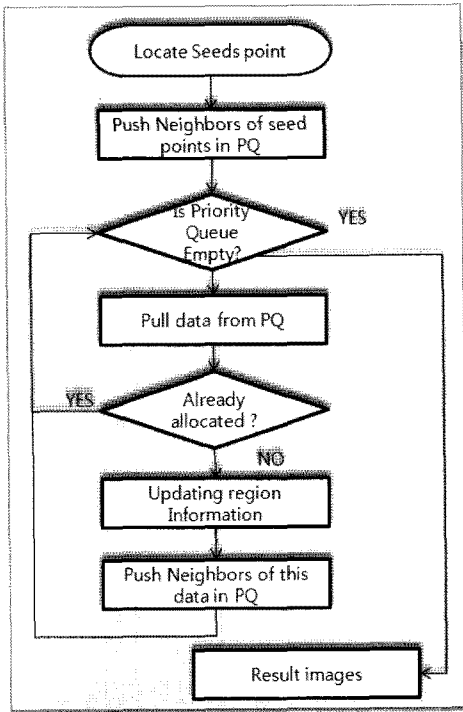


그림 2. 개선된 SRG 기법의 실행순서

2.4 영역인접그래프를 이용한 영역병합

개선된 SRG 기반의 초기영상분할 결과는 여전히 분할영역이 지나치게 많이 발생하는 과분할(over-segmentation)문제를 갖는다. 이러한 초기 영상분할 결과를 개선하기 위해 본 연구에서는 영역인접그래프(Region Adjacency Graph; RAG)자료구조에 기반한 반복적 영역병합 과정을 이용하여 최종분할 결과 영상을 생성하였다.

그림 3에서 볼 수 있듯이 영역인접 그래프 자료구조는 그래프 노드(graph node)에 분할된 영역을 할당하고 그래프 에지(graph edge)에 인접한 두 분할영역 사이의 상이함을 나타내는 비용을 할당하는 가중치 그래프이다. 초기 분할 영상에 대한 영역인접그래프가 구성된 후에는 가장 작은 비용을 가지는 그래프 에지에 인접한 영역들을 반복적으로 합쳐서 전체 영역의 수를 줄여나간다 (Alian 등, 2000).

본 연구에서는 인접한 두 영역 사이의 상이함을 나타내는 비용을 식(8)을 사용하여 계산하고 그 값을 에지에 할당하였다.

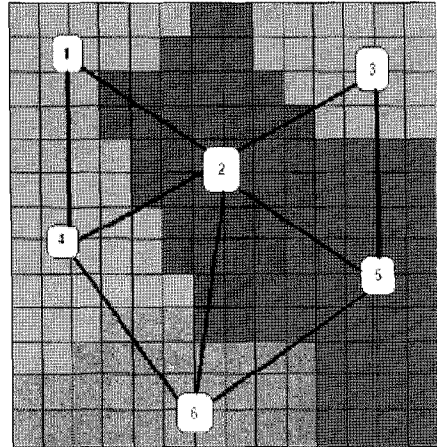


그림 3. 영역인접 그래프 구조

$$D(R_i, R_j) = \| \mu(R_i) - \mu(R_j) \| \tag{8}$$

여기서,  $\mu(R_i)$ 와  $\mu(R_j)$ 는 각각 영역  $i, j$ 의 평균 분광벡터를 나타낸다.

본 연구에서는 인접영역의 병합조건에 임계치를 초기 분할영상에서 공간상으로 인접하여 있지만 개체의 특성이 명확한 차이를 보이는 개체들의 분광값의 차이를 경험적으로 파악하여 130으로 설정하였고 임계치보다 작은 영역들에 대해  $D(R_i, R_j)$ 가 최소가 되는 인접영역으로 병합을 수행하였다. 매 영역병합 수행 후 결합된 영역과 연결된 모든 에지의 비용을 갱신하고 더 이상 병합이 이루어지지 않을 때까지 반복하여 최종분할 영상을 제작하였다. 구체적인 영역병합과정의 실행순서는 다음과 같다.

1. 초기분할결과를 이용한 RAG의 작성
2. 영역별 평균분광벡터 계산
3. RAG를 통한  $R_i$ 의 모든 인접영역 선택
4. 평균 분광벡터 차이  $D(R_i, R_j)$ 에 의한 영역  $R_i$ 과 인접영역사이의 병합여부 결정
5.  $R_i$ 과 병합되는 영역  $R_j$ 가 존재할 경우 다음의 정보를 갱신
  - $R_i$ 의 인접영역정보를  $R_i$ 의 인접영역정보에 추가
  - $R_i$  및  $R_j$ 의 평균분광벡터를 평균하여  $R_i$ 의 평균분광벡터의 갱신

6.  $R_j$ 의 인접영역을 삭제
7. 모든 영역에 대해 3-6번 과정을 반복
8. 영역병합이 더 이상 발생하지 않을 때까지 3-7번 과정을 반복

### 3. 알고리즘의 적용 및 평가

#### 3.1 연구 대상지역 및 영상 전처리

실험에 사용된 영상은 대전 지역의 QuickBird 영상으로 공간해상도는 약 70cm이며, 촬영당시 태양 고도각은 30.2°, 위성 고도각은 59.4°이다. 본 연구에서는 그림 4와 같이 건물 및 도로지역이 혼재된 지역을 대상지역으로 선정하였다.

연구를 수행하기 위하여 우선 전처리 과정으로 고해상도 다중분광 영상 제작을 위한 영상융합(pan-sharpening)처리과정과 히스토그램 균등화(histogram equalization)를 기법을 이용하여 영상의 대비를 향상시켰다.

일반적으로 고해상도 위성영상은 높은 공간해상도의 흑백영상과 다중분광영상을 동시에 제공하고 있다. 이러한 고해상도 위성영상을 이용하여 의미 있는 객체정보의 분할 및 추출을 위해서는 높은 공간해상도의 흑백영상과 다중분광영상과의 융합을 통해 생성된 고해상도의 다중분광영상을 이용하는 것이 바람직하다(Colditz 등, 2006; Zhang 등, 2004). 본 연구에서는 QuickBird 영상에 특화된 융합기법 제공하는 PCI Geomatica PAN SHARP 모듈을 이용하여 융합영상을 제작하였다. 융합영상의 건물 및 도로의 주변부분과의 대비 향상을 위해

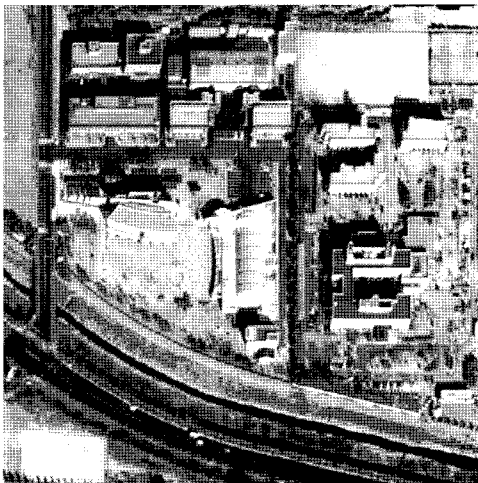


그림 4. 연구 대상지역

영상에서 매우 밝거나 어두운 영역의 대조를 감소시키는 특징을 갖는 히스토그램 균등화를 수행하여 그림 4와 같은 전처리 영상을 제작하여 연구를 수행하였다.

#### 3.2 영상분할 정확도 평가 측정치

일반적으로 영상분할알고리즘의 성능 평가를 위해 가장 많이 사용되어진 방법으로는 상대적으로 객체의 수가 작은 합성이미지 또는 실내사진과 그에 대한 참조자료를 수작업으로 제작하고, 제작된 이미지에 알고리즘을 적용하여 그 결과에 대한 분석자의 시각적 평가와 감독 평가(supervised evaluation)를 수행하여 왔다. 하지만 이러한 감독 평가방법들의 경우, 분석자의 주관이 많이 개입되고 다양하고 복잡한 실세계 영상의 객체정보에 대한 참조자료를 수작업으로 제작하는 것 또한 상당한 비용이 소모되므로 최근 이에 대한 해결책으로 무감독 평가(unsupervised evaluation)방법들에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.

Zhang(2008)은 최근에 제시된 대표적인 무감독 평가기법들에 대해 합성이미지 및 Berkely Segmentation Dataset의 이미지를 이용하여 감독 평가 방법과의 비교 연구를 수행하여 무감독 평가기법의 유효성을 입증하였다.

본 연구에서는 Zhang(2008)이 평가한 기법 중 성능이 우수한 엔트로피 기반의 무감독 평가기법을 이용하여 제안한 알고리즘의 정확도 평가를 수행하였다(Zhang 등, 2004).

일반적으로 성공적인 영상분할은 영역내(intra-region) 화소들의 균질성(uniformity)을 최대화해야 하고, 영역간(inter-region)의 이질성(disparity)을 최대화해야 한다. 따라서 대다수의 무감독 분할평가 측정치는 영역내 균질성을 측정하는 척도와 영역간 이질성을 측정하는 척도로 구분되어지고, 최종적으로 이 두 척도를 결합하여 영상분할의 정량적 평가를 수행한다.

주어진 분할 영상에서 영역  $j$ 에서 화소들의 특징을  $v$ , 영역  $j$ 에서 모든 가능한 특징값의 집합을  $V_j^{(v)}$ , 특징  $v$ 가  $m$ 의 값을 갖는 화소의 수를  $L_j(m)$ 라 할 때, 영역  $j$ 의 균질성을 측정하는 엔트로피는 다음과 같이 정의된다.

$$H_v(R_j) = - \sum_{m \in V_j^{(v)}} \frac{L_j(m)}{S_j} \log \frac{L_j(m)}{S_j} \quad (9)$$

여기서,  $S_j$ 는 영역  $j$ 에 포함된 화소수를 나타내고,  $L_j(m) / S_j$ 는 영역  $j$ 에서  $m$ 의 값을 갖는 화소의 확률값을

나타낸다.

이미지  $I$  내의 전체 분할 영역에 대한 균질성을 측정하는 엔트로피는 식(9)에 각 영역의 크기에 비례하는 가중치를 할당하여 다음과 같이 정의한다.

$$H_r(D) = \sum_{j=1}^N \left( \frac{S_j}{S_I} \right) H_v(R_j) \quad (10)$$

여기서,  $S_I$ 는 전체이미지의 크기,  $S_j / S_I$ 는 각 영역에 대한 가중치를 각각 나타낸다.

이미지  $I$  내의 전체 분할영역에 대한 영역간 이질성을 측정하는 엔트로피는 다음과 같다.

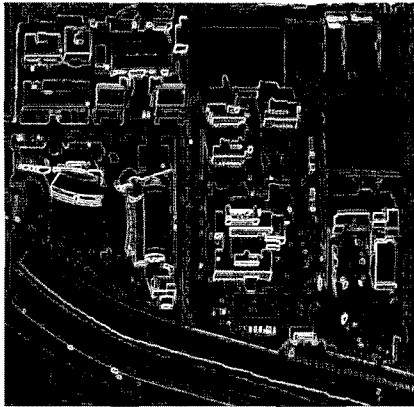
$$H_s(D) = - \sum_{j=1}^N \frac{S_j}{S_I} \log \frac{S_j}{S_I} \quad (11)$$

앞서 언급된 두 가지 척도를 통합한 엔트로피기반 영상분할 평가함수  $E$ 는 다음과 같이 정의되고 값이 작을수록 좋은 결과를 나타낸다.

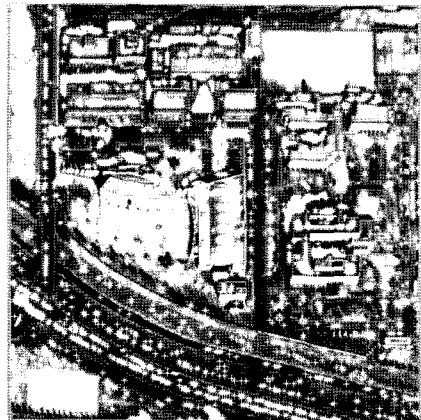
$$E = H_r(D) + H_s(D) \quad (12)$$

### 3.3 실험결과 및 분석

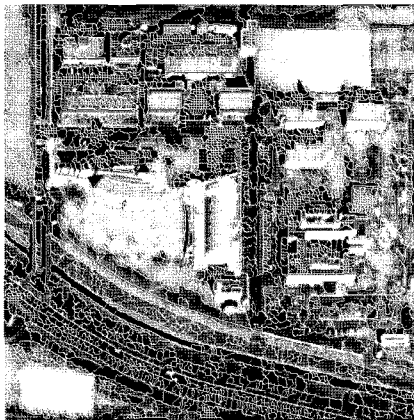
본 연구에서는 제안한 영상분할 기법에 대한 성능을 평가하기 위해 공간해상도 약 0.7cm급의 QuickBird 융합영상을 가지고 실험하였다. 영상에서 비교적 건물과 도로지역이 혼재된 도심지 지역을 영상분할을 위한 대상 지역으로 선정하였다. 그림 5의 (a)영상은 다중분광영상에 엔트로피 연산자 기반으로 추출된 다중분광 에지영상을 보여준다. 그림 5의 (b)는 추출된 에지영상과 다중



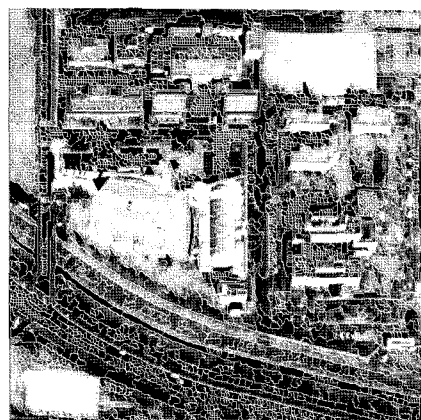
(a) 다중분광영상의 에지영상



(b) 자동 초기시드 포인트 추출결과



(c) 기존 SRG 기법의 분할 결과



(d) 제안기법의 분할 결과

그림 5. 제안 알고리즘의 처리 결과 및 비교 영상

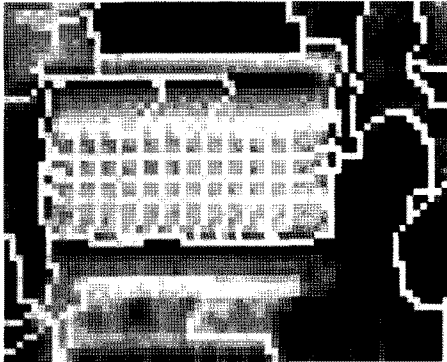
분광정보를 이용한 블록기반의 자동시드포인트 추출기법을 통하여 추출되어진 6434개의 초기시드 포인트를 원영상에 중첩한 영상이다. 본 연구에서는 영상에서 최소 도로폭의 크기를 고려하여 블록 크기를 3×3으로 설정하여 초기시드포인트를 추출하였다. 추출결과 영상에서 확인할 수 있듯이 초기시드 포인트가 영상전역에 걸쳐 고르게 분포하고는 있으나 작은 블록크기로 인해 도심지 내의 운동장이나 건물의 그림자 영역부분에서 과한 추출결과를 보였다. 이렇게 추출되어진 초기시드포인트를 이용하여 제안한 개선된 SRG기법을 적용하여 초기 영상분할을 수행하였다.

본 연구에서는 제안기법의 상대적인 성능평가를 위해, SRG 기법의 비용함수 산정에 있어 기존 그레이 영상에서 많이 사용되어지고 있는 평균밝기값의 차를 이용하는 방법을 단순히 다차원데이터로 확장한 방법과 제안방법과의 비교평가를 수행하였다.

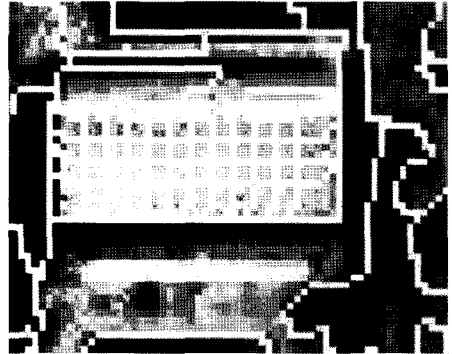
그림 5의 (c) 및 (d)는 각각 단순 확장방법과 제안 방법

을 이용하여 분할된 초기 분할 결과의 영역경계정보를 원영상에 중첩한 결과 영상이다. 두 결과 영상 모두 비교적 만족할 만한 결과를 보이나, 분광정보와 에지정보를 통합한 제안 방법에 의해 분할된 영역들이 건물 및 도로와 같은 객체경계정보를 더 잘 묘사함을 확인할 수 있다(그림 6). 또한 정량적 비교평가 수행 결과, 표 1에서 확인할 수 있듯이, 제안기법이 기존 SRG 기법에 비해 좀 더 나은 결과를 보인다. 무감독 평가 측정치 값의 산정에 있어, 개별 영역들에 속하는 화소들의 특징값으로는 대상지역의 PAN영상의 밝기값을 이용하였다.

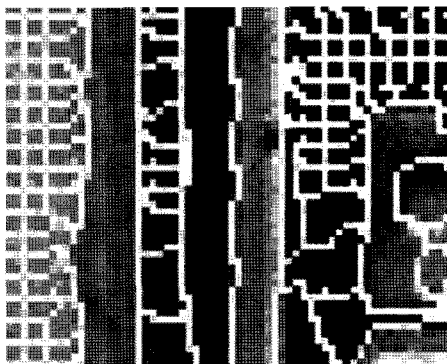
우선순위 대기열을 기반으로 하는 제안알고리즘과 이 중연결리스트 구조를 사용하는 기존 SRG 기법과의 자료 처리속도를 비교한 결과, 기존 SRG기법에 비해 처리속도 면에서 310배의 개선을 보임을 알 수 있다(표 1). 실험을 위해 사용한 컴퓨터의 사양은 AMD Athlon 64 Processor 3000+CPU와 2GB 메모리를 장착하였고 Window XP운영 체제하에서 Visual C++을 이용하여 구현하였다.



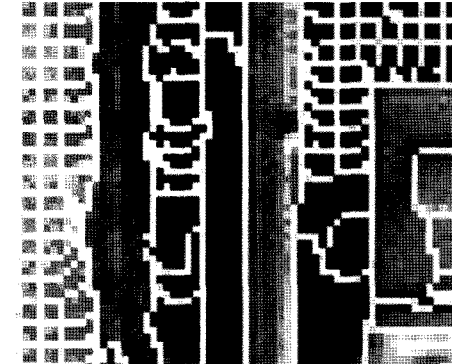
(a) 기존 SRG 기법의 건물확대



(b) 제안기법의 건물 확대



(c) 기존 SRG 기법의 도로확대



(d) 제안기법의 도로 확대

그림 6. 제안알고리즘 비교평가를 위한 확대영상



표 1. 초기분할의 정량적 평가결과

	Time(sec)	HI	Hr	E
SRG	1860.35	7.84	3.48	11.31
제안기법	6.5	7.53	3.67	11.21

영역병합 수행 결과는 그림 7과 같이, 각 영역에 해당하는 모든 화소에 평균분광 벡터를 할당하고 개별 영역의 경계정보를 증첩하였다. 그림 7에서 볼 수 있듯이, 두 방법 모두 초기분할결과에서 생성된 영역들이 영역 병합과정을 통해 주변 영역에 효과적으로 병합되어 비교적 객체 단위의 영상 분할이 잘 이루어졌으나 도로, 운동장, 건물과 같은 객체의 경계정보표현에 제안기법이 좀 더 나은 결과를 보인다. 정량적인 비교평가 결과 또한, 표 2에서 알 수 있듯이 제안방법이 기존 SRG기법에 비해 보다 적은 반복횟수에 보다 나은 결과를 보여줌을 알 수 있다. 이렇듯 제안기법이 고해상도 위성영상 분할에 있어 대체적으로 만족할 만한 결과를 보이지만, 초기 시드 포인트 추출 시 고정된 블록 크기로 인해 균질하고 넓은 특성을 갖는 객체부분에서 지나치게 많은 시드 포인트를 추출하는 문제점은 향후 연구를 통해서 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

표 2. 최종분할결과 평가

	반복 회수	영역 개수	E
SRG	9	386	9.33
제안기법	7	402	9.12

#### 4. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 개선된 SRG기법과 영역병합 알고리즘을 사용하여 고해상도 위성영상분할을 위한 방법론을 제안하였다. 제안한 기법은 기존 SRG기법에 보다 정확한 객체의 경계정보 표현을 위해 다중분광영상으로부터 추출한 에지정보를 통합하였고, 이중연결리스트 자료구조 대신 우선순위 대기열을 사용하여 자료의 처리속도를 개선하였다. 또한 초기분할 영상의 과분할 문제를 해결하기 위해, 영역인접그래프 기반의 영역병합을 수행하여 최종분할 결과 영상을 생성하였다.

제안된 방법은 객체기반 영상분류 및 검색 등 다양한 영상 분석 분야에 적용이 가능할 것으로 사료된다. 초기 분할 영상의 영역병합 시, 제안한 방법은 영역 병합 조건으로 영역내부의 평균벡터 정보만을 사용하였지만 텍스처나 경계길이와 같은 다양한 정보를 통합하여 사용함으로써 영상 분할의 정확도를 향상 시킬 수 있을 것이다. 또한 제안된 방법을 기반으로 영상에 포함된 건물과 도로와 같은 특정 객체정보를 추출할 수 있도록 향후 연구할 예정이다.



(a) 기존 SRG의 영역병합 수행 결과



(b) 제안기법의 영역병합 수행 결과

그림 7. RAG를 이용한 영역병합 수행 결과

초기 분할결과 영상들의 경우, 두 방법 모두 초기시드 포인트 개수에 대응하는 과분할된 영역들로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이러한 과분할 문제의 해결과 좀 더 의미 있는 객체정보생성을 위해, 두 방법 모두 같은 병합조건 하에서 영역병합을 수행하였다.

## 감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20090085392).

## 참고문헌

- 한성만, 김지용 (2010), 항공라이다의 결측률 산출을 위한 영역확장기법, 한국측량학회지, 제 28권, 제 1호, 한국측량학회, pp. 29-37.
- Adams, R. and Bischof, L. (1994), Seeded Region Growing, *IEEE Trans. pattern Anal. Mach. Intelligence*, 16, pp 641-647.
- Alain, T. and Philippe, C. (2000), Region Adjacency Graph to Color Image Segmentation, *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 9, pp. 735-744.
- Cheng, H. D., Jiang, X. H., Sun, Y. and Wang, J. (2001), Color image segmentation: advances and prospects, *Pattern Recognition*, Vol. 34, No.12 pp. 2259-2281.
- Chen, Z, Zhao, Z, Gong, P. and Zeng, B. (2006), A new process for the segmentation of high resolution remote sensing imagery, *International Journal of Remote sensing*, Vol. 27, No. 22, pp. 4991-5001.
- Colditz, R., Wehrmann, T., Bachmann, M., Steinnocher, K., Schmidt, G., and Dech, S.,(2006), Influence of image fusion approaches on classification accuracy: A case study, *International Journal of Remote sensing*, Vol. 27, No. 15, pp. 3311-3335.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2002), *Digital image processing*, Prentice-Hall, New Jersey, pp. 612-615.
- Haris, K., S. Efstratiadis, N., Maglaveras, N. and Katsaggelos, A. K. (1998), Hybrid Image Segmentation Using Watershed and Fast Region Merging, *IEEE Trans. On Image Processing*, Vol. 7, No.12, pp. 1684-1699.
- Hijatoleslami, S. A. and Kittler, J. (1998), Region Growing: A New Approach, *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 7, pp. 1079-1084.
- Lizarazo, I. and Elsner, P., (2009), Fuzzy segmentation for object-based image classification, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, pp. 1643-1649.
- Mueller, M., Segl, K. and Kaufmann, H. (2004), Edge- and region-based segmentation techniques for the extraction of large, man-made objects in high resolution satellite imagery, *Pattern Recognition*, 37, pp. 1619-1628.
- Pesaresi, M. and Benediktsson, J. A. (2001), A New Approach for the Morphological Segmentation of High-Resolution Satellite Imagery, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 39, No. 2, pp. 309-320.
- Shiozaki, A. (1986), Edge Extraction Using Entropy Operator, *Computer vision, Graphics and image processing*, Vol. 36, pp. 1-9.
- Tilton, J. C. (1998), Image segmentation by region growing and spectral clustering with a natural convergence, *In proc. IGARSS*, Vol. 4, pp. 1766-1768.
- Van der Sande, C., De Jong, S.M., and De Roo A.P.J. (2003), A segmentation and Classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, pp. 217-229.
- Wang, Z, Wei, W., Zhao, S. and Chen, X. (2004), Object-oriented Classification and Application in Land Use Classification Using SPOT-5 PAN imagery, *International Geoscience and Remote sensing Symposium*, V: pp. 3158-3160.
- Zhang, H., Fritts, J. and Goldman, S. (2008), Image Segmentation Evaluation: A survey of Un supervised Methods, *Computer Vision and Image Understanding archive*, Vol. 110, pp. 260-280.
- Zhang, H., Fritts, J. and Goldman, S. (2004), An entropy-based evaluation method for image segmentation, *in proc. SPIE Storage and retrieval Methos and Application for Multimedia*.
- Zhang, Y. and Wang R. (2004), Multi-resolution and multi-spectral image fusion for urban object extraction, *in proc. 20th ISPRS Congr*, pp. 960-966.