

# 자동 모자이크 영상제작을 위한 접합선 추출기법에 관한 연구

## Technique of Seam-Line Extraction for Automatic Image Mosaic Generation

송낙현<sup>1)</sup> · 이성훈<sup>2)</sup> · 오금희<sup>3)</sup> · 조우석<sup>4)</sup>

Song, Nak Hyeon · Lee, Sung Hun · Oh, Kum Hui · Cho, Woo Sug

### Abstract

Satellite image mosaicking is essential for image interpretation and analysis especially for a large area such as the Korean Peninsula. This paper proposed the technique of automatic seam-line extraction and the method of creating image mosaic in automated fashion. The seam-line to minimize artificial discontinuity was extracted using Minimum Absolute Gray Difference Sum algorithm with constraint condition on search-area width and Canny Edge Detection algorithm. To maintain the radiometric balance among images acquired at different time epochs, we utilized Match Cumulative Frequency method. Experimental results showed that edge detection algorithm extracted the seam-lines significantly well along linear features such as roads and rivers.

Keywords : Image mosaic, Seam-line extraction, Edge detection, Histogram matching

### 초 록

인공위성 영상을 이용하여 한반도 전역과 같이 넓은 지역에 대한 효율적인 영상 판독 및 분석 작업을 수행하기 위해서는 영상모자이크 작업이 필수적으로 요구된다. 본 논문은 영상모자이크 작업시 요구되는 접합선의 자동추출 기법과 이를 기반으로 한 자동 모자이크 영상제작 방법을 제시하였다. 인위적인 불연속을 최소화하는 접합선의 자동 추출기법으로는 검색영역에 대한 제약조건을 고려한 Minimum Absolute Gray Difference Sum 알고리즘과 Canny 에지검출 알고리즘을 함께 적용하였다. 또한 획득시기가 다른 인접영상간의 밝기 차이를 균일하게 유지시키기 위한 히스토그램 매칭 방법으로는 Match Cumulative Frequency 방법을 적용하였다. 본 연구의 결과 에지검출 기법을 통해 도로나 강 등과 같은 선형특성 지형·지물을 접합선으로 선정함으로써 인접영상간의 인위적인 불연속 형성을 최소화 할 수 있었다.

핵심어 : 영상모자이크, 접합선 추출, 에지검출, 히스토그램 매칭

## 1. 서 론

위성영상을 이용하여 한반도 전역과 같이 넓은 지역에 대한 효율적인 영상판독 및 분석 작업을 수행하기 위해서는 여러 장의 영상에 대한 모자이크 작업이 필수적으로 요구된다.

모자이크 영상을 제작하는 경우 가장 중요한 문제는 접합이 이루어지는 인접영상 사이의 형태적, 방사적 일관성

을 유지하는 것이다. 모자이크에 사용되는 영상이 이미 정밀한 단계의 좌표보정이 수행되어 있는 경우라도 인접 부분에서 나타나는 미세한 형태적 불일치는 전체적인 결과영상의 품질에 심각한 영향을 미치게 된다. 또한 모자이크 결과 영상의 방사적인 일관성을 유지하기 위해서는 인접 영상 사이의 히스토그램 매칭 및 영상강조 알고리즘의 적용이 필요하다(Zobrist, 1983 ; Shiren, 1989 ; Afek and Brand, 1998).

- 1) 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정(E-mail:nsong@inhaian.net)
- 2) 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정(E-mail:astro@inhaian.net)
- 3) 인하대학교 대학원 지리정보공학과 석사과정(E-mail:gold4545@nate.com)
- 4) 연결저자 · 정회원 · 인하대학교 토목공학과 부교수(E-mail:wcho@inha.ac.kr)

본 연구의 목적은 좌표보정이 완료된 위성영상을 이용하여 인접영상의 접합부분에서 발생될 수 있는 형태적인 불일치와 인위적인 접합으로 인한 불일치를 최소화할 수 있는 접합선의 자동추출기법을 제시하고 이를 기반으로 모자이크 영상을 자동으로 제작하는데 있다. 따라서 인접영상의 중복부분에서 화소값의 차이가 최소가 되는 부분을 찾는 MAGDS(Minimum Absolute Gray Difference Sum) 알고리즘을 적용하는 방법과 영상에서 영역의 경계에 해당하는 불연속 부분을 찾는 Canny 에지검출 알고리즘을 기반으로 에지가 검출되지 않는 구간에 대해 MAGDS 알고리즘을 적용하여 접합선을 자동으로 추출하는 방법을 제시·적용하여 분석하였다. 또한 적용된 접합선 자동추출기법을 기반으로 기준영상을 자동으로 선정하여 히스토그램 매칭을 수행함으로써 모자이크 영상을 자동으로 제작하였다.

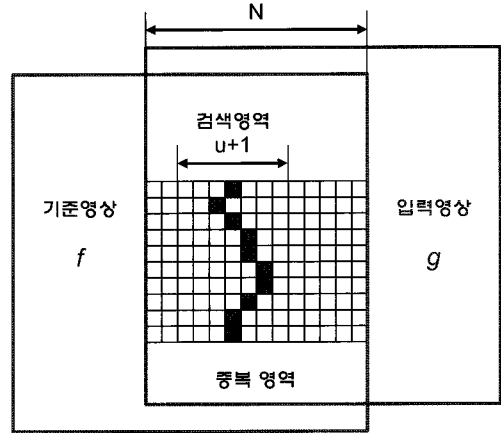


그림 1. MAGDS 알고리즘

## 2. 접합선 자동추출

자동화된 형태의 모자이크 영상제작에 있어서 가장 기본적으로 요구되는 기능 중 하나는 인접 영상간의 접합선을 자동으로 추출하는 것이다. 접합선의 추출시 주의해야 할 사항은 인접 영상간의 형태적 불일치와 인위적으로 발생될 수 있는 불연속을 최소화하는 부분을 선정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 인접영상의 중복부분에서 두 영상의 화소값 차이가 최소가 되는 부분과 각 영상에서 불연속이 크게 발생하는 에지 부분을 접합선으로 추출함으로써 이러한 문제들을 최소화할 수 있다는 전제하에 두 가지 방법을 적용하여 비교·분석하였다.

### 2.1 MAGDS(Minimum Absolute Gray Difference Sum) 알고리즘을 이용한 접합선 추출

MAGDS 알고리즘은 두 장의 중복영상에서 동일위치에 해당하는 주변 화소값들을 합한 후 그 차이의 절대값이 최소가 되는 점을 연속적으로 찾아가는 방법이다(Milgram, 1975; Shiren, 1989).

그림 1과 같이 중복영역의 열이 총 N개의 화소로 구성되어 있는 경우 기준영상과 입력영상에서 각각의 행에 대해 첫 번째 열부터 마지막 N번째 열까지 순차적으로 이동하면서 각 화소를 중심으로 검색영역 (u+1)범위에 존재하는 화소값들을 모두 합한 다음, 그 값의 차이가 최소가 되는 화소를 접합점으로 결정한다. 즉 기준영상의 화소값을 f, 입력영상의 화소값을 g라고 할 때, j번째 행에

서 k번째 열의 화소에 대응하는 값은

$$v_{j,k} = \sum_{i=-\frac{u}{2}}^{\frac{u}{2}} |f_{j,k+i} - g_{j,k+i}| \quad (1)$$

와 같이 표현할 수 있다. 이때 이 값이 최소가 되는 영상 좌표(j, k\*)를 각 열에서 추출하여 연결함으로써 접합선을 결정하게 된다(Shiren, 1989). 그러나 이 알고리즘은 하나의 행 또는 열에 대해 일차원적인 검색만을 수행하므로 인접한 각각의 행 또는 열 사이에서 부분적인 불일치가 나타날 가능성이 있다. 이와 같은 불일치를 최소화하기 위해서는 검색영역(search width)에 대한 제약조건의 추가가 필요하다.

$$Search\ Width = [k^* - s, k^* + s] \quad (2)$$

Milgram(1975)은 첫 번째 행에 대한 접합점(j, k\*)이 추출되면 그 다음 행의 경우 전체 화소에 대해 검색을 수행하지 않고 식 (2)와 같이 (j+1, k\*)를 중심으로 각각 일정한 간격만큼의 영역에 대해서만 검색을 수행하도록 함으로써 인접 행 또는 열 사이의 불일치를 최소화하는 방법을 제안하였다.

따라서 본 논문에서는 초기 접합점을 선정하기 위하여 필요한 초기 검색영역의 크기를 실험을 통하여 결정하고, 나머지 접합점들은 선행 접합점을 기준으로 인접접합점간의 불일치를 최소화할 수 있도록 검색영역의 크기를 결정하였다.

## 2.2 Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘을 이용한 접합선 추출

Canny 에지(edge)검출 알고리즘은 에지검출 방법을 수학적으로 접근하여 최적화시킨 방법이다. 이 방법은 스텝 에지(step edge)에 대한 최적의 연산자를 경험적으로 유도함으로써 가우시안 필터를 통해 평활화가 수행된 영상에서 기울기가 최대가 되는 점을 에지로 결정한다(Canny, 1986).

Canny 에지검출 알고리즘은 그림 2와 같이 크게 4단계의 수행과정을 통해 에지를 검출하게 된다. 가장 먼저 입력 영상에 대해  $\sigma$  값에 따른 가우시안 필터의 크기와 값을 결정하여 잡음을 제거한다. 다음으로 불연속 부분에 대한 기울기의 크기와 방향을 계산한 후 국지적으로 최대가 아닌 부분을 억제하는 Non-Maximal Suppression 과정을 통해 edge localization을 수행한다. 마지막으로 최대·최소 임계값을 통해 Hysteresis Thresholding 과정을 수행하여 에지가 아닌 부분을 제거한다.

접합선 추출을 위한 Canny 에지검출 알고리즘의 적용에 있어서 고려되어야 할 요소로는 잡음제거를 위한  $\sigma$  값과 검출된 에지를 찾기 위한 검색영역의 범위, 에지가 검출되지 않은 부분에 대한 연결방법 등이 있다. 따라서 본

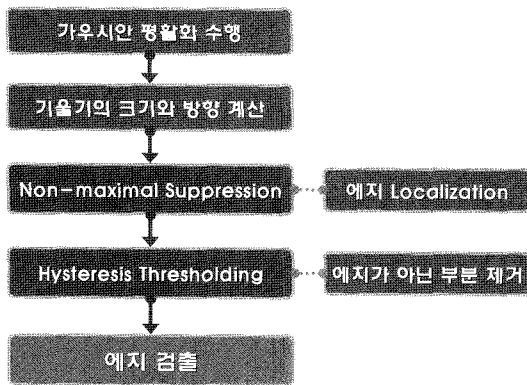


그림 2. Canny 에지검출 알고리즘

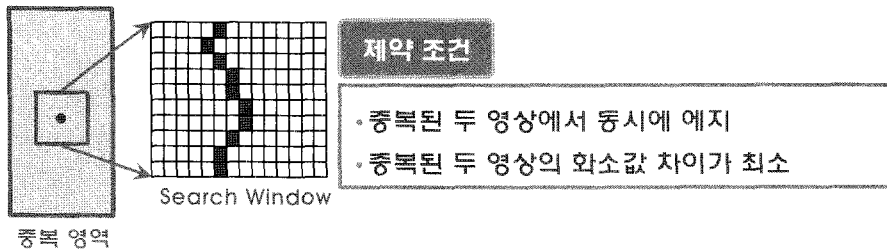


그림 3. 초기 접합점의 선정조건 및 방법

연구에서는 실험을 통해 강이나 도로 등 선형의 주요 지형·지물을 검출하기 위해서 적합한 가우시안 필터의 크기와 값을 결정하였다. 또한 인접접합점간의 불일치를 최소화할 수 있도록 검색영역의 크기를 결정하였다. 에지가 검출되지 않은 구간을 연결하는 방법으로는 서로 연결되지 않은 에지들에 대해 검색영역을 제약한 MAGDS 알고리즘을 적용하여 접합선을 추출하였다.

### 2.2.1 초기 접합점의 선정

추출된 접합선이 중복영역의 영상구간을 벗어나거나, 중복영역에서 한쪽 방향으로 치우치는 경우 결과영상의 품질에 상당한 영향을 미치게 된다. 따라서 다중영상간의 인위적인 접합으로 인한 불일치를 최소화할 수 있는 접합선의 자동 추출을 위해서 초기 접합점의 선정은 매우 중요하다.

본 연구에서는 그림 3과 같이 중복영역의 중심점을 기준으로 검색영역을 설정한 후, 검색영역 범위 내에서 두 영상에서 모두 에지이며 두 영상간의 화소값 차이가 최소라는 두 가지 조건을 동시에 만족하는 점을 초기 접합점으로 선정하였다.

### 2.2.2 접합선 추출 방법

두 장의 중복영상에서 각각 에지들이 검출되면 초기 접합점을 결정한 후 초기 접합점을 기준으로 접합선 방향의 인접화소에서 검출된 다음 에지들을 찾는다. 검출된 각각의 에지들을 접합점으로 선정하기 위한 기준으로는 그림 4와 같이 두 영상에서 동시에 에지일 경우를 우선적으로 적용하고 이 조건을 만족하는 인접 에지들이 존재하지 않을 경우에는 두 영상에서 적어도 한 영상에서 존재하는 에지를 접합점으로 추출한다. 두 영상에서 모두 인접 에지가 존재하지 않을 경우에는 접합선 방향으로 진행하면서 검색영역에서 초기 접합점과 동일한 조건을 만족하는 에지를 찾은 후 동일한 과정을 반복하여 접합선을

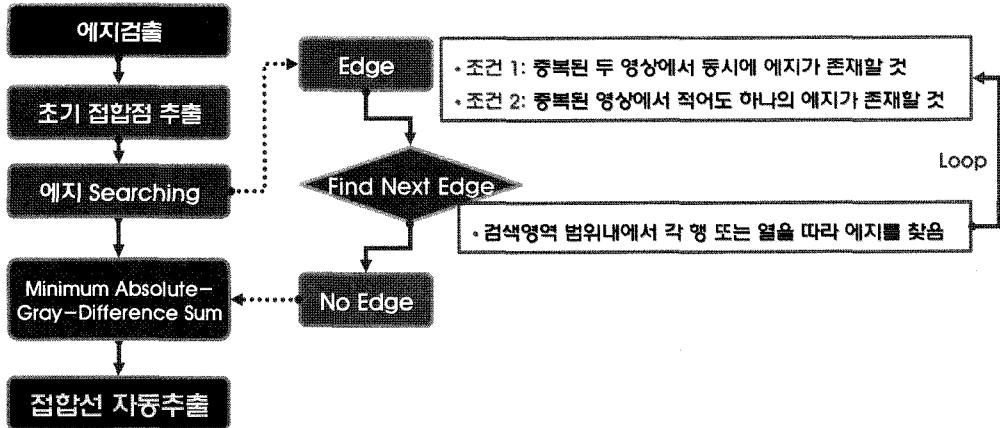


그림 4. Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘을 이용한 집합선 추출방법

추출한다. 에지가 검출되지 않은 구간에 대해서는 추출된 양끝의 집합점을 직선으로 연결하고, 이 직선을 따라가면서 후보점을 선정한다. 마지막으로 선정된 후보점을 기준으로 MAGDS 알고리즘을 적용함으로써 중복영상간의 화소값 차이가 최소가 되는 집합선을 추출하였다.

### 3. 히스토그램 매칭

모자이크 영상제작시 인접영상 간의 밝기를 동일하게 유지하는 것은 매우 중요하다. 이와 같은 과정을 일반적으로 히스토그램 매칭이라고 한다.

본 연구에서는 그림 5와 같이 집합선을 기준으로 검색영역을 포함하는 Buffer Zone 영상을 추출한 후, 이 영상을 구성하는 기준영상과 입력영상의 통계특성을 통해 두 영

상의 방사적인 특성을 일치시켜주는 방법을 이용하였다.

#### 3.1 기준영상의 자동선정

히스토그램 매칭 방법은 기본적으로 영상의 통계특성을 이용하기 때문에 기준영상의 통계특성에 따라 결과영상의 품질이 매우 다르게 나타난다.

따라서 본 연구에서는 주관적이 아닌 객관적이며 정량화된 방법으로 여러 영상 중에서 기준영상을 자동으로 선정하기 위해서 먼저 각 영상의 화소값 범위(range)와 평균, 분산, 최빈값 등 입력된 각 영상의 통계자료를 추출하였다. 통계자료의 항목별 중요도에 따라서 무게(weight)를 부여한 후, 각 영상별로 무게의 총합을 계산하여 가장 큰 값을 갖고 있는 영상을 기준영상으로 선정하였다.

#### 3.2 MCF(Match Cumulative Frequency) 방법

MCF 방법은 기준영상과 입력영상의 누적 히스토그램의 형태를 일치시켜 줌으로서 전체적인 영상의 밝기를 맞추어주는 방법이다. 먼저 기준영상과 입력영상에 대한 각각의 누적 히스토그램을 작성한 후, 입력영상의 화소 밝기값을 그 화소에 대응하는 누적도수와 동일한 누적도수를 나타내는 기준영상의 밝기값으로 변환시켜줌으로서 히스토그램의 분포형태를 유사하게 일치시켜 줄 수 있다. 일반적으로 연산의 효율성을 제고하기 위해서 입력영상의 각 밝기 단계에 대응하는 기준영상의 밝기 단계를 하나의 Look-up 테이블(LUT)로 작성한 후, 이 테이블을 참조하여 입력영상의 밝기값을 순차적으로 변환해 주는 방법을 이용한다.

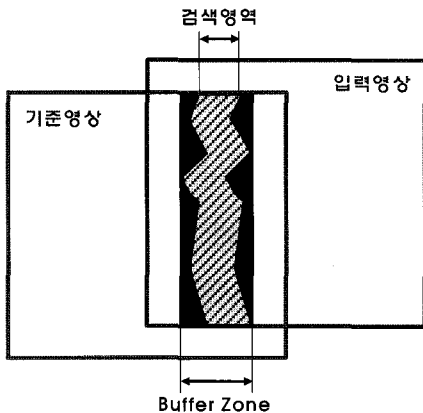


그림 5. 히스토그램 매칭의 적용방법

## 4. 실험결과

### 4.1 MAGDS 알고리즘을 이용한 접합선 추출결과

그림 6은 2000년 5월과 9월에 촬영된 Landsat ETM+ 영상을 MAGDS 알고리즘을 적용하여 제작된 모자이크 영상이다. 이 영상은 접합선의 추출결과를 분석하기 위해 히스토그램 매칭을 수행하지 않았으며, Linear Stretch 방법을 적용하여 영상의 밝기만을 강조하였다. 인접 접합점 간의 불연속을 최소화하기 위하여 초기 검색영역을 100 픽셀로 제한하여 접합선을 추출하였다.

그림 7은 산지, 강 및 도시지역 등 지형에 따라서 접합선의 추출결과를 확대하여 보여준다. 그림 7(a)는 접합선이 강의 내부를 따라 추출된 것을 보여준다. (b)는 산 지역의 접합선 추출결과이며, 위쪽에 산과 도시지역의 경계 부분을 따라 접합선이 추출된 것을 볼 수 있다. 산지 내에서는 부분적으로 능선 등 일정한 패턴을 따라 접합선이 추출된 것을 확인할 수 있다. (c)는 도시지역에서의 접합

선 추출 결과이다. 도시지역의 경우 밝기값의 변화가 크기 때문에 접합선의 변화형태가 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

### 4.2 Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘을 이용한 접합선 추출결과

그림 8은 Canny 에지검출 알고리즘을 적용하여 그림 6과 동일한 영상의 중복영역 내에서 에지를 검출한 결과이다. 도로나 강 등 선형의 주요 지형·지물만을 추출하기 위해서 실험을 실시한 결과 가우시안 평활화 연산을 위한  $\sigma$  값은 1.0, Hysteresis Thresholding의 최소임계값 0.4, 최대임계값 0.8을 적용하였을 때 가장 적합한 에지를 검출할 수 있었다. 각 영상에서 표시된 선들은 실제로 추출된 접합선의 형태를 나타낸 것이다.

그림 9는 그림 8에서 추출된 에지들을 연결하여 접합선으로 추출한 결과이다. 그림 6과 비교해 볼 때 전체적

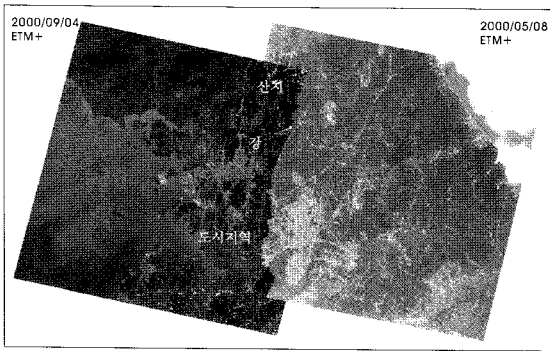


그림 6. MAGDS 알고리즘의 적용결과 I

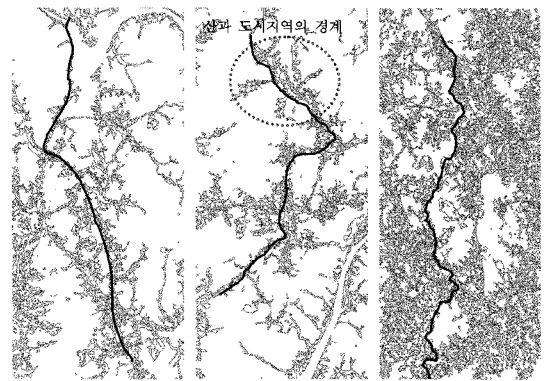


그림 8. 에지추출 결과

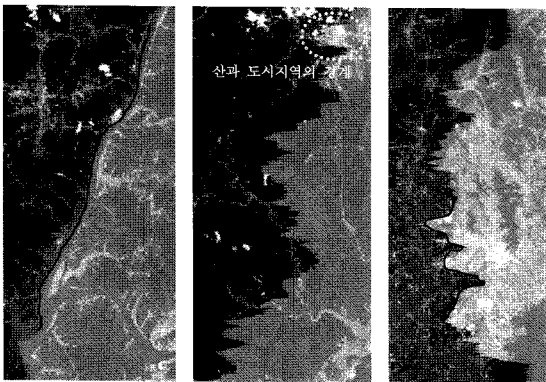


그림 7. MAGDS 알고리즘의 적용결과 II

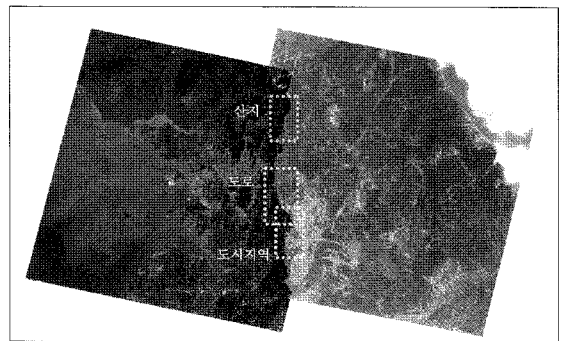


그림 9. Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘의 적용결과 I

으로 강이나 도로, 산의 능선, 계곡 등과 같은 선형 지형·지물이 접합선으로 추출되었고, 특히 산이나 도시 지역의 내부에서 특징적인 부분이 접합선으로 추출됨으로서 불연속적인 경계형성이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

그림 10(a)는 강의 경계와 도로 등 선형의 지형을 따라 추출된 접합선의 결과이다. (b)는 산의 내부에서도 능선을 따라 접합선이 추출된 결과와 산과 도시의 경계지역을 따라 접합선이 추출된 결과를 잘 보여주고 있다. (c)는 도시지역에서 도시내부의 도로나 건물, 도시외곽지역을 따라 추출된 접합선의 결과를 보여준다.

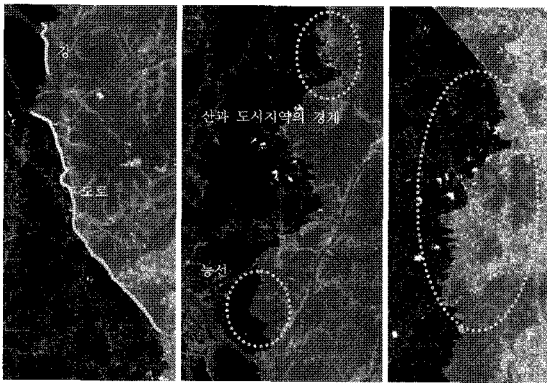
그림 11은 그림 9와는 다른 영상들을 이용하여 동일한 방법으로 접합선을 추출한 결과이다. 그림 11(a)는 도시지역 내에서 도로를 따라 접합선이 추출된 결과이다. (b)는 해안의 섬 지역에 대해 섬의 경계와 내부 도로 등을

따라 접합선이 추출된 결과를 보여주고 있다. (c)는 남해 지역의 해안선을 따라 접합선이 추출된 결과이다.

그림 12는 그림 9에 대하여 누적도수를 이용한 MCF 방법을 적용하여 히스토그램 매칭을 수행한 후, Linear Stretch 방법으로 화소밝기를 강조한 영상이다.

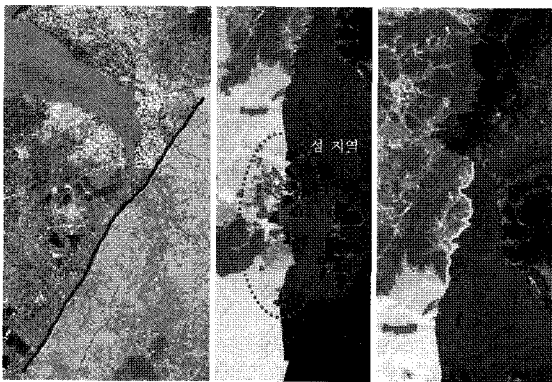
### 4.3 다중영상을 이용한 모자이크영상제작 결과

그림 13은 본 연구에서 제안한 접합선 추출기법과 MCF 히스토그램 매칭방법을 적용하여 남한지역의 모자이크영상을 자동으로 제작한 결과이다. 남한지역의 모자이크영상을 제작하기 위해서 서로 다른 시기에 촬영된 9장의 Landsat 영상이 사용되었다(표 1 참조). 칼라모자이크 영상을 제작하기 위해서 각 밴드별로 모자이크를 수행하고 이를 합성하였다.



(a) 강과 도로 (b) 산과 산의 경계부분 (c) 도시지역

그림 10. Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘의 적용결과 II



(a) 도시지역의 도로 (b) 해안의 섬지역 (c) 해안선 지역

그림 11. Canny 에지검출 알고리즘과 MAGDS 알고리즘의 적용결과 III

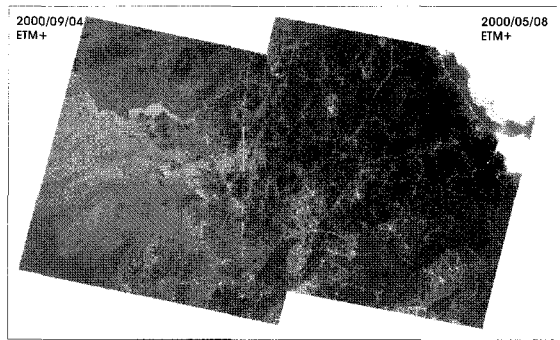


그림 12. MCF 히스토그램 매칭 적용결과

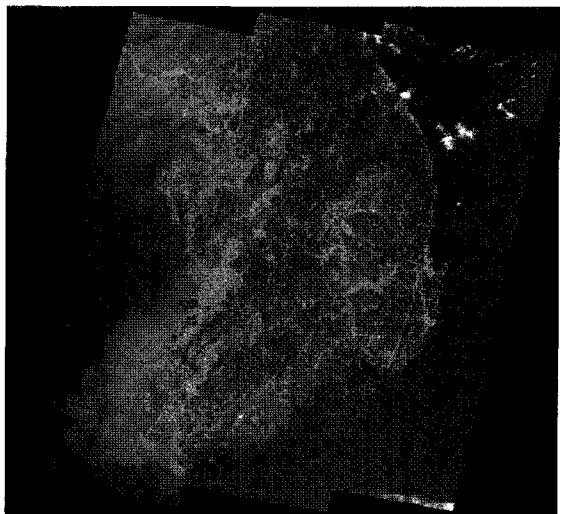


그림 13. 남한지역의 모자이크영상제작 결과

표 1. Landsat 영상의 제원

촬영지역	촬영일자	센서명	분광밴드	영상의 크기
116-34	00/09/04	Landsat7 ETM+	band1,2,3	7204×7295
115-34	00/05/08	Landsat7 ETM+	band1,2,3	7484×8349
114-34	99/05/07	Landsat7 ETM+	band1,2,3	6714×7463
116-35	00/05/07	Landsat5 TM	band1,2,3	6961×7554
115-35	00/05/08	Landsat7 ETM+	band1,2,3	7174×7966
114-35	99/05/07	Landsat7 ETM+	band1,2,3	6722×7471
116-36	00/05/07	Landsat7 ETM+	band1,2,3	6957×7558
115-36	96/09/26	Landsat5 TM	band1,2,3	6880×7512
114-36	99/05/07	Landsat7 ETM+	band1,2,3	6857×7812

## 5. 결 론

본 논문에서는 모자이크 영상 제작에 필요한 접합선을 자동으로 추출하기 위해서 인접영상의 중복부분에서 화소값의 차이가 최소가 되는 부분을 접합선으로 추출하는 방법(MAGDS 알고리즘)과 Canny 에지검출 기법을 적용하여 추출된 에지들을 접합선으로 추출하는 방법을 함께 적용하는 방법을 제시하고 실험하였다. 검출된 에지들을 기반으로 MAGDS 알고리즘을 함께 적용한 결과, 초기 접합점과 에지가 없는 지역에 대해서 접합선을 효과적으로 추출함으로써 보다 많은 지역에서 불연속적인 경계형을 최소화할 수 있었다. 특히 강이나 도로, 해안선 등 선형특성 지형·지물들을 접합선으로 추출함으로써 인접영상에서 발생될 수 있는 인위적인 불연속을 최소화 할 수 있었고, 산이나 도시지역 등에서 지형·지물 특성을 고려한 접합선을 추출함으로써 인접영상간의 형태적인 불일치와 불연속을 최소화 할 수 있었다.

또한 계절적인 차이가 큰 인접영상에 대해서 에지검출 기법을 이용하여 접합선을 추출한 후 MCF 방법을 적용

하여 히스토그램 매칭을 수행한 결과 영상 내에서 밝기 차이로 인한 불연속이나 전체 영상에서의 색조 차이가 균일하게 유지되는 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서 제안한 방법으로 기준영상을 객관적으로 선정하고 접합선 추출 및 밝기값 조정 등 모든 과정을 자동으로 처리하여 남한 전체에 대한 칼라모자이크 영상을 제작한 결과 우수한 품질의 모자이크 영상을 제작할 수 있었다.

## 감사의 글

이 논문은 한국전자통신연구원의 위성영상정보 통합관리센터의 용역연구과제에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Afek, Y. and Brand, A. (1998), Mosaicking of orthorectified aerial images. *ASPRS Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 64, No. 2, pp. 115-125.
- Canny, J. (1986), A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, No. 6, pp. 679-698.
- Milgram, D. L. (1975), Computer Methods for Creating Photomosaics. *IEEE Transaction on Computer*, Vol. C-24, No. 11, pp. 1113-1119.
- Shiren, Y., Li, L. and Peng, G. (1989), Two-Dimensional Seam-Point Searching in Digital Image Mosaicing. *ASPRS Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 55, No. 1, pp. 49-53.
- Zobrist, A. L., Bryant, N. A. and Mcleod, R. G. (1983), Technology for Large Digital Mosaics of Landsat Data. *ASPRS Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 49, No. 9, pp. 1325-1335.

(접수일 2007. 1. 11, 심사일 2007. 1. 16, 심사완료일 2007. 1. 22)

