

## 수치항공사진을 이용한 모자이크 제작에 관한 연구

김병국\* 조우진\*\*

\*인하대학교 지리정보공학과 교수

\*\*인하대학교 지리정보공학과 대학원

### 1. 서론

항공사진은 지형지물에 대한 이해를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 주기적으로 촬영함으로써 지형이나 지물의 변동사항을 파악하는데 유용한 자료로 사용된다. 그러나 이러한 항공사진 이미지는 지형지물의 정확한 위치를 나타내지 못하기 때문에 지도로서 활용할 수 없다. 항공사진 이미지가 지도와 근본적으로 차이가 나는 것은 투영방식 때문이다. 지도는 정사투영인데 비하여 사진은 렌즈의 중심을 통한 중심투영으로 투영의 중심점에서 멀어질수록 외곽으로 지형지물의 상이 넓게 되며 지형의 기복이 있는 경우 기복에 따라 이미지에 변위가 발생한다. 이러한 항공사진에 나타나는 기복변위(displacement)를 제거함으로써 사진 상에 나타나는 상이 일반지도에서 보이는 것처럼 사진상의 모든 점에서 축척이 일정하도록 만든 사진을 정사사진(orthophoto)이라 하며, 정사사진을 제작하는 과정에서 항공사진을 스캐닝 한 후 컴퓨터에 의한 처리과정을 거쳐 제작한 것을 수치정사사진(digital orthophoto)이라 한다. 이렇게 제작된 정사사진에 지도요소(map entity:등고선, 행정경계, 지명 등)를 중첩하여 제작된 정사사진지도(orthophoto map)는 사진과 지도의 장점을 결합한 형태로서 보다 대중적인 시각화 기능을 제공하는 결과물이다. 이러한 정사사진지도는 기존에 종이지도가 갖지 못하는 다양한 정보를 제공할 뿐만 아니라 GIS(Geographic Information Systems)와 연계하여 보다 빠른 지리정보의 수정 및 갱신이 가능하고 사용자가 쉽게 식별 가능한 정보를 제공할 수 있다.

만약 사용자가 넓은 지역의 높은 해상도의 정보를 원하는 경우에는 한 장의 항공사진 영상으로 만들어진 정사영상으로는 만족하는 결과를 얻을 수 없다. 이러한 항공사진의 단점을 극복하기 위해 개발된 것이 모자이크(mosaic) 방법이다. 모자이크 방법은 연속된 여러 장의 사진을 중첩하여 원하는 대상지역을 모두 포함하는 영상을 제작하는 것을 말한다. 이러한 모자이크 제작과 관련하여 이미 외국에서는 많은 연구가 이루어져 현재 외국의 몇몇 수치사진측량 소프트웨어의 경우 자동으로 모자이크를 제작할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 그러나 국내에서는 정사영상 제작과 관련한 연구는 비교적 활발히 진행되었으나 제작된 정사영상을 활용하기 위해 필요한 모자이크 제작과 관련한 연구는 아직 미비한 수준이다.

현재 사진측량의 흐름은 기존의 수작업에 의존하던 많은 부분을 컴퓨터가 수행하도록 하는 수치사진측량 시스템으로 발전하고 있다. 이러한 흐름 속에서 모자이크 제작방식 또한 자동화기법을 도입하여 컴퓨터가 자동으로 모자이크를 제작하도록 하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 수치사진측량 시스템에서 모자이크 제작에 필요한 제반 기술과 문제점들에 대해

조사, 분석하고 보다 효율적인 모자이크 제작을 위한 방안에 대해 고찰하고자 한다.

## 2. 항공사진 모자이크 제작의 기본이론

### 2.1 항공사진 모자이크의 연구동향

과거 아날로그 사진측량 시스템에서의 모자이크 작업은 고도로 숙련된 기술자가 각 사진을 인화하는 과정에서 수동으로 밝기를 조절하거나 컬러 필터를 사용해 색감을 조정한 다음 사진의 중첩되는 부분 중 기술자의 선택에 따라 크게 왜곡이 생기지 않는 부분을 잘라서 붙이는 방법으로 모자이크를 제작하였다. 그러나 현대의 사진측량 기술은 컴퓨터를 이용하여 기존에 수작업으로 이루어 졌던 작업들을 컴퓨터가 자동으로 일괄처리 하는 방식으로 발전, 연구되고 있다.

수치사진측량 시스템에서 정사영상 모자이크를 제작하는데 있어 가장 중요하게 고려되어야 사항은 모자이크를 구성하는 정사영상 사이의 높이 값에 의한 왜곡이 최소가 될 수 있도록 해야 하고 <그림 2.1>에서와 같이 정사영상들간의 중첩되어진 영역에서 자동으로 접합선을 생성할 수 있도록 하는 부분이다.

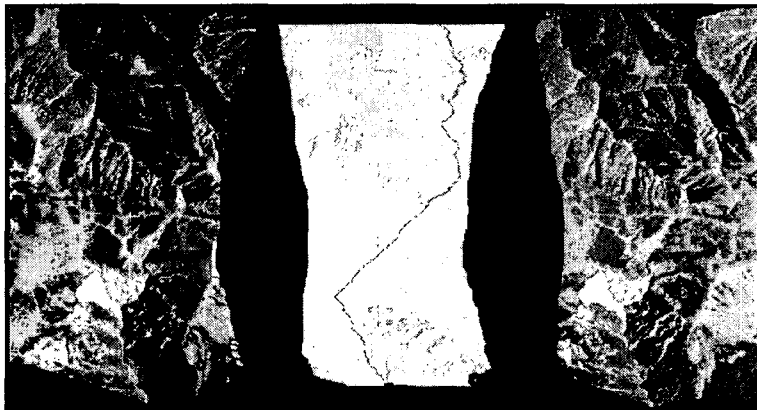


그림 2.1 접합선의 선정

<표 2.1>에서와 같이 외국에서 개발된 몇몇 수치사진측량 시스템에서는 정사영상 모자이크 제작을 위한 기능을 제공하고 있다. 이러한 수치사진측량 시스템은 모자이크 제작에 필요한 자동 접합선 선정과 관련한 기능뿐만 아니라 칼라 영상의 경우 색수차 제거를 위한 영상 조정 기능도 갖추고 있다. 그러나 대부분의 시스템들은 모자이크 기능의 수행에 있어 완벽하게 자동화된 접합선 선정 기능을 제공하고 있지는 못하다.

표 2.1 모자이크 기능을 제공하는 수치사진측량 시스템

제작사	model	모자이크제작
OrthoVista	Stellacore	○
LH Systems	SOCET SET	○
Z/I Imaging	ImageStation	○
DAT/EM Systems Int'l	Summit Evolution	○
ER Mapper	ER Mapper	○
PCI Geomatics	OrthoEngine	○
ERDAS	Erdas Imagine	○
VirtuoZo	VirtuoZo	○

이러한 수치사진측량 시스템에서 모자이크 작업시 접합선 선정과 관련한 알고리즘에 대해서는 각 제작사에서 전혀 공개하지 않기 때문에 각 시스템에서 사용된 알고리즘에 대한 비교, 분석은 어렵다.

일반적으로 접합선의 선정과 관련하여 연구된 알고리즘으로는 각각의 정사영상의 중첩된 영역에서의 화소값에 차이를 이용하여 최소 연결경로를 찾는 방법(Shiren, 1989; Fernandez and Marti, 1999)과 공분산을 이용하여 찾는 방법(Schickler and Thorpe, 1998)이 있으며, 최근에는 능동적 객체추출 기법(active contour algorithm)을 이용한 방법(Martin Kerschner, 2000)등이 연구되고 있다.

## 2.2 항공사진 모자이크

영상 자료의 처리에 있어서, 대상지역이 한 장의 사진 보다 클때는 화면상에서 출력과 분석을 하기 위해 모자이크 작업이 필요하다.



그림 2.2 항공사진 모자의 영상

처음 항공사진을 제작할 당시 일괄처리 되어 얻어진 모자의 영상을 제외하고 대상지역의 모자익을 수행할 사진들은 대개 다른 시간, 조건 또는 년도에서 얻어지는 경우가 대부분이다. 그리고 시간이 일치하더라도 촬영시 비행기의 자세나 태양의 고도각 등이 다르기 때문에, 두개나 그 이상의 사진들을 모자익 할때, 두 사진의 경계선에서 어색한 접합현상을 띄우게 된다. 이와 같은 경계는 <그림 2.2>에서와 같이 중첩된 부분에서 사진의 패턴(pattern) 또는 명암(intensity)이 불연속 될 때 발생한다. 예를 들면 대기의 전도율과 태양의 입사각의 변화는 전체 사진의 화소값 범위(gray level)를 변화시키고, 구름, 눈 등은 지표면의 형상을 사진에서 어둡게 한다. 또한 흙이나 농작물의 반사특성은 함수량, 시간, 계절에 의해 변화한다. 이러한 요인들은 사진판독을 어렵게 하는 요인이기도 하지만 또한 모자의 영상의 경계부분의 차이를 크게 하는 요인으로 작용하기도 한다. 그래서 이와 같은 영상들을 모자익 하기 위해서는 <그림 2.3>과 같은 4단계의 작업공정을 거쳐 모자의 작업시 발생할 수 있는 왜곡요인들을 최소화 해야한다.

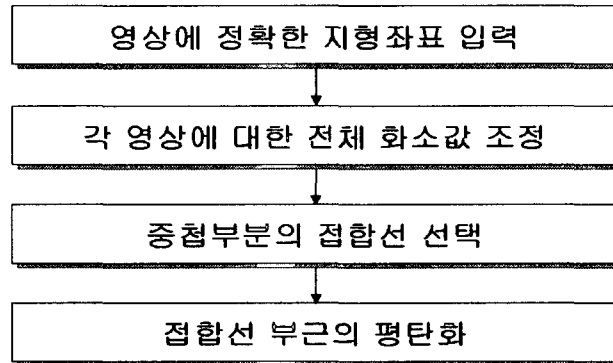


그림 2.3 모자이크의 주요 4단계

위와 같은 4단계를 수행하여 완전한 모자이크 사진을 얻을 수 있으며 영상에 정확한 지형좌표를 입력하는 단계는 정사영상을 제작함으로써 사진들에 대한 지리좌표를 입력시키므로 실제 모자이크 작업은 2번째 단계부터라고 말할 수 있다.

### 3. 채택 알고리즘 및 프로그램 구현

#### 3.1 전체 화소값 조정

본 연구에서는 입력된 영상들에 대한 화소값을 조정하기 위해 먼저 기준이 되는 영상을 선정한 후 그 영상에 화소값 범위에 맞추어 나머지 영상의 화소값의 범위를 조정시키는 방법을 사용하였다.

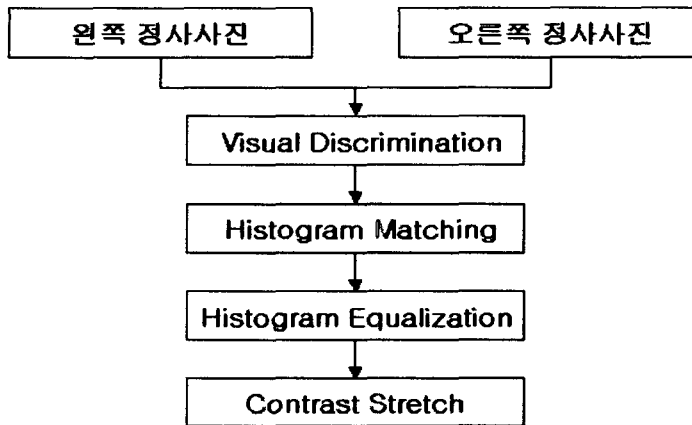
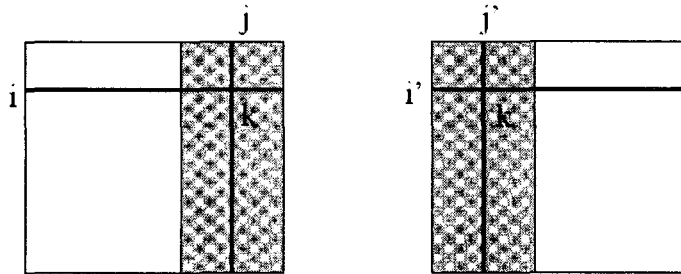


그림 3.1 전체 화소값 조정

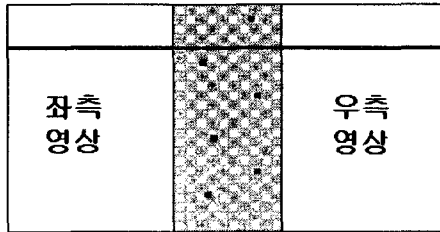
기준이 되는 영상이 선정된 후에는 가시적 판독성을 증강시키기 위해서 각 영상들에 대한 강조(Enhancement)처리 과정이 필요하다. 영상의 강조처리는 특정한 어플리케이션을 수행하기 위해 영상의 가시적 판독성을 증강시키는 일련의 처리 과정을 말하며, 어떠한 필요성에 의해 영상이 내포하고 있는 정보를 특수한 방법을 사용하여 영상에 변화를 주어 출력하는 방법을 말한다.

### 3.2 접합선의 선정 방법

정사영상의 모자의 제작을 위해서 접합선을 선정하는 방법은 모자의 작업에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 과거 모자의 사진을 만들기 위해서는 취득된 항공사진을 정사투영사진으로 제작한 후 수작업을 통하여 사진을 접합하였다. 이때 정사투영사진이 갖는 여러 가지 오차들이 누적되어 경계면에서 불일치가 발생하게 되는데, 숙련된 작업자의 경험을 토대로 산이나 도로 같은 곳에서 접합시킴으로 시각적인 오차의 차이를 감소 시켰다. 수치사진측량 시스템의 모자의 제작에서는 생성된 정사영상의 중첩부분에서 동일한 위치의 선을 찾아야 하는데 이러한 선을 접합선(Seam-Line)이라 한다.



$$K = (i, j) = (i', j')$$



□ 접합점(k)

그림 3.2 접합점의 개념

접합선은 영상의 각 행(Row)에서 <그림 3.2>과 같은 점합점(Seam-Point)들의 연속적인 배열로서 구성되며 이러한 접합선은 지리적인 경계를 기준으로 선정되지 않고, 두 영상의 화소값을 비교하여 각 화소값의 차이가 최소가 되는 점들의 연속선으로 구성된다.

## 4. 모자이크 프로그램 구현

### 4.1 모자이크 프로그램의 개요

본 연구에서 개발된 프로그램은 입력된 영상자료를 이용하여 모자이크 제작을 위해 필요한 알고리즘들을 적용하여 모자이크 영상을 제작하고, 각 알고리즘들에 의해 구현된 모자이크 영상의 결과를 분석하기 위하여 제작하였다. 프로그램은 Microsoft사의 Visual C++를 사용하여 GUI(Graphic User Interface)를 실현하였고, Operation System으로 Microsoft사의 Windows 2000을 사용하였다.

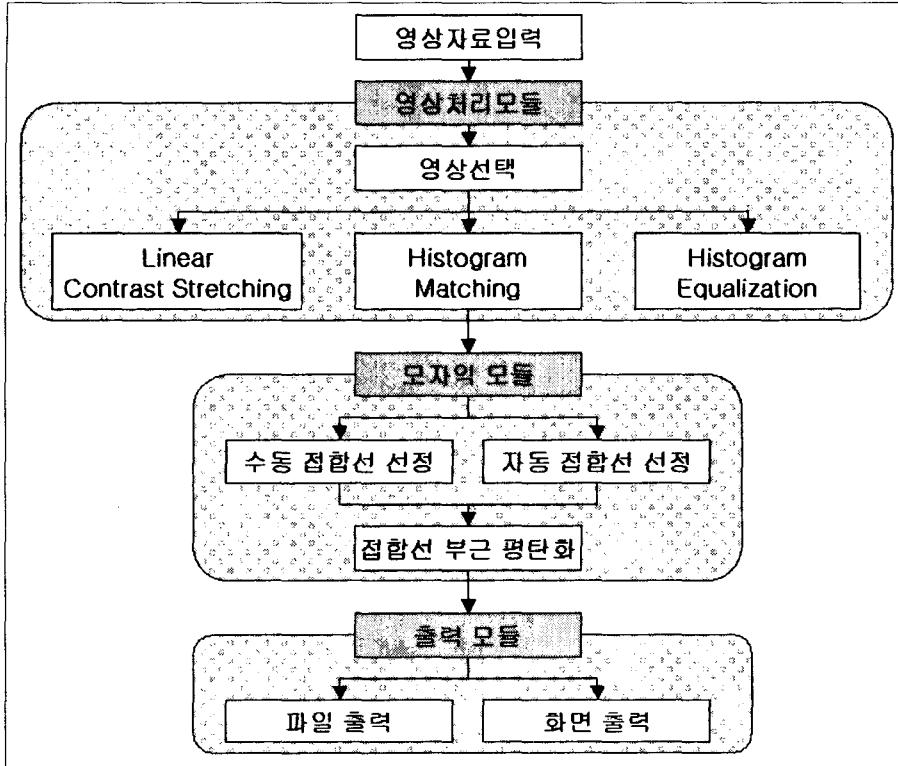


그림 4.1 프로그램 흐름도

프로그램은 모자의 제작을 위해 영상처리모듈, 모자의 모듈, 출력 모듈의 3개의 모듈로 구성되어 있으며, 프로그램의 흐름도는 <그림 4.1>과 같다. 영상처리 모듈에는 입력 영상의 전처리를 위한 전체 화소값 조정기능, 영상들 사이의 밝기 값의 차이를 최소화하기 위한 히스토그램 매칭기능으로 구성되어 있으며, 모자의 모듈에는 영상의 중첩부분의 점합선을 선택하기 위한 점합선 선정기능, 점합선 부근의 영상간의 대비를 최소화하기 위한 평탄화 기능으로 구성되어 있다. 출력 모듈은 모자의 작업을 수행한 후 결과물의 저장을 위한 파일출력기능과 결과 영상을 화면상에 보여주기 위한 화면출력기능으로 구성된다.

#### 4.2 모자의 프로그램의 구성

프로그램의 전체 구성은 사용 빈도가 높은 메뉴는 아이콘으로 제작하여 간편하게 명령을 실행할 수 있도록 하였고, 불러들인 영상의 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값, 히스토그램 등의 정보를 표시할 수 있도록 제작하였다.

프로그램은 간단한 조작으로 모자의 영상을 제작 할 수 있도록 최대한 간결한 메뉴로 구성하



었다.



그림 4.2 아이콘의 구성

메뉴는 <그림 4.2>과 같이 구성되며, 왼쪽이미지 아이콘과 오른쪽 이미지 아이콘은 영상선택 메뉴로서 입력된 두 개의 영상들 중에서 사용자가 원하는 영상을 활성화하는 아이콘이다. 평활화, 스트레칭, 스무싱, 히스토그램 매칭 아이콘은 영상선택 메뉴에서 활성화된 영상을 해당 하는 기능들로 처리한다. 심라인1, 심라인2 아이콘은 입력된 두 영상의 접합선을 결정하도록 하는 아이콘으로 각각 서로 다른 알고리즘으로 접합선을 선정하여 뷰창의 왼쪽영상에 파란색 선으로 표시한다. <그림 4.3>은 프로그램을 이용하여 작업을 실행한 모습이다.

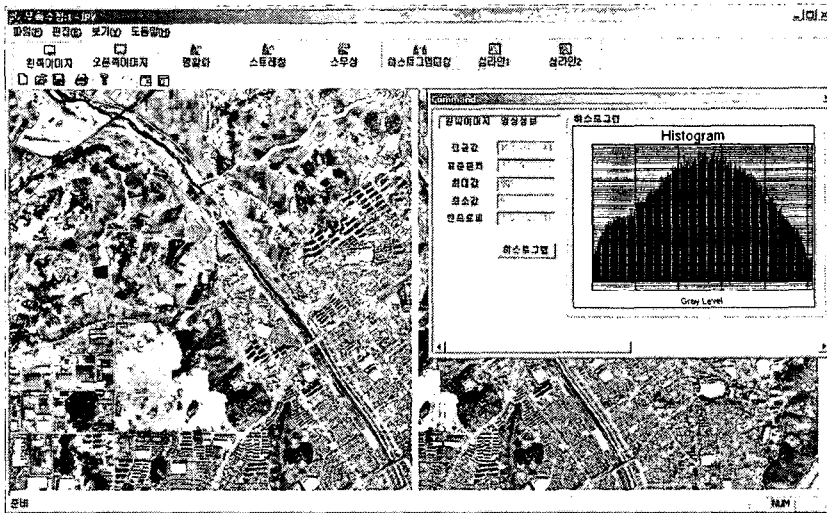


그림 4.3 프로그램의 실행화면

## 5. 모자의 영상 제작

### 5.1 연구 대상지역

연구의 대상지역은 청주지역을 촬영한 항공사진을 이용하였으며 모자의 영상을 생성 후 다양한 분석을 위해 논, 밭 등으로 구성된 평야지역과 고층 건물들로 이루어진 도심지역, 나무들로 이루어진 산악지역을 모두 포함할 수 있는 지역의 영상을 선택하였다. <표 5.1>은 항공사진의 정보를 나타낸다.

수치항공사진을 이용한 모자의 제작에 관한 연구

표 5.1 항공사진 정보

	정 보
항공기	세스나 206208
카메라	RC 30
사진축척	1 / 25,000
카메라 초점거리	153.71mm
촬영년월일	1998. 11월

5.2 자료 처리

5.2.1 정사영상 제작

정사영상의 제작은 ERDAS IMAGINE 8.4 을 사용하여 제작하였고, DEM은 대상지역의 1/5,000 수치지도를 이용하였다.

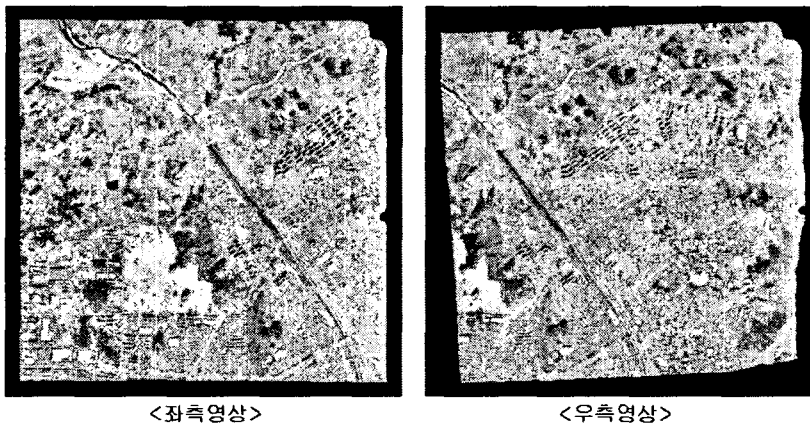


그림 5.1 대상지역의 수치정사영상

<그림 5.1>은 본 연구에서 사용된 수치정사영상으로 각 영상에 대한 화소값의 정보는 <표 5.2>과 같다.

표 5.2 각 영상의 화소값 정보

크기	좌측영상		우측영상	
	width	height	width	height
	9873	9871	10159	10184
평균값	147.541		149.467	
중앙값	147		138	
표준편차	42.62		41.18	

### 5.2.2 전체 화소값 조정

본 연구에서 사용된 항공사진 영상은 같은 시간, 같은 필름을 사용하여 동일한 조건으로 저장되었으므로 두 영상간의 전체 화소값의 차이는 크게 나타나지 않았다. 그러나 본 논문에서 제시한 전체 화소값 조정의 결과를 분석하고, 최적의 모자이크 결과를 얻기 위해서 각 영상의 중앙값을 이용하여 Histogram Matching 기법을 적용한 후 각 영상에 Histogram Equalization 기법을 적용하였다.



<전체 화소값 조정 전 좌측 영상>



<전체 화소값 조정 후 좌측 영상>

그림 5.2 대상지역의 전체화소값 조정

### 5.2.3 접합선의 선정 및 평탄화

접합선을 결정하기 위해서 본 연구에서는 2가지의 방법을 사용하였다. 첫 번째 방법은 좌측 영상을 기준으로 우측영상의 한쪽 방향으로 화소값을 비교하면서 임계값의 범위에 들어오는 값을 접합점으로 선정하여 찾는 것이고, 두 번째 방법은 좌측영상을 기준으로 우측영상의 양방향으로 화소값을 비교하면서 임계값의 범위에 들어오는 값을 접합점으로 선정하여 찾는 것이다.

점합선이 선정되면 우측영상에 점합선의 형태가 화면에 보여지게 된다. 점합선을 기준으로 좌우 영상을 점합하고 점합선을 기준으로 양쪽에 3 픽셀 범위의 영역에 Kernel 필터링을 수행하여 점합선 부근의 평탄화 작업을 수행하였다.



그림 5.3 좌우 모자의 영상

## 6. 모자의 제작 결과 분석

### 6.1 전체 화소값 조정 결과 비교

두 영상에 대한 전체 화소값 조정을 위하여 좌측영상과 우측영상에 각각 Contrast Stretching 기법을 적용하여 각각의 영상을 조정하고, Histogram Matching 방법을 수행하였다. 전체 화소값 조정은 최적의 점합선을 결정하기 위해 수행하는 전처리 과정으로 두 영상의 밝기값의 차이를 최소화하는데 있다. 각각의 처리과정이 효과적으로 이루어 졌는지를 확인하기 위하여 입력된 영상의 히스토그램과 입력된 영상을 영상처리 한 후의 히스토그램으로 전체 화소값 조정 결과를 분석하였다. <표 6.1>은 각각의 처리과정 마다 화소값 정보의 변화를 보여준다.

표 6.1 처리과정별 화소값 정보 변화

	좌측영상			우측영상		
	평균값	중앙값	표준편차	평균값	중앙값	표준편차
원 영상	147.54 1	147	42.62	139.46 7	138	41.180
Histogram Matching	147.54 1	147	42.62	146.45 7	145	41.152
Histogram equalization	127.95 2	130	73.413	127.11 6	127	73.647

## 6.2 대상지역에 따른 접합선 선정 결과 분석

본 논문에서 제시한 모자의 알고리즘들을 적용하여 항공사진측량에 의해 얻어진 자료를 정사 영상으로 만들어 모자의 영상을 제작하였다. 모자의 영상에 대한 신뢰도의 평가를 수학적인 방법을 통하여 판단하는 것은 힘들기 때문에 본 연구에서는 영상을 평야지역, 도시지역, 산악지역으로 구분하여 각 영상에 나타난 지형 형상의 특성에 따라서 부분 별로 확대하여 접합선 선정의 결과 및 모자의 영상의 완성도를 평가하였다.

### 6.2.1 평야지역

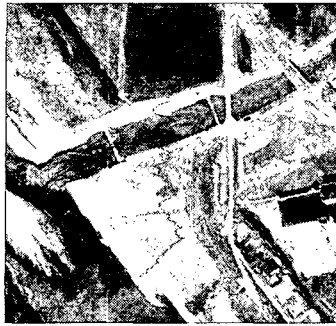
전체 영상에서 접합선이 지나는 평야지역 중 가장 다양한 영상 정보를 갖고 있는 평야지역을 분석 지역으로 선택하였다. 평야지역의 모자의 영상은 지형의 형상에 따라 구분한 세 지역 중에서 가장 좋은 결과를 나타내었다.

### 6.2.2 도시지역

도시지역은 분류한 세 지역 중에서 가장 많은 영상정보를 갖고 있으며, 접합선의 선정 결과는 접합선이 건물의 위에서 생성된 경우를 제외하고는 비교적 양호하나 세 지역 중에서 가장 많은 오류지역이 검출 되었다.

### 6.2.3 산악지역

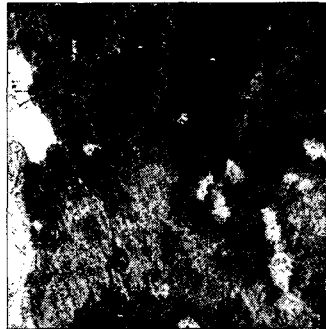
산악지역에서는 접합선 부근의 전체적인 밝기가 어두워서 두 영상이 접합된 경계가 드러나지 않았다.



<평야지역>



<도시지역>



<산악지역>

그림 6.1 접합선 부근 영상

## 7. 결론

연속된 여러 장의 사진을 중첩하여 원하는 대상지역을 모두 포함하는 영상을 제작할 수 있는 모자의 방법이 보다 쉽게 가능해 진다면 사진지도의 제작이나, GIS와의 연계를 통하여 유용한 자료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 항공사진측량으로 취득된 두개의 정사영상을 사용하여 모자의 작업을 수행할 수 있는 프로그램을 개발하고, 전체 화소값 조정과 이차원 접합선 선정 기법을 적용하여 모자 의 영상을 제작하였다. 결과물의 품질을 향상시키고 최적의 접합선 선정을 위한 입력자료의 처리를 위해 좌우 정사영상의 전체 화소값을 일치시키는 과정으로 Histogram Matching 기법, Histogram Equalization 기법, Linear Contrast Stretching 기법을 각각 순차적으로 적용하였다. 각 영상과 해당 영상의 히스토그램을 통하여 전체 화소값 처리 전·후의 결과를 분석한 결과 각 영상이 전체적으로 균일하게 향상됨을 알 수 있었다.

이차원 접합선 선정 알고리즘을 통하여 제작한 모자이크 영상은 전체적으로 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 접합선이 선정된 부근에서 피사체의 성격이 뚜렷한 차이를 보이는 평야지역, 도시지역, 산악지역으로 나누어 모자이크 결과를 분석한 결과, 평야지역과 산악지역은 비교적 좋은 결과를 나타내었으며 도시지역은 접합선이 건물의 위에서 생성된 경우 접합선을 기준으로 좌우 영상이 불일치 하는 결과를 나타내었다.

본 연구를 통하여 자동 접합선 선정 알고리즘을 적용하여 모자이크 영상을 제작 할 수 있었고, 모자이크 영상을 제작함에 있어서 원 영상의 전처리 과정으로 전체 화소값 조정을 수행하는 것이 효율적이라는 결론을 얻을 수 있었다.

향후 모자이크 영상의 제작에 있어서 다른 시기에 데이터를 가지고 기존 자료를 보완하는 경우에 관한 연구가 수행되어야 하며, 제작된 모자이크 영상의 질과 정확도를 보다 향상시킬 수 있는 효과적인 모자이크 영상 제작 방법에 관한 연구가 수행되어야 한다.

## 참고문헌

- Ronald N. Bracewell, "Two-Dimensional Imaging", Prentice Hall International, Inc  
John C. Russ, "The Image Processing Handbook", CRC Press, Inc  
Sanjit K., Giovanni L. Sicuranza, "Nonlinear Image Processing", Academic Press, Inc  
Baltsavias, E., Kaser, Cd., DTM and orthoimage generation. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. 32(4), 1998, pp. 42-51  
Martin Kerschner, Seamline detection in colour orthoimage mosaicking by use of twin snakes. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. 56(4), 2000, pp.53-64  
E. Fernandez, R. Marti, 1999. GRASP for seam drawing in mosaicking of aerial photographic map. j. heuristics 5(2), 181-197  
W. Schickler, Thorpe, Operational procedure for automatic ture orthophoto generation. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. 32(4), 1998. pp. 527-532  
Shiren, Y., Li, L., Peng, G., Two-dimensional seampoint searching in digital image mosaicking. Photogramm. Eng. Remote Sens. 55(1), 1989, pp. 49-53  
Youg Du, Josef Cihlar, Jean Beaubien, and Rasim Latifovic, Radiometric normalization, Compositing, and Quality Control for Satellite High Resolution Image Mosaics over Large Areas. IEEE Trans, Vol. 55, 2001, pp.623-633  
J. Alex Stark, Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization. IEEE Trans, Vol. 9, 2000, pp.889-896  
I. Zoghلامي, O. Faugeras, R. Deriche, Using geometric coners to build a 2D mosaic from a set of images, IEEE Trans, Vol. 32, 1995, pp.458-467  
오종규, 주재흠, 설성욱, 이철현, 남기곤, "에지 정보를 강조한 밝기 기반 스테레오 정합", 한국통신학회·한국전자공학회 춘계 합동 학술발표회 논문집, 1999, pp. 135-140

수치항공사진을 이용한 모자이크 제작에 관한 연구

김토문, “사진 모자이크 영상 제작에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교, 1993, pp. 20-25

<http://spins.snu.ac.kr/main/class/photo/2.htm>

<http://www.lh-systems.com/products/sspacks.html>