

## 영역기반정합에 의한 수치영상의 해상도 강화에 관한 연구 A Study on the Resolution Enhancement of Digital Image by Area-Based Matching

오원진\* · 배연성\*\* · 주영은\*\*\*

Oh, Won-Jin · Bae, Yeon-Soung · Joo, Young-Eun

### 요 旨

수치사진측량의 정확도는 사용되는 영상의 해상력에 의해서 제약을 받으므로, 영상의 해상력이 향상되어야 함은 자명한 이치이다. 용량이 확대된 CCD 장치로 하드웨어를 구성하는 방법이나, 센서를 움직여 부화소의 양을 미리 결정하므로써 고 해상력 영상을 획득하는 방법은 가격이 매우 고가이므로 저렴한 비용으로 영상의 해상력을 향상시킬 수 있다면 이는 매우 중요한 의미를 지닌다. 본 연구에서는 가격이 저렴한 수치사진기로 영상을 획득하고, 다중 수치영상을 영역정합에 의한 최소제곱방법으로 정합하여 저 해상력 영상의 해상력을 강화시키고자 한다. 연구결과 수치영상의 해상력이 크게 향상되었으므로 향후 경제적으로 가격 경쟁력이 있는 수치사진측량이 가능함은 물론 그 활용이 널리 기대된다.

### ABSTRACT

As the accuracy of digital photogrammetry is restricted by the resolution of image to be used, it is axiomatic that the resolution of image should be improved. As for the method to constitute hardware with CCD sensor that capacity was expanded or the method to acquire the image of high resolution by deciding the quantity of sub-pixel in advance through moving sensor, the price is expensive. This study tries to enhance the resolution of low resolution image by acquiring the image with the digital camera that the price is cheap and deciding shifts and rotations through matching multiple digital image by means of least square method. As the result of study, the resolution of digital image was improved greatly. So, not only the digital photogrammetry which has the competitive power of price economically is possible in the future but also the application is expected widely.

### 1. 서 론

수치사진측량의 분야는 컴퓨터의 처리속도가 빨라지고 용량이 증대되었으며 디지털 포맷에서 거의 실시간으로 영상을 추출해 낼 수 있는 장비의 값이 내려 최근 몇 년 동안 많은 발전을 이룩했다. 또한 영역정합이나 특징정합 등의 영상정합 알고리즘의 개발로 수치사진측량의 발전 속도는 더욱 가속화되고 있다. 많은 발전에도 불구하고 수치사진측량의 응용에 있어서 가장 큰 제약은 사용되는 수치영상의 해상력이다. 화소의 수가 증가된 대용량의 CCD 센서로 하드웨어를 구성하는 방법이나 센

서를 움직여 부화소의 양을 미리 결정하여 고해상력 영상을 획득하는 방법은 가격이 비싸 경제적으로 어려움을 겪고 있다. 대상물에 대한 정확한 공간좌표를 획득하기 위한 수치사진측량의 목적은 종래의 해석적 사진측량과 다를 바 없다. 해석적 사진측량에서 필름, 사진기, 입체도화기 대신에 수치사진기, WorkStation 혹은 PC가 수치사진측량에서 활용되고 있다. 종래의 해석적 사진측량은 거의 모든 과정에서 입체도화기의 도화사와 같은 고도의 숙련이 요구되나 수치사진측량의 기법들은 작업자에 대한 의존도를 줄일 수 있는 장점이 있다. 수치사진측량에서의 장점은 행렬 수에 근거한 화소의 밝기값을 컴퓨터 알고리즘에 의해 거의 실시간으로 추출할 수 있어 측정의 자동화가 가능하게 되었으나 작업자의 역할을 완전히 배제할 수는 없다.

수치영상 기술과 수치사진측량의 발전은 산업적인 측

\*충청대학 국토개발학부 부교수

\*\*충청대학 국토개발학부 조교수

\*\*\*충남대학교 대학원 박사과정

정, 고고학, 건축, 우주, 의학, GIS의 자료갱신, 항공지도 제작, 근접사진측량 및 법적인 근거자료 등 광범위한 분야에 유용하게 응용되고 있다. 산업분야의 응용으로는 Robson(1996)의 터빈 날개 측정, Kochi(1996)의 열차 표면 특징 관측, Petran(1996)의 물리적인 모형으로부터 역진장치 측정 등 다양하다. 의학분야에서는 CCD 카메라뿐만 아니라 X-ray와 다른 의학적인 센서를 이용한 영상 등이 이용된다. Gabel(1996)은 성형수술 후의 부드러운 조직의 변화를 측정하였으며 Hoflinger(1996)는 치아 교정기간 혹은 후의 위치 측정 등에 사진측량을 이용하였다. 최근에 Fryer와 McIntosh는 정적인 대상물에 대한 저해상력의 다중영상을 수치기법으로 강화함으로써 영상의 해상력을 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다.

본 연구에서는 가격이 저렴한 디지털 카메라로 영상을 획득하고, 다중 수치영상을 최소제곱방법에 의한 영역정합 기법으로 정합하여 화소의 이동량과 회전량을 결정함으로써 수치영상의 해상도를 강화시키는데 목적이 있다.

## 2. 수치사진측량

CCD와 같은 영상센서는 반도체 기술을 이용한 것으로 이와 같은 기술은 개인용 컴퓨터에 이용되고 있다. CCD 센서는 입사광선을 전자로 바꾸어 저장하는 장치로 센서는 화소라는 여러 개의 작은 조각으로 나누어져 있다. 각 화소의 밝기값이 저장되면 기록계와 동시에 녹음된 신호의 시스템을 이용하여 아날로그 부호로 바꾼다. 아날로그 부호는 각 화소에 대한 밝기값을 불연속적으로 수집한 것이고 밝기값은 주어진 위치에서 센서에 들어오는 입사광선의 양을 나타낸다.

아날로그 비디오 사진기는 프레임 그래픽에 의해 사진기에서 외적으로 발생하는 아날로그 신호를 수치화 한다. 수치스틸 사진기는 신호가 즉시 수치화 되고 사진기 내부에서 수치영상으로 저장되어 처리과정이 내부적이다. 해상도가 낮은 수치스틸 사진기는 가격이 저렴하지만 최근에 개발된 고해상도의 센서들은 고가이다.

수치영상 시스템은 개인용 컴퓨터에 연결된 수치스틸 사진기의 기본 시스템으로부터 위성영상과 같이 더욱 복잡한 영상 플랫폼까지 상당히 다양하다. 수치스틸 사진기의 가격은 떨어지고 있으나 영상획득 시스템의 기억 용량 때문에 아직 많은 제약을 받고 있다.

소프트웨어는 수치영상 자료를 처리하는데 매우 효율적이다. 영상정합의 경우 소프트웨어의 알고리즘은 아주 중요한 요소이다. 정합 알고리즘은 수치지형모델을 자동으로 생성할 수 있어 수치사진측량에 이용된다. 영상정합은 내부표정에서 자동으로 지표의 위치를 찾고 상호표정에서 시차를 소거하는데 이용된다. 영상정합은 2가지 방법이 있다. 즉, 특징에 의한 정합과 영역에 의한 정합이 있다. 특징에 의한 정합은 영상에서 두드러진 특징을 발견하고, 수학적인 항목에서 이들 특징을 묘사하는 것과 영상이 정합된 동일한 요소가 2가지로 묘사되는지를 결정하기 위한 것이다. 영역에 의한 정합은 정합된 영상에서 상응하는 창 사이의 가장 일치된 점을 찾는 것이다. 이 방법은 두 영상 사이의 이동과 회전의 양을 결정하는 것으로 특징에 의한 정합보다 더 정확하기 때문에 사진측량의 응용에 더 적합하다. 영역에 의한 정합의 한 가지 방법은 정합과정에서 포함되는 변수를 최소제곱법으로 푼다. 최소제곱법에 의한 정합은 정합하고자 하는 영상의 기준영역과 탐색영역의 밝기값을 이용하여 관측방정식으로 나타내고 두 영상의 밝기값의 차를 최소화 하는 조건을 사용하는 방법이다. 기본적인 최소제곱방법의 알고리즘에서 정합영역과 탐색영역은 각각의 반복에 앞서 동일한 평균과 분산을 가지도록 표준화 되어진다. 계산은 변이량의 크기를 무시할 수 있을 때까지 반복되어지고 최소제곱방법에서는 시차의 정확도를 직접 평가할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 최소제곱방법에 의한 영상정합은 대응점을 부화소 수준까지 결정하므로 다른 방법에 비해 정확한 방법으로 알려져 있으나 계산에 많은 시간이 소요되고 정합을 위한 탐색영역의 초기위치가 정확하게 예측되어야 한다는 단점이 있다.

수치사진측량이 효과적으로 응용될 수 있으나 영상의 해상력에 의해서 종종 제약을 받으므로 수치사진측량에서 비용과 해상력의 관계는 매우 중요한 함수이다. 고해상력 센서는 상업적으로 이용할 수 있으나 가격이 고가이고 휴대가 불편하기 때문에 그 활용에 제약을 받는다. 또한 해상력이 낮은 영상은 해상력이 높은 영상에 비해 상대적으로 가격이 저렴하나 요구정확도에 문제가 있다.

## 3. 영상강화

영상의 해상력을 강화시키기 위한 방법은 하드웨어를

이용한 방법과 소프트웨어를 이용한 방법으로 나눌 수 있다. 하드웨어를 이용한 수치영상의 해상력 강화 방법에는 여러 가지가 있는데 부화소 수준인 CCD 장치의 정확한 움직임에 근거를 두고 있다. Lenz(1993)는 해상력을 강화하기 위한 방법으로 마이크로 스캐닝을 언급하였고, 매크로 스캐닝도 논의하였으며, 원래 영상과 동일한 해상력을 갖는 큰 수치영상을 만들어 수치영상을 모자이크하는 것도 포함되어 있다. 이들 방법들은 ProgRes 3000 사진기에서 동시에 결합되고 사용되어 질 수 있다. Wiman에 의한 또 다른 해상력 강화법은 스캐너가 처음 영상으로부터 부화소로 전환하는 항공사진의 여러 가지 영상을 획득하기 위하여 사용되었다. Jensen은 영상의 부화소 수준내에서 경계를 결정하는 것에 의해서 수치 스틸 영상의 해상력을 강화하는 비선형 보간법을 발표하였는데 이 방법은 다른 강화방법에 비해 많이 사용되었다. Long, Hardin과 Whiting은 우주중계안테나를 이용하여 지표면의 해상력이 강화된 레이더 영상을 생성하기 위한 방법을 발표하였다. 비록 강화된 자료가 사진측정학에서 사용되는 일반 영상과 구별된다 하더라도 그 방법은 가치를 인정받고 있다. 서로 다른 시간에 안테나를 측정하는데 있어 공간적인 중복도를 활용하는 영상 재구성 기법에 근거하여 최소제곱해가 사용되고 최종 해상력의 한계는 중복도와 노이즈 수준의 측정 조합에 의해서 결정된다. Long에 의해서 제기된 팔목할 만한 점은 해상력이 증가되므로써 결과 영상에서 노이즈가 증가된다는 것이다.

본 알고리즘은 해상력이 낮은 다중 수치영상을 최소제곱 정합방법 중 영역정합 기법에 의하여 영상을 강화하므로써 해상력이 높은 영상을 산출하는 방법이다. 즉, 원시영상들간의 이동량과 회전량을 최소제곱정합방

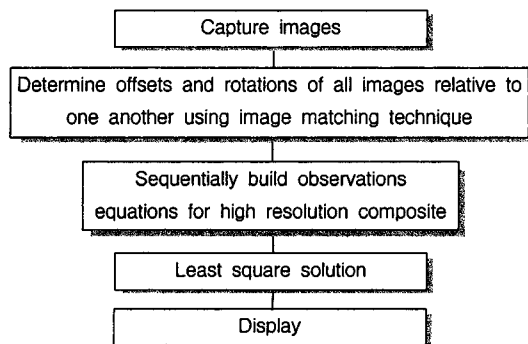


그림 1. 영상강화 흐름도

법으로 결정하고 각 영상의 밝기값과 강화비를 변수로 하여 형성한 관측방정식의 해를 구하므로써 새로운 밝기값을 생성하는 방법이다. 강화비는 Nyquist 주파수의 표본추출 이론에 따라 유도되어지며 2.0 이상 될 수 없으므로 그 범위는 1.1에서 1.9까지이다. 이때 강화비는 입력 영상의 화소수에 대한 출력되는 고 해상력 화소의 수를 의미한다. 즉, 입력영상의 화소수와 출력영상의 화소수에 대한 비율이다. 원시영상으로부터 밝기값, 강화비 및 지거를 이용하여 관측방정식을 형성하고 이 방정식으로부터 해상력이 향상된 밝기값을 구하면 된다.

다음은 알고리즘에 이용된 방법들의 한 예이다. 이는 1차원의 극히 간단한 경우로 최소제곱법을 위한 정규방정식의 형성과정을 나타낸 것으로 다음과 같다.

$X_i$ 를 최소제곱해에서 고해상력 영상소의 미지 밝기값으로 가정하고 두 개의 원시영상으로부터 이들 미지수를 결정하는 과정을 고려한 것이다. 결과영상소와 원시영상소의 비는 3:2로 가정한다. 여기서 가정한 비는 3개의 결과영상소의 길이와 2개의 원시영상소 길이가 같음을 의미하는 것이며 원시영상 1에서 첫 번째 영상소와 결과영상의 첫 번째 영상소가 일치하였다고 가정한다.

결과영상소의 좌표는 모든 원시영상이 정합되고 상대적인 이동량이 결정될 때까지 미지값이다. 원시영상사이의 이동량은 영역기반정합기법에 의해 결정되며 결과영상소의 단위길이는 강화비율에 의해서 결정된다. 여기서, 강화비는  $\xi$ 로 표시하고 3:2로 가정하였다. 이 방법에서 관측방정식은 각 원시영상소에 대해 세워질 수 있다. 원시영상 1에서 각 영상의 밝기값을  $C_1, C_2, C_3, C_4$ 로 표시하고, 원시영상 2에서 각 영상의 밝기값은  $C_5, C_6, C_7$ 으로 표시한다. 중복도와 강화비를 고려한 관측방정식은

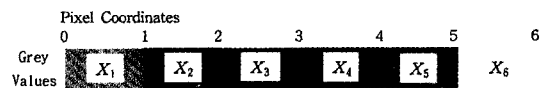


그림 2. 결과영상의 화소좌표

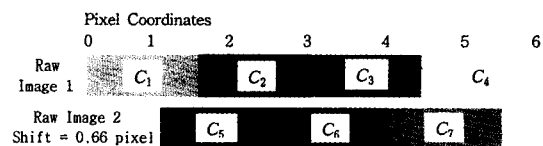


그림 3. 원시영상의 화소좌표

다음과 같이 구성되어진다.

$$C_1 = \left( X_1 + \frac{1}{2}X_2 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_2 = \left( \frac{1}{2}X_2 + X_3 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_3 = \left( X_4 + \frac{1}{2}X_5 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_4 = \left( \frac{1}{2}X_5 + X_6 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_5 = \left( X_2 + \frac{1}{2}X_3 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_6 = \left( \frac{1}{2}X_3 + X_4 \right) \times \xi^{-1}$$

$$C_7 = \left( X_5 + \frac{1}{2}X_6 \right) \times \xi^{-1}$$

이 관측방정식의 풀이는 최소제곱법을 이용하게 되며 이는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$[C] = [A] [X] \quad (2)$$

여기서 [C]는 원시영상소의 밝기값이고 [X]는 결과영상소의 밝기값이며, [A]는 계수행렬이다. 이 경우  $\xi^{-1} = \frac{2}{3}$ 이다.

$$[A] = \xi^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1 \\ 0 & 1 & 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1/2 \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \end{bmatrix} \quad (3)$$

방정식의 해

$$[X] = [A^T A]^{-1} \times [A^T C] = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)와 같이 계산된다.



그림 4. Kodak DC210 Plus Zoom Camera

## 4. 영상강화 실험

### 4.1 실험 I

본 실험에서 원시영상의 획득을 위해 사용한 그림 4의 Kodak DC210 Plus Zoom Camera는 고해상도의 경우 1152×864화소, 표준해상도의 경우 640×480화소의 영상 해상도를 가진다. 촬영에 의해 획득된 영상은 FLASH PIX 또는 JPEG 형식으로 카메라 자체내, 또는 PCMCIA카드에 저장된다. 이렇게 획득된 영상은 컴퓨터로의 다운로드를 위해 PHOTO EASY SOFTWARE를 이용하게 되는데 영상의 간단한 핸들링과 이용목적에 따른 파일의 형식변환이 가능하며 획득된 모든 영상을 디스플레이하므로써 사용자가 요구하는 영상을 선택하여 이용할 수 있도록 고안되어 있다. 특히 본 시스템은 영상을 촬영, 삭제 그리고 노출을 보정할 수 있는 캡처(Capture)모드, 촬영 영상을 디스플레이 하기 위한 리뷰(Review)모드, 카메라의 각종 설정을 수정하기 위한 프리퍼런스(Preference)모드 그리고 촬영한 영상을 컴퓨터로 전송을 위한 연결(Connect)모드 등의 기능을 포함하므로써 사용자들로 하여금 간편하게 영상을 획득할 수 있도록 되어 있다.

강화영상의 획득을 위해서는 다중영상간의 정확한 이동량과 회전량을 결정할 수 있어야 한다. 본 기법에서는 영상들간의 이동량 결정을 위해 최소제곱정합기법을 이용하였다. 최소제곱정합기법은 밝기값을 기본으로 정합하는 기법으로 다양한 밝기값의 변화를 가지는 영상에서 보다 정확한 정합결과를 산출할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 다양한 밝기값 정보를 포함할 수 있는 그림 5의 대상물을 선정하였다.

영상은 0.6 m의 촬영거리에서 획득하였으며, 실 스케일에서 1화소 이하로 카메라를 이동하여 그림 5의 대상물에 대한 4개의 다중영상을 획득하였다.

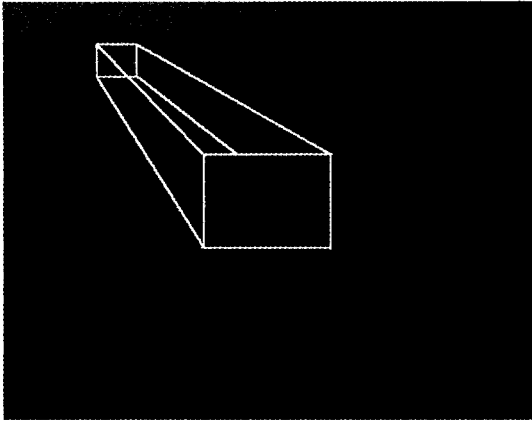


그림 5. 대상물

본 연구에서는 강화기법에 의해 영상의 향상되는 정도를 보다 명확히 알아볼 수 있도록 표준해상도(640×480 화소)로 카메라를 설정하였으며 PHOTO EASY SOFTWARE를 이용하여 영상을 직접 다운로드 하였다. 그리고 강화기법에 보다 효과적으로 적용하기 위해 영상포맷을 BMP형식으로 변환하여 사용하였다. 이렇게 획득한 영상들은 관측방정식의 풀이에 있어 상당한 시간을 소요하게 되며 큰 저장공간을 필요로 하게 되므로 전체영상 중 관심영역만을 선택하여 강화기법에 적용하였다. 이때, 샘플링 영상의 크기는 44×32 화소로 한정하여 원시영상으로부터 4매의 영상을 획득하였으며 그림 6은 위의 과정을 거쳐 획득한 샘플링 영상을 나타낸 것이다.

획득한 샘플링 영상들은 영상강화기법에 적용하므로써 해상도가 향상된 영상을 획득할 수 있게 된다. 강화기법에의 적용을 위해서는 초기변수인 입력영상수와 강화비, 그리고 노이즈의 수준을 결정해야 한다. 입력영상은 3매



그림 6. 샘플링 영상

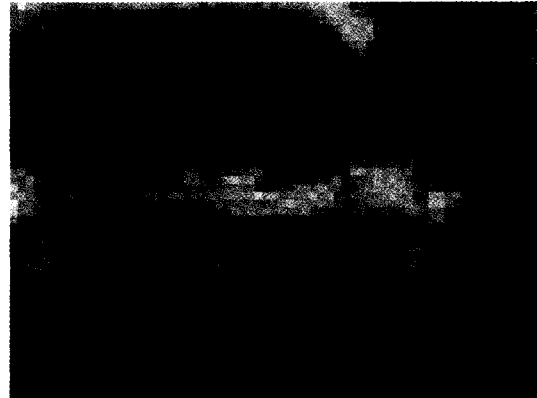


그림 7. 결과영상

이상을 설정할 수 있도록 구상되어 있으나 데이터의 처리시간과 입력 밝기값 정보의 수를 고려하여 4매로 한정하였다. 강화비는 강화알고리즘에 의한 화소의 증가비를 나타내는 것으로서 강화영상의 해상도를 결정하는 핵심적인 요소이다.

본 실험에서는 강화기법에 의한 해상도의 향상정도를 관찰하기 위한 것이므로 노이즈의 요소는 적용하지 않았다.

그림 7은 원시영상을 강화비 1.5로 강화했을 경우의 결과영상을 나타낸 것이다. 샘플링한 44×32 화소의 원시영상을 강화비 1.5로 강화하므로써 67×50 화소의 결과영상을 얻을 수 있었다. 강화비가 1.5인 경우 1차원 선형에서는 원시영상에서 2개의 화소가 결과영상에서 3개의 화소로 강화되고, 2차원 면적에서는 원시영상에서 4개의 화소가 결과영상에서 9개의 화소로 강화되는 것이다. 결국, 단위 면적당 화소의 수가 2배 이상 늘어남에 따라 거칠게 느껴졌던 원시영상은 보다 세밀한 영상으로 강화되어 해상력이 향상되었음을 알 수 있다. 따라서 가격이 비싼 장비에 의존하지 않고 수학적 알고리즘에 의하여 영상의 해상력을 강화시킬 수 있었으므로 좀더 경제적인 기법에 의한 영상개선이 가능하게 되었다.

#### 4.2 실험 I

최소제곱정합기법은 밝기 값을 기본으로 정합하는 기법으로 다양한 밝기 값의 변화를 가지는 영상에서 보다 정확한 정합결과를 산출할 수 있으므로 본 연구에서는 밝기 값의 정보가 다양하게 나타날 수 있는 그림 8과 같은 항공사진을 스캔하여 본 알고리즘의 적용타당성을

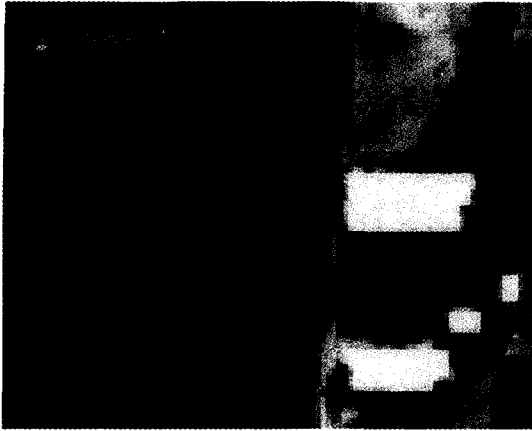


그림 8. 원시 영상

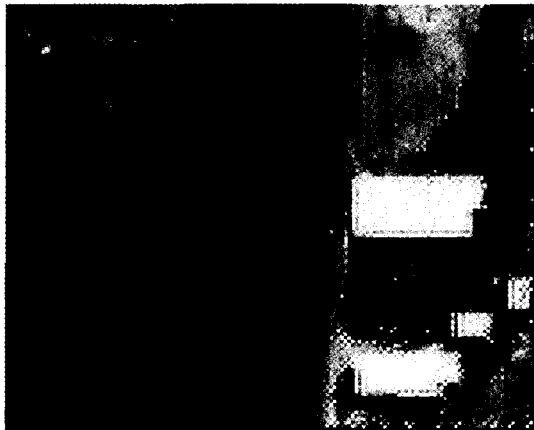


그림 9. 강화된 영상

검증하고자 4개의 원시 영상을 획득하였다.

본 연구에서는 강화기법에 의해 영상의 향상되는 정도를 보다 명확히 알아볼 수 있도록 영상 포맷을 BMP형식으로 사용하였다. 이렇게 획득한 영상들은 관측방정식을 푸는데 상당한 시간을 요하게 되며 큰 저장공간을 필요로 하게 되므로 전체영상 중 관심영역만을 선택하여 강화기법에 적용하였다.

그림 9는 해상력이 낮은 4개의 영상을 합성하여 고해상력의 영상을 획득한 것이다. 영상의 해상력이 향상되었음을 한눈에 알아 볼 수 있다. 샘플링한 원시영상을 강화비 1.5로 강화하므로써 해상도가 향상된 결과영상을 얻을 수 있었다. 단위 면적당 화소의 수가 2배 이상 늘어남에 따라 거칠게 느껴졌던 원시영상은 보다 세밀한 영상으로 강화되어 해상력이 향상되었음을 알 수 있다. 그러므로 가격이 비싼 장비에 의존하지 않고 수학적인

알고리즘에 의하여 영상의 해상력을 개선시킬 수 있었으므로 좀더 경제적인 방법에 의한 고 정확도의 영상해석이 가능하게 되었다. 또한 낡은 사진의 재생, 범죄수사의 법적인 근거자료 확보, 문화재, 회화 등의 기록, 보존, 복원 및 관리 등 그 활용범위가 매우 광범위하다.

따라서 본 수치해법을 이용할 경우 하드웨어에 의한 방법보다 매우 저렴한 비용으로 영상을 강화하므로써 가격 경쟁력이 있는 수치사진측량이 가능할 뿐만 아니라 각종 산업분야에 활용이 기대된다.

획득한 샘플링 영상들은 영상강화기법에 적용하므로써 해상도가 향상된 영상을 획득할 수 있게 된다. 강화기법에의 적용을 위해서는 초기변수인 입력영상수와 강화비, 그리고 노이즈의 수준을 결정해야 한다. 입력영상은 3배 이상을 설정할 수 있도록 구성되어 있으나 데이터의 처리시간과 입력 밝기 값 정보의 수를 고려하여 4배로 한정하였다. 강화비는 강화알고리즘에 의한 원시영상과 결과영상의 화소의 증가비를 나타내는 것으로서 강화영상의 해상도를 결정하는 핵심적인 요소이다.

## 5. 결 론

가격이 저렴한 수치사진기를 이용하여 해상력이 낮은 다중영상을 획득하고, 최소제곱방법에 의해 정합하여 수치영상의 해상도를 강화한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 저 해상력 다중영상을 최소제곱방법으로 정합하여 이동량과 회전량을 결정하므로써 영상의 해상력을 크게 향상시킬 수 있었다.
2. 가격이 저렴한 수치사진기로 영상을 획득하고, 소프트웨어 해법으로 영상의 해상력을 향상시킴으로써 고가 장비에 대한 의존도를 줄이므로써 보다 경제적인 수치사진측량이 가능할 것으로 기대된다.
3. 산업적으로 안전하게 활용되고 사진측량 분야에 커다란 이익이 될 수 있도록 그 수용범위를 확대시키기 위해서는 추후 킬라영상이나 대용량 영상의 처리를 위한 알고리즘 등 수치기술을 보완한다면 보안산업, 법의학, 산업분야 등에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 논문은 1999년도 한국과학재단 특정기초연구(과제

번호 1999-2-311-003-2)의 연구비 지원에 의해 수행된 과제의 일부로서 본 연구를 지원해준 동재단에 깊이 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Chikatsu, H., et al, "A study on real-time photogrammetry for archaeological sites using wireless CCD camera", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 82-87.
2. El-Hakim, S, et. al, "Two 3-D sensors for environment modeling and virtual reality : calibration and multi-view registration", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 140-146.
3. Fraser, C., et al, "Multi-sensor system self-calibration", SPIE, 2598, 1995, pp. 2-18.
4. Hoflinger, W., "Digital stereophotogrammetric solution for orthodontics", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 247-252.
5. Incremona, A. "The search for Amelia Earhart : Image detection uncovers new clues", Advanced Imaging, 11(1), 1996, pp. 30-32.
6. Lenz, R. and Lenz, U., "New developments in high resolution image acquisition with CCD area sensors", Optical 3-D Measurement Techniques II, Wichmann, Zurich, 1993, pp. 53-62.
7. Jensen K. and Anastassiou, D., "Subpixel edge localization and the interpolation of still images", IEEE Transaction of Image Processing, 4(3), 1995, pp. 285-295.
8. Kochi, N. et. al., "A new system of surface measurement", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 76-81.
9. Long, D., et. al, "Resolution enhancement of spaceborne scatterometer data", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 31(3), 1993, pp. 700-715.
10. Petran, F. and Krzystek, P., "CAD-based reverse engineering with digital photogrammetry", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 475-480.
11. Robson, S. and H. Setan, "The dynamic digital photogrammetric measurement and visualisation of a 21m wind turbine rotor blade undergoing structural analysis", ISPRS, 31(B5), 1996, pp. 493-498.
12. Russ, J., "The image processing hand-book", 2nd edn., CRC Press, London, 1995, 674 pages.
13. Seitz, P., et. al, "From pixel to answers- recent developments and trends in electronic imaging", ISPRS, 30(5W1), 1995, pp. 53-59.
14. Wiman, H., "Improvement of digital image resolution by oversampling", Photogrammetric Reports No. 57, Department of Photogrammetry, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1993, 5pages.
15. John G. Fryer, Kerry L. McIntosh, "Digital image enhancement using photogram-metric techniques", 1st trans tasman surveyors conference, technical papers, 1997, pp. 37.1-37.9.
16. Kerry McIntosh, John Fryer, "Application of Resolution Enhancement Algorithm to Close-Range Surface Modelling", international society for photogrammetry and remote sensing, international symposium, hakodate, Japan, 1998, pp. 117-123.
17. Mark R. Shortis, Stuart Robson, Horst A. Beyer, "Extended Lens Model Calibration of Digital Still Cameras", international society for photogrammetry and remote sensing, international symposium, hakodate, Japan, 1998, pp. 159-164.
18. Beyer, H.(1996), Performance of digital photogrammetry-automation and accuracy. Paper distributed at 18th ISPRS conference, Vienna, Austria, July 9-19th, 1996.
19. Won-Jin Oh, Harvey L. Mitchell & Eric Kniest, "Experience with microscope digital photogrammetry", international society for photogrammetry and remote sensing, international symposium, hakodate, Japan, 1998, pp. 128-131.
20. Won-Jin Oh, John G. Fryer & Kerry L. McIntosh, "An enhancement algorithm for digital photogrammetry : precision and accuracy", the australian surveyor, Vol. 43, No. 1, pp. 43-49.
21. 강준목, 오원진, 배연성, 엄대용, "다중영상을 이용한 영상강화기법의 정확도 분석", 대한토목학회 학술발표회 논문집, 4권, 1998, pp. 447-450.
22. 오원진, 한승희, "저해상력 영상의 강화기법", 대한토목학회 학술발표회 논문집, 4권, 1998, pp. 415-418.
23. 오원진, 강준목, 엄대용, "다중영상 강화에 의한 고해상도 수치영상 획득", 한국측지학회지, 17권, 2호, 1999, pp. 167-176.
24. 오원진, 윤희천, 한승희, 배연성, "수치영상의 해상도 강화에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표논문집, 1999, pp. 461-464.
25. Won-Jin, Oh, H., L., Mitchell, H., T., Kniest, "Digital Photogrammetry and Microscope Photographs", Photogrammetric Record, Vol. 16, No. 94, 1999, pp. 695-704.