

# 수치항공사진측량의 최적화 방안 연구

## Optimal method of digital photogrammetry

이정화 (모스크바 국립측지대학 연구원)

Lee, Jung-Hwa

### 要 旨

수치항공사진측량법은 지속적인 컴퓨터공학의 발전으로 인해 측량분야에 있어 발전적인 방법중의 하나로 대두되었다. 현재의 수치항공사진측량은 많은 측정장비와 검사법을 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 하지만 자동화의 측면에서 볼 때 완전히 개발된 상태라고 할 수는 없다. 기존의 항공사진측량 순서에 따른 작업흐름은 지상기준점 측량, 판독 및 지적정보취득 등 외업의 작업량에 따라 지연되어진다. 이에 공정의 간소화를 연구함으로써 수치도화법 경제적 활용가능성을 타진할 수 있다. 이에 본 연구는 새로운 작업흐름 개발과 알고리즘 연구에 초점을 두었다. 본 연구결과 경제적인 비용 절감과 지형 및 지적도 제작의 기술증진에 의 효과를 얻을 수 있다.

### ABSTRACT

Digital photogrammetry is one of the powerful tools for surveying in more perceptual ways and exploiting the continuously developing computer technology. Nowadays, digital photogrammetry is being used for a number of industrial measurements and inspections but the automation aspect of this technique is not fully developed yet. Photogrammetric work, which is obtained through usual workflow, delays for a big amount of CGP surveying, interpretation and cadastral information. Therefore through studying ways of reducing the volume of photogrammetric works, financial opportunities for digital photogrammetry can be found. This research is focused on the development of the new workflow and study algorithm in digital photogrammetry. Using this result we can reduce financial expenses and improve technologies of topographic and cadastral plans creation.

## 1. 서 론

항공사진측량법은 기존 측지측량법과 비교 시 고생산성과 저비용이라는 특징을 가지고 있어 현재 지적 및 지형도 제작에 항공사진측량법의 활용이 증가되고 있다. 지형공간정보체계에 있어 데이터의 형태와 구조가 복잡해지고 방대해 짐에 따라 다양한 데이터 수집 및 처리기법의 필요성이 대두되고 있다. 이와 관련되어 지형 및 측지측량 시 수치항공사진측량법을 이용한 수치정사사진제작 및 지형공간정보의 벡터화에 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다.

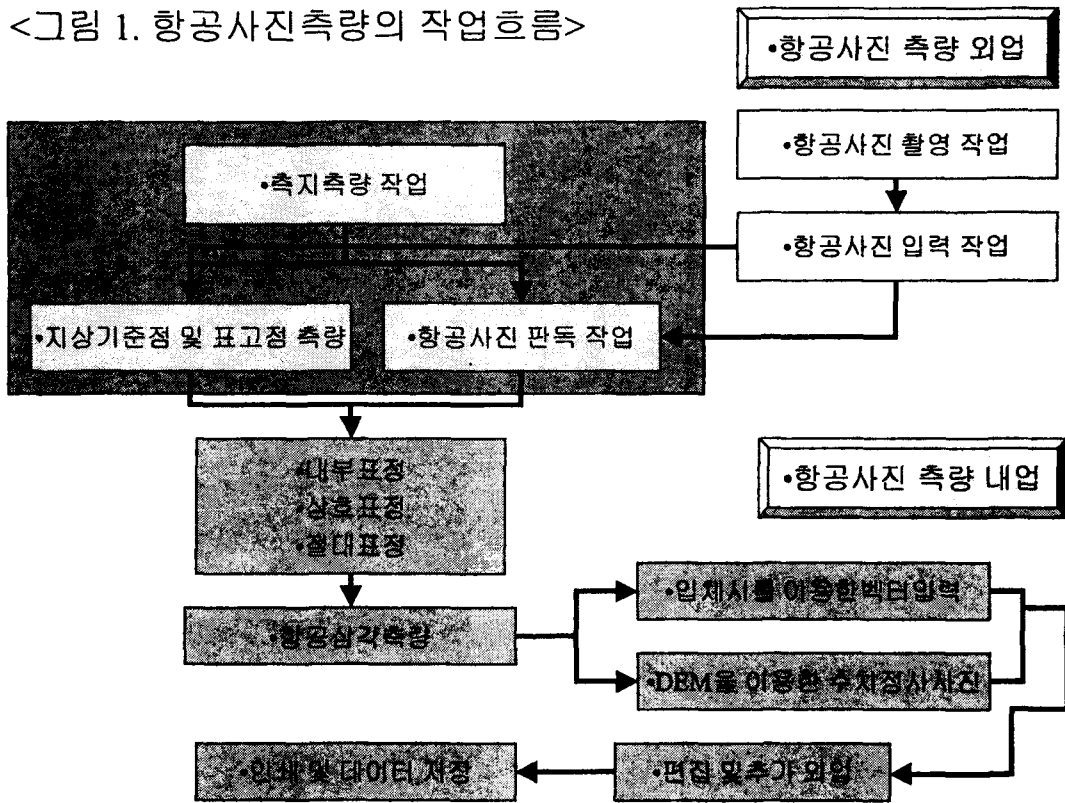
수치항공사진측량법은 지속적인 컴퓨터공학의 발전으로 인해 측량분야에 있어 발전적인 방법중의 하나로 대두되었으며 현재 수치항공사진측량은 많은 측정장비와 검사법을 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있다.<sup>1)</sup> 하지만 자동화의 측면에서 볼 때 완전히 개발된 상태라고 할 수는 없다. 수치항공사진측량법 공정은 고생산성과 수치도화로의 전환에 따른 장점에도 불구하고 자동화되지 않은 부분에 대한 작업량은 방대하다고 할 수 있다. 특히 지상기준점 및 지적정보수집 부분에 있어서의 작업은 외업이 주가 되는 업무이므로 막대한 양의 인력과 경비가 소요된다.

수치항공사진측량법 역시 기존 항공사진측량법과 마찬가지로 외업의 지연은 내업의 지연과 연관되며 이러한 작업의 지연은 경제적 손실과 직결되어 진다. 이에 공정의 간소화를 모색하여 수치도화법 경제적 활용가능성을 타진하고 또한 기존 항공사진측량법의 작업공정에서 탈피 새로운 작업 시스템을 연구함으로써 외업과 내업의 자율성을 확보하며 작업지연에 따른 효율성 감소를 최소화하는 방안을 검토하였다.

## 2. 연구내용

일반적으로 사용되는 수치항공사진측량법의 작업 흐름은 그림 1에 보는 바와 같다. 그림 1에서 알 수 있듯이 기존의 작업흐름은 기준점 측량이 선행되며 이러한 점들의 데이터를 확보한 상태에서 항공삼각측량 실시가 가능하다. 결국 기준점 측량에 소요되는 기간은 전체 도화작업에 있어 지연요소로 대두된다. 또한 수치정사사진 및 벡터입력 시 작업의 정확도를 높이는 부가작업이 실시되는데 이 또한 작업의 지연요소로 나타난다. 이에 본 연구에서는 기준점의 데이터 없이 항공삼각측량을 실시하여 수치정사사진 및 벡터입력의 작업을 수행하며 이미 작성된 수치정사사진의 자료와 벡터입력작업을 재조정하는 방법에 관하여 연구하였다.

<그림 1. 항공사진측량의 작업흐름>



<그림 2. 항공삼각망 재조정을 이용한 작업흐름>

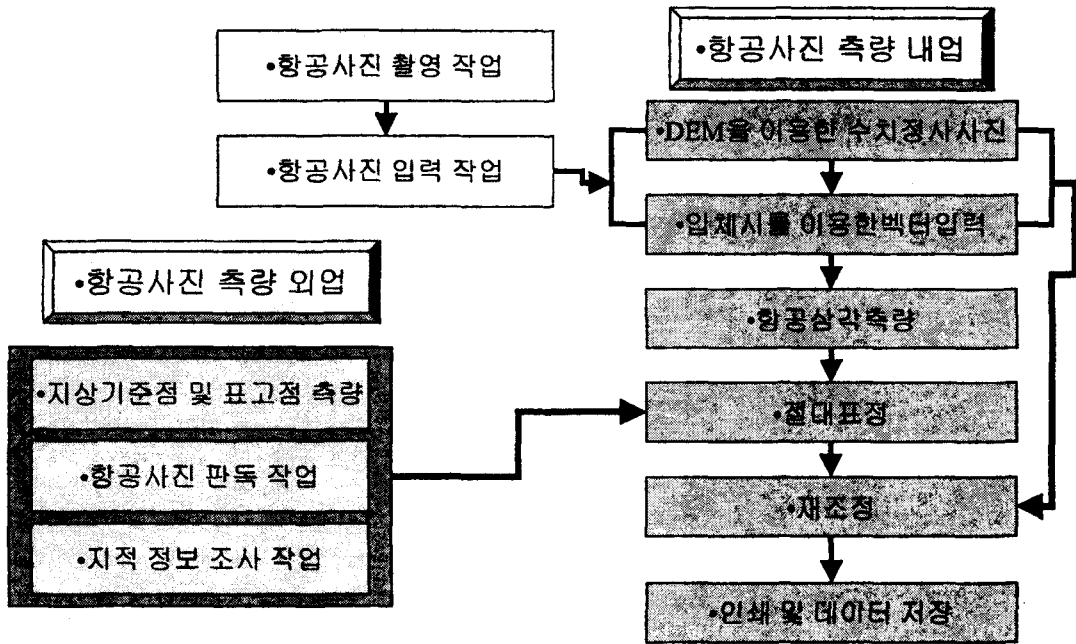


그림 2에서는 그림 1과 달리 표정점 측량 결과 없이 항공삼각측량을 실시하여 결과를 얻는 새로운 구조의 작업흐름을 보여준다. 또한 부가작업수행과 병행하여 자료를 입력시킬 수 있다는 점을 알 수 있다. 이러한 작업이 가능할 시 항공사진의 내업은 외업의 진척도와 상관없이 작업의 진행이 가능하게 되며 이에 따른 공기의 단축이 가능하게 된다. 즉 외업과 내업의 자율성이 보장된다 하겠다.

본 연구에서는 효과적인 항공삼각측량을 위하여 독립모델법 (Independent model triangulation)을 사용하였으며 여기서 사용되는 좌표와 축척은 유사치를 사용하였다. 이때 항공삼각측량의 검증은 유사치로 구성된 독립모델 좌표 상의 중첩지역에 위치한 점의 입체 시 작업을 통하여 좌표측정으로 검증한다. 이와 같이 구성된 항공삼각망의 자료는 기준점 측량 및 지형, 지적 정보 취득작업 시 항공사진을 밀착인화 할 필요 없이 항공사진 자료를 일반 프린터로 프린트하여 사용할 수 있다.

항공삼각측량 후 기준점의 측량 결과를 입력하여 절대표정 값을 알아내고 획득되어진 절대표정 값을 이용하여 재조정을 실시한다. 이때 절대표정은 지상기준점을 이용 공선조건식에 대입하여 항공사진의 촬영당시 카메라의 절대위치 및 자세를 모델링함으로써 이루어진다.<sup>2)</sup> 여기서 항공사진측량좌표상의 원점 0의 좌표(  $X_0, Y_0, Z_0$  ), 원점 0 좌표에 대한 지상좌표계에서의 편차 (  $\Delta X_G, \Delta Y_G, \Delta Z_G$  ), 모델점의 항공사진측량좌표상의 좌표(  $X, Y, Z$  ), 모델의 축척계수( $t$ ) 그리고 회전행렬(  $a_i, b_i, c_i$  )로 이루어진 조건식은 다음과 같다.<sup>3)</sup>

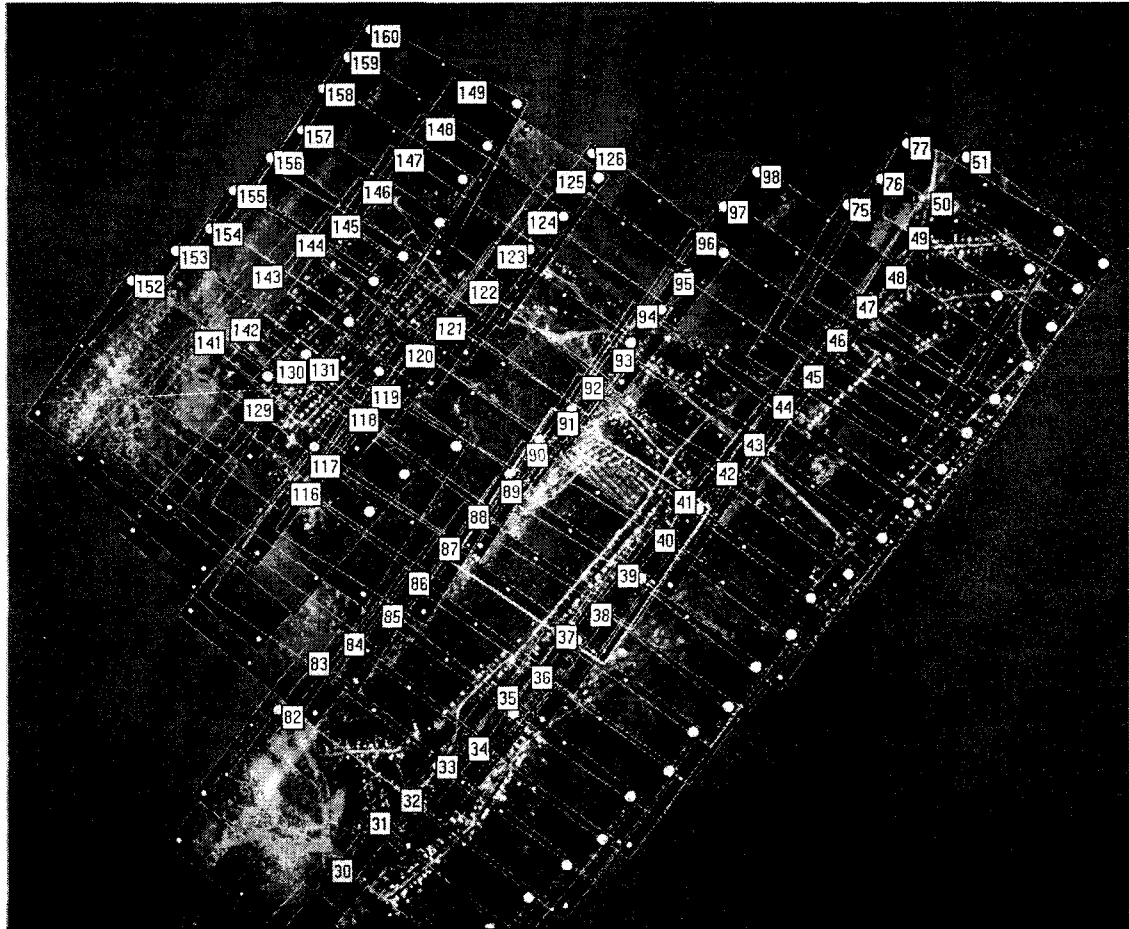
$$\begin{aligned} X_G &= X_G + \Delta X_G = X_0 + ( a_1X + a_2Y + a_3Z )t \\ Y_G &= Y_G + \Delta Y_G = Y_0 + ( b_1X + b_2Y + b_3Z )t \\ Z_G &= Z_G + \Delta Z_G = Z_0 + ( c_1X + c_2Y + c_3Z )t \end{aligned}$$

### 3. 연구내용에 관한 실험 및 결과

#### 3. 1. 실험지역 및 항공사진획득

본 연구는 연구대상지역으로 1:3000 축척의 항공사진으로 1: 500 지형도를 작성하기 위하여 러시아 내의 540 헥타에 이르는 면소재지 단위의 지역 선정하였다. 사진촬영 시 카메라 초점거리 100 mm 인 러시아제 AFA-TE 항공사진기를 사용하여 항공사진 촬영을 하였다. 항공사진 촬영

시 주어진 중첩율은 평균 종중첩율(end lap) 70% 횡중첩율(side lap) 20 - 70% 이다. 그림 3은 대상지역의 중첩된 모습을 볼 수 있다.



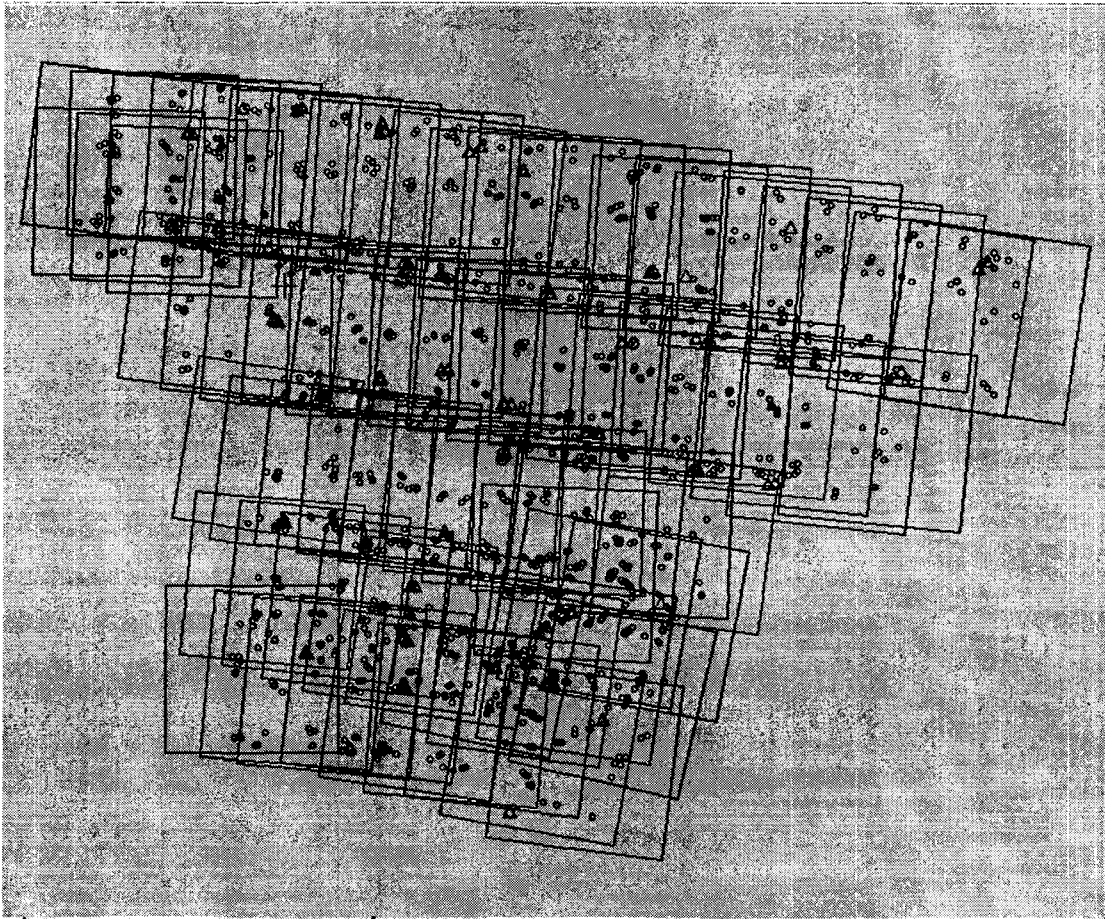
<그림 3. 실험지역의 항공사진>

일반적으로 항공사진원판 스캐닝에는 고밀도 전문스캐닝을 필요로 한다. 따라서 항공사진의 입력작업은 Geosystem 사의 전문 스캐너를 사용하였으며 이용된 스캐너는 Delta로 해상도 16  $\mu\text{m}$ 를 나타낸다. 일반적으로 항공사진의 입력은 스캐닝한 영상의 변위와 기하학적 고도의 정밀도를 얻기 위해서 원판에 대한 래스터 이미지를 알고리즘을 통해 보정하는 방법을 사용한다. 본 연구에서는 스캔된 항공사진의 래스터이미지 왜곡을 제거하기 위하여 러시아 RACURS사의 ScanCorrect 프로그램을 이용하였다. ScanCorrect 프로그램에서는 affine 변형을 이용하여 왜곡을 보정하는 자체 알고리즘을 사용하고 있으며 정밀도는 약 1  $\mu\text{m}$  이다.

### 3. 2. 사용장비 및 작업방법

본 연구에서는 레스터 이미지로 입력된 항공사진 원판의 도화를 위하여 수치입체도화기인 러시아 RACURS사의 Photomod AT를 사용하였다. 이 장비는 항공삼각측량 프로그램으로 입체시 (anaglyph 및 shutter glasses)를 지원하며 항공삼각측량, DEM 을 이용한 수치정사사진제작 및 벡터편집이 가능하며 GIS 및 CAD 시스템과의 호환이 가능하다.

앞서 기술한 바와 같이 항공삼각측량에는 독립스트립법 (Independent strips method)을 사용하였으며 여기서 사용되는 좌표와 축척은 유사치를 사용하여 절대표정에 구애를 받지 않는 자유모델을 구축하였다. 그림 4 는 유사치를 이용한 실험지역의 자유모델의 항공삼각측량망 구성을 보여주고 있다.



<그림 4. 항공삼각측량망 구성>

또한 표 1 은 위 모델에서 임의로 표본 점을 추출하여 구한 오차를 표시한다. 항공삼각망의 오차는 허용치를 초과하지 않았다. 이때 사용된 표

본 점의 개수는 800 여 개에 달한다. 이에 따른 기준점들의 오차는 표 2, 3, 4 와 같다.

표 1. 자유모델의 항공삼각측량망 오차 (단위: m)

	$\bar{\sigma}$	y	z
평균오차 ( $\theta$ )	0,015	0,013	0,061
허용오차 ( $\Delta$ )	0,113	0,120	0,158

표 2. CGP 오차 (단위: m)

	x	y	L	z
평균오차 ( $\theta$ )	0,050	0,049	0,079	0,092
허용오차 ( $\Delta$ )	0,112	0,134	0,157	0,258

표 3. 중첩점 오차 (단위: m)

	x	y	L	z
평균오차 ( $\theta$ )	0,050	0,049	0,079	0,092
허용오차 ( $\Delta$ )	0,112	0,134	0,157	0,258

표 4. 중심투영 오차 (단위: m)

	x	y	L	z
평균오차 ( $\theta$ )	0,026	0,042	0,055	0,011
허용오차 ( $\Delta$ )	0,126	0,141	0,144	0,040

항공삼각측량이 실행된 후 수치항공사진 이미지는 밀착인화 되어진 항공사진이 없이도 기준점 및 측량정보수집을 가능하게 한다. 현장작업의 수행을 위하여 기준점의 위치를 그림 5 와 같이 프린터로 출력하여 외업에 활용하였다. 본 실험에서 기준점으로 계획된 점의 개수는 총 111 개점이었으며 실제적으로 사용된 기준점은 총 67 개점이다.



<그림 5. 수치데이터를 이용한 기준점 출력의 예>

항공삼각측량 후 기준점의 측량 결과를 입력하여 절대표정 값을 알아내고 획득되어진 절대표정 값을 이용하여 재조정을 실시하였다. 절대표정의 조건식은 위에서 고찰하였다. 이러한 재조정의 실시로 얻어진 수치좌표 값들은 측지좌표 상의 값과 동일하게 된다.

### 3. 3. 실험결과

기준점의 데이터 없이 항공삼각측량을 실시하여 수치정사사진 및 벡터입력의 작업을 수행하며 이미 작성된 수치정사사진의 자료와 벡터입력작업을 재조정하는 방법을 통한 실험에서 획득된 자료의 최종 정확도는 표 5에 보는 바와 같다. 여기서 평균오차 ( $\theta$ )는 허용오차 ( $\Delta$ )의 한도 내에 위치하며 최종 실험을 통하여 얻어진 재조정 성과는 만족할 만한 결과를 얻었다. 보다 정확한 결과의 도출을 위해서는 알고리즘의 세부적인 연구와 이에 따른 실험이 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

표 5. 최종 정확도 (단위: m)

	x	y	L
평균오차 ( $\theta$ )	0,08	0,09	0,12
허용오차 ( $\Delta$ )	0,24	0,21	0,32

### 4. 결론

본 연구에서는 수치항공사진측량법의 최적화 방안 연구를 통하여 수치항공사진측량법의 다양한 가능성을 모색하여 발전적인 작업공정을 제시할 수 있었다. 연구의 결과 기존의 수치항공사진측량법의 공기를 단축시키며 작업의 효율성을 극대화하며 양질의 공간정보의 획득을 가능하게 하였다. 특히 항공사진측량의 외업과 내업의 자율성 부여는 항공삼각측량의 재조정을 통하여 실현될 수 있으며 이를 위해 항공삼각측량 기준점의 유사치를 이용 모델을 구축하였다. 여기서 항공삼각측량의 재조정은 절대표정 조건식을 사용하여 얻어낼 수 있었으며 이는 양질의 데이터 관리 및 활용, 그리고 작업의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 덧붙여 수치항공사진측량법의 세



부적인 알고리즘 및 시스템의 자동화는 보다 복잡한 구조와 알고리즘을 포함하는 방대한 작업이므로 이 분야에 대한 심도 깊은 분석과 실험이 지속적으로 계속되어야 한다.

## 참고문헌

- 1) Clarke T., "An analysis of the prospects for digital close range photogrammetry. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 50(3), 1995, pp, 4-7.
- 2) 강인준, 최현, 홍순현, 박동성, "항공사진을 이용한 수치지적도의 수정 및 갱신", 한국측량학회지, 제 19권, 제 4호, 2001, pp357-363.
- 3) Lobanov A., "Phototopography", Nedra, Moscow, 1978.