

PKNU2호 영상을 이용한 정사영상 지도 제작 및 3차원 입체 분석

이창현^{1*} · 최철웅¹

Generation of the Ortho-Rectified Photo Map and Analysis of the Three-Dimensional Image Using the PKNU 2 Imagery

Chang Hun LEE^{1*} · Chul Uong CHOI¹

요 약

지형의 수리학적 해석을 위해서 수리학자들은 정확한 하천 횡단면을 파악하는 것이 중요하다. 기존에는 직접 측량법을 이용하여 하천 횡단면을 알 수 있었지만, 본 연구에서는 정확성·경제성 확보라는 차원에서 항공사진을 이용했다.

자체 제작한 고해상도 다중분광 항공촬영시스템(PKNU2호)으로 획득한 영상을 수치지도와 GPS 측량값으로 처리하여 정사영상지도를 제작하였다. 그리고 정사처리 된 영상을 Z/I Imaging사의 ImageStation 도화기로 하천 횡단면 획득하고, Kinematic 측량값과 비교·분석해 보았다. 연구결과 정사영상지도 제작 시 수치지도를 사용하여 처리한 것보다 GPS 측량값으로 영상을 처리한 것이 5.5788화소(약 2m)에서 2.84화소(약 1m)로 정확도가 향상됨을 알 수 있었다. 하천 횡단면 추출 시 Kinematic 측량값은 수평 및 수직 정확도가 95% 신뢰수준에서 $\pm 6.6\text{cm}$ 정도로 매우 좋았으며, 항공사진을 이용한 하천 횡단면 추출 결과와는 상시성 0.857으로 하천횡단면 획득을 위해 적용가능성이 매우 높았다.

주요어 : 다중분광 항공촬영시스템, 정사영상지도, Kinematic 측량, 입체도화

ABSTRACT

It is important for hydrographers to extract the accurate cross section of a river for the hydrographical analysis of the topography. Aerial photographs were used to extract the cross section of a river for the advantages of the accuracy and economical efficiency in this study, while the direct measurement has been used in existing studies.

An ortho-rectified photo map using imageries taken by the PKNU 2 (High-resolution, multi-spectr

al, aerial photographic system developed by our laboratory) was generated using the surveyed data and a digital map. The cross section of a river that was obtained from the ortho-rectified by the surveyed Kinematic data of GPS was compared with the result using ImageStation stereo-plotter of corp. Z/I Imaging. As a result of this study, the RMSE in the ortho-rect process using the surveyed GPS data was lowered as from 5.5788 pixels (about 2m) to 2.84 (about 1m) in comparison with it in the process using a digital map. The surveyed kinematic GPS in extraction of the cross section of a river was excellent as 6.6cm of the planimetric and precision in the confidence level of 95%. The correlation coefficient between the result from the using stereo-plotter and the extraction of cross section of a river using aerial photos was 0.8 hydrographical acquisition of it using PKNU 2 imagery will be possible.

KEYWORDS : *Multispectral Aerial Photographic System, Ortho-Rectified Photo Map, Kinematic, Stereo-Plotter*

서 론

우리나라는 국토의 70% 정도가 급경사의 산지로 이루어져 있고, 강수량의 대부분이 여름에만 집중되어 있어 많은 양의 빗물이 바다로 흘러 들어간다. 이러한 문제점으로 UN에서 물부족국가로 지정했으며, 수자원 확보에 대한 연구가 시급한 실정이다.

수자원확보를 위한 각종 연구를 위해 대상지역의 정확한 정보를 요구한다. 그 중 수리학적 해석에 있어 하천 횡단면의 정확성은 수리학자들에게 가장 중요한 특성정보이다. 이들 자료를 입력하는데 있어 정확성·경제성 확보라는 차원에서 항공사진을 이용하는 것은 중요한 방법이다.

본 연구는 경안천 지역을 기존의 대형 항공 카메라와 경항공기를 쓰지 않고 자체 제작한 고해상도 다중분광촬영시스템(PKNU2호)과 초경량비행기를 이용해 획득한 영상을 수치지도와 GPS 측량값을 이용하여 정사영상지도를 제작하고 정확도를 비교해 보았다. 그리고 Z/I Imaging 사의 ImageStation 도화기를 이용하여 직접 도화하여 직접 측량법에 의한 하천단면획득이 아닌 간접측량법에 의한 하천단면획득의

가능성을 알아보고, Kinematic 측량값과 비교·분석해 보았다.

1. 연구 목적

지형의 수리학적 해석에 필요한 자료를 구축하기 위해서 정확한 정보가 요구되며, 이를 위해 사용되어지는 항공영상 또한 정밀하게 정사투영 시킴으로써 정확도를 향상시킬 수 있다.

이를 위해 지상기준점을 수치지도와 GPS 데이터를 사용하여 영상을 처리하고, 이들의 정확도를 비교해 보았다.

그리고 하천 횡단면 측량 시 직접측량법은 실측을 통해 자료를 구축하고 개선하는 방법으로 정확도는 높지만 우리나라 모든 하천에 적용시키기엔 활용가능성이 거의 없다.

본 연구에서는 정밀하게 정사투영된 항공영상을 입체도화기를 이용해 하천 횡단면을 추출해 보고 실제 사용가능성에 대해 비교·분석하고자 한다.

2. 국내·외 연구동향

정사영상지도 제작을 위한 수치항공영상의 획득을 위해서는 기존의 항공측량용 카메라로

촬영된 필름이나 인화물을 스캔하는 것과 디지털항공영상을 이용하는 방법이 있다. 항공측량용 카메라로 촬영된 필름이나 인화물을 스캔할 경우 지상기준점 측량오차, 스캐너 기하왜곡, 카메라의 렌즈왜곡 등의 각종 오차가 발생할 수 있으며, 디지털 항공영상의 경우 해상도가 낮은 단점이 있다(안기원 등, 1999). 그러나 본 연구에서 사용된 KODAK DCS 460 카메라는 600만 화소의 고해상도 디지털 카메라로 직접적으로 수치화상을 획득하여 소규모 지역의 분석에 용이하고(Thomas Key 등, 2001; Christopher Dean 등, 2000) 대축척 정사영상지도를 생성할 수 있었다(S. Mason 등, 1997; Clive S. Fraser, 1997).

하천 횡단면을 추출하기 위해서는 직접측량법과 간접측량법이 있다. 국내에서는 충북대에서 하천측량을 GPS와 TotalStation을 이용하여 직접측량을 하였으며(김현철 등, 1999), 항공사진을 이용해 DEM을 생성하는 연구(Fomtchenko, M. M, 1996)는 그리 많지 않았다. 대부분의 연구가 GIS의 자료로 활용하기 위해 하천을 인식하는 DEM에 관한 연구를 하였다(이자영과 성호현, 2000; 이근상 등, 2002; 문상원 등, 2002; 차상화, 2002). 이러한 연구는 기

존의 NGIS 사업에 의해 발행된 수치지도를 근간으로 소축척 수치지도로 격자망이나 등고선의 간격을 줄여 DEM을 생성하였다. 하지만 하천의 단면에 대한 수심데이터가 정확하지 않을 뿐 아니라 대부분 격자의 크기가 5~30m로 우리나라의 소하천의 폭을 감안한다면 정확도는 실측에 비해 정확도가 상당히 떨어진다고 볼 수 있다.

연구방법

1. 고해상도 다중분광 항공촬영시스템(PKNU2호)

본 항공촬영시스템은 크게 영상촬영시스템과 탑재체로 구성된다.

영상촬영시스템은 자체 제작하였으며 가시대역 및 근적외선 대역의 촬영이 가능한 카메라, 수직 및 전진방향 감시 및 촬영위치확인을 위한 CCD카메라와 모니터, 촬영위치획득 및 탑재체 촬영경로 추적을 위한 GPS수신기, 수직항공사진촬영을 위한 2축 자이로(gyro)와 X, Y축 모터 및 엔코드, 자료전송용 RF데이터 모뎀, 카메라 관제 및 자동수평유지장비, 풍속·기온·습도·기압관측을 위한 기상관측장비로 구성되어

TABLE 1. Equipment used in the aerial photographing system

장비명	용도	성능
Kodak DCS460C	가시역 카메라	3032×2008(화소)×3(밴드:R,G,B)×1byte×324장 CCD 크기 : 18.4×27.6mm
스틸 카메라	근적외선 카메라	Kodak DCS460IR 3032×2008(화소)×1(밴드:NIR)×1byte×324장 CCD 크기 : 18.4×27.6mm
Raytheon IRPro	열 적외선 카메라	7~14 μ m 대역 열 적외선 카메라
비디오	수직방향감시	일반 비디오 카메라와 동일
비디오	전진방향감시	일반 비디오 카메라와 동일
GPS	위치정보 획득	± 1m
자이로	자세제어	±0.02C
RF 모뎀	자료전송	5W, 50W
기상센스	기상관측	온도, 습도, 풍속, 기압관측

있다. 주요장비 제원을 살펴보면 표 1과 그림 1과 같으며, 탑재체는 그림 2와 같이 안정성 있고 비행능력이 뛰어난 초경량 항공기를 운영하였다.

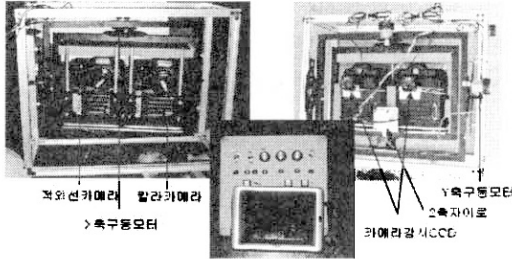


FIGURE 1. The aerial photographing system



FIGURE 2. The ultra light aircraft (X-air)

2. 항공촬영데이터

본 연구는 경상북도 구미시의 선산 CC(18홀) 지역과 경안천 유역을 중심으로 진행되었다. 고해상도 다중분광 항공촬영 시스템인

PKNU2호를 이용하여 구미시에서는 선산 CC(18홀)를 중심으로 중첩되는 17장의 항공영상과 경안천 유역의 중첩되는 6장의 항공영상 획득하였다. 연구지역 위성영상을 보면 그림 3 (a)와 (c)와 같으며, 그림 3 (b)와 (d)는 선산 CC와 경안천 유역의 영상 중첩도 및 외부표정을 위한 지상기준점의 위치를 나타낸 것이다.

3. 렌즈왜곡보정

카메라를 활용하여 사진을 촬영하고, 이를 공학적 분석에 이용하기 위해서는 렌즈왜곡보정은 매우 중요하다. 렌즈왜곡은 방사왜곡(Radial distortion)과 접선왜곡(Tangential distortion)으로 나뉘어지며, 이중 접선왜곡은 방사왜곡에 비하여 미미함으로 일반적으로 방사왜곡만을 보정하는 경우가 많다(안기원 등, 1999).

방사방향의 왜곡은 주점으로부터 임의점까지의 길이 r 에 대한 방사왜곡량(Δr)은 아래의 식으로 보정된다.

$$\Delta r = k_1r+k_2r^3+k_3r^5+\dots+k_nr^{2n-1} \quad (1)$$

렌즈왜곡 보정 유무에 따른 정확도를 확인하기 위하여 항공영상을 1:5,000 수치지도를 이용하여 동일한 지상기준점으로 정사투영 한 결과 표 2에서와 같이 왜곡보정 전 5.58화소의 오차를 가졌으나 왜곡보정 후 2.84화소의 오차를 보

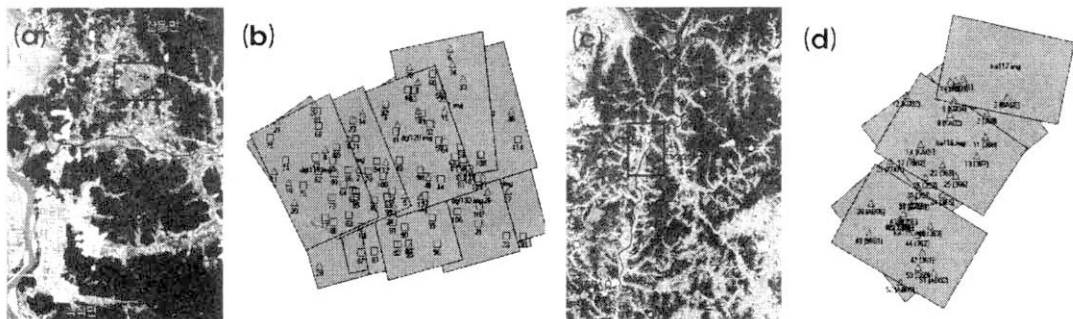


Figure 3. (a) Satellite image of Kumi (b) Ground control points of Kumi (c) Satellite image of Kyungan river (d) Ground control points of Kyungan river

여 렌즈왜곡 보정이 영상의 위치 정확도를 향상 시킴을 알 수 있었다. 렌즈왜곡보정 후에도 2.84의 오차를 보이는 것은 수치지도에서 획득한 값이 약 1m(5000×0.2mm(독취정확도))의 오차를 포함하고 있기 때문(이현직 등, 2002)으로 사료된다.

과 GPS 신호수신 상태가 양호한 점에서 위치 오차(0.02m), 수직오차(0.05m)이내에서 모두 처리되었다. 그러나 표 3에서와 같이 1등급 장비는 수신 정확도가 매우 우수하나 보조점으로 측량한 2등급 장비의 경우 대부분의 측량점의 처리가 되지 않았거나, 처리되어도 정확도가 낮아

TABLE 2. Accuracy of the lens distortion correction (in pixels)

구분	전체정확도 (화소)	지상기준점 정확도(m)			영상 정확도(화소)	
		X	Y	Z	x	y
렌즈왜곡보정 전	5.5788	1.725	3.417	3.134	6.043	5.072
렌즈왜곡보정 후	2.8436	1.707	2.170	2.819	2.231	2.368

4. GPS 측량 및 처리

GPS자료처리는 Trimble Geomatics Office를 사용하였고, 기준점의 정확한 측정을 위하여 정밀 GPS장비인 Ashtech Z-fx, Trimble 4000ssi, Trimble Pro-XL을 이용해 측량을 실시하였다. GPS 신호의 전리층 조건(Ionosphere condition)을 동일하게 맞추기 위해 현장에 Base를 설치하고 국립천문대 GPS 상시관측소 서울기준점을 사용하여 처리하였다(http://www.gps.re.kr).

정사영상지도 제작을 위해 사용된 기준점은 경안천 부근에서 위성 배치상태가 양호한 시간에 상공시계가 양호한 지점을 선정하여 측량을 실시하였다. 본 연구를 위해 처리한 GCP측량 처리결과는 표 3과 같다. 기선처리 및 조정 결

사용하기에는 문제가 많았다.

5. 정사영상지도 제작

1) 수치지도를 이용한 정사영상지도 제작
지상기준점은 각 영상 당 최소 11점에서 최대 23점까지를 이용하였으며 국립지리원 발행 1:5,000 수치지도를 coverage로 변환하여 정사투영하였다.

영상 1장당 촬영면적은 0.4336 km²(0.8 km×0.542 km)이고 지상해상도는 0.25 m×0.25 m로 자동차의 형상 및 차종확인 가능하였다(그림 4(a)). 정사투영에 사용한 DEM(digital elevation model)은 Arcview에서 국립지리원에서 발행한 1:5,000지형도를 이용하여 제작하였으며(그림 4(b)), 정사투

TABLE 3. Processing results of ground control points

측량장비	측량점(개)	좌표변환(개)	비고
1등급	Z-FX	3	3
	Z-Surveyor	12	12
	4000ssi	32	31
2등급	TDC1	6	3
	TDC2	3	2(1)
합계	56	51	총 수신율 91%

영결과는 그림 4(c)와 같다. 붉은 색 선은 영상 접합경계선이고 이를 각각 접합 경계부를 확대하여 영상접합을 마친 결과 표 4에서와 같이 수평정확도가 1.7~2.2m이내에서 영상접합이 가능하였다. 그림 4(d)는 정사영상과 DEM을 사용해 3D 골프장 전경을 제작한 것이다.

모자이크하여 정사영상지도를 제작한 것이다. 정확한 DEM 없이 단순히 평면 위치만을 기하보정한 결과 RMSE 값이 2.0213(pixels)으로 접합부의 2~3 pixels 밀리는 현상이 있는 것을 그림 5의 DEM 적용 전 이미지를 보면 알 수 있다. 그래서 1:5000 수치지도를 이용하여 5m

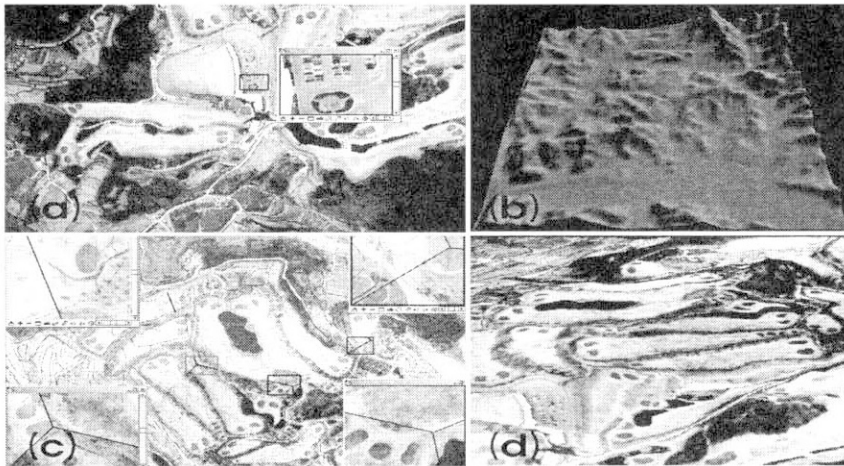


FIGURE 4. (a) Photograph of PKNU 2 (b) DEM of the study area
(c) Generation of the ortho-rectified photomap
(d) 3D view of the golf course

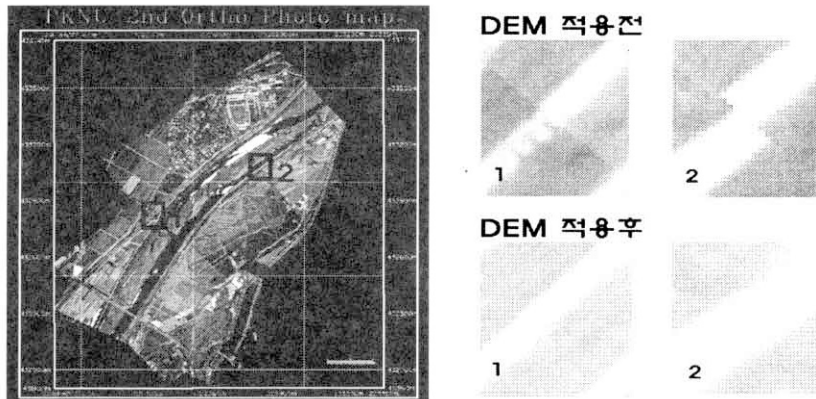


FIGURE 5. Result of generating the ortho-rectified photo map using GPS survey values

2) GPS 측량값을 이용한 정사영상지도 제작
그림 5는 앞서 처리된 GPS 측량값을 이용해 TM Bessel 좌표계에 맞게 기하보정된 영상을

해상도의 DEM을 추출 후 PKNU 2호 영상에 적용하여 영상을 정사투영 한 결과 그림 5의 DEM 적용 후의 이미지처럼 정확도가 향상되었

음을 알 수 있었다.

정사영상지도의 정확도를 비교를 위해 수치 지도와 GPS 측량값을 이용해 정사영상지도를 제작해 보았다. 그 결과 아래 표 4와 같이 수평 정확도가 1.7~2.2m에서 약0.6m로 향상되었고 수직정확도 또한 2.8m에서 0.5m로 정확도가 향상 되었다.

여 3차원 시뮬레이션으로 만든 결과물이며 이를 PKNU2호 영상과 중첩시켜보았다. 중첩결과 측량값과 영상의 접합도 및 하천의 단면 특성을 잘 보여주고 있었다.

3차원 Kinematic GPS 측량물에 대하여 SPSS를 통하여 통계분석을 실시하였다. 통계분석결과는 그림 7과 표 5에서와 같다. 그림 7(a)

TABLE 4. Accuracy of the ortho-rectified photo maps

구분	지상기준점 정확도(m)		
	X	Y	Z
수치지도	1.707	2.170	2.819
GPS측량값	0.637	0.633	0.479

6. 3차원입체 분석

1) Kinematic 측량을 통한 하천 DEM 추출

Kinematic 측량은 제방을 따라 receive time 1초 간격으로 약 5km 구간을 12개의 section으로 나눠 왕복으로 걸으면서 측량하였다. 하천을 횡단하여 단면을 결정하는 section부와 제방을 따라 하천의 형상을 측량하는 road부를 나누어서 측량을 하였다. 그 결과, 총 35개의 line을

와 (b)에서와 같이 오차량을 정량적으로 확인할 수 있었고, 그림 7(c)에서처럼 GPS로 측량된 실제하천 단면을 구할 수 있었다.

표 5는 Kinematic 측량결과 통계표로써 실제 하천단면의 표준편차(σ)가 $\pm 3.3\text{cm}$ 이지만 이를 신뢰수준을 95%로 하였을 때 1.98σ 로 약 $\pm 6.6\text{cm}$ 였다. 이 오차량은 사람이 걸음을 걸을 때 발생되어지는 높이의 차이값으로 사람이 직

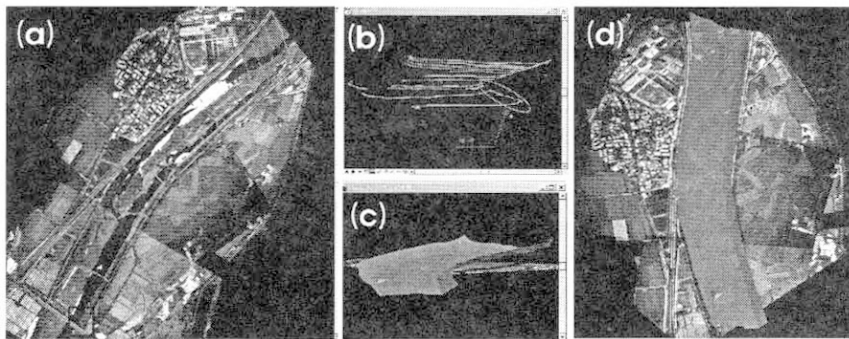


Figure 6. (a) Kinematic survey route (b) Surveyed section (c) 3D simulation (d) 3D simulation

측량하였으나 약 80% 정도 파일이 처리되었으며 정사 PKNU2호 사진에 중첩한 결과는 그림 6(a)와 같다. 그리고 그림 6(b)는 기선만을 따로 떼어내어 처리한 것으로 제방부와 하천의 횡단면을 측면에서 바라본 것이다.

그림 6(c)(d)는 Kinematic 측량값을 이용하

접 걸으면서 측량하지 않고 차량과 같은 일정한 높이값을 가지는 운송수단을 통해 측량을 하면 더 나은 결과를 얻을 것으로 사료된다.

2) 입체도화기를 통한 하천 DEM 추출

ISPM(image station photogrammetric manager)

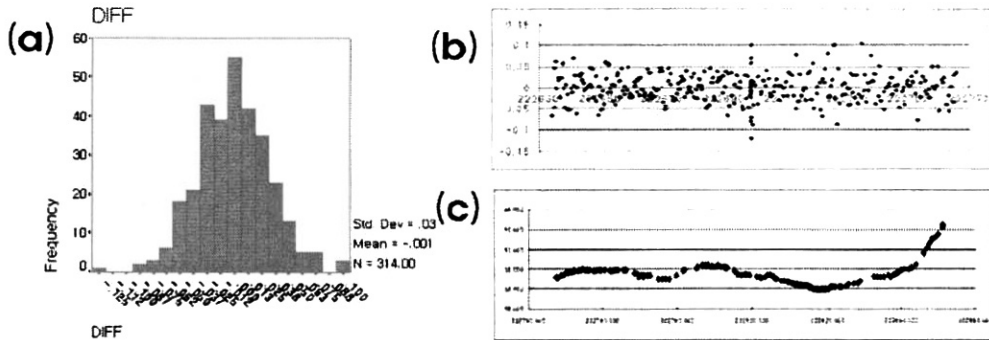


FIGURE 7. (a) Histogram of the horizontal and vertical error
 (b) Histogram of the horizontal and vertical error in the real section of a river
 (c) Real section of a river surveyed by GPS

TABLE 5. Statistical table of the kinematic GPS surveying results

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Var.	Skewness	Kurtosis
DI	314	.224	-.120	.104	-7.86624E-04	1.8698E-03	3.3133E-02	1.098E-03	.016
FF									

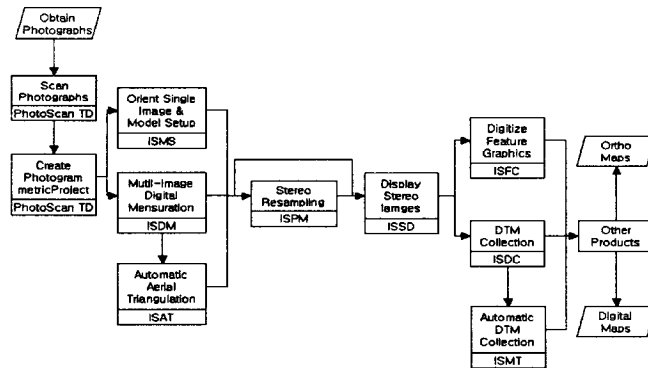


FIGURE 8. Working process of Image Station

은 영상지도제작의 자료관리 도구를 제공한다. 프로젝트를 생성 및 수정, 작업환경을 설정하며, camera calibration, photo, model, strip, block 을 지정할 수 있고, control point 좌표를 입력 하여 기하보정을 한다. 아래의 그림 8은 항공사진을 이용한 Image Station의 작업도이며, 본 연구에서는 디지털 카메라를 사용함으로 스캐닝

과정은 생략되었다. 표 6은 입체도화기를 사용하여 기하보정을 하기 위해 처리되어진 영상들 간의 외부표정 후의 계산값과 입력값을 나타낸 것이다. 두 값의 차이는 영상처리 시 무시해도 될 만큼 적은 양으로 우수한 평면정확도를 보였다. 이렇게 정밀하게 기하보정 된 영상을 이용하여 입체도화기로 Kinematic 측량 경로와 일

TABLE 6. Observed values and refined values after exterior orientation

ID	Photo Measurements			
	Observed		Refined	
	x	y	x	y
ka115-100	-0.433	-8.393	-0.432	-8.371
ka35-100	3.419	-8.646	3.419	-8.646
ka115-200	-3.692	7.319	-3.68	7.295
ka35-200	-7.819	-3.582	-7.803	-3.574
ka115-300	-2.389	-1.237	-2.349	-1.217
ka35-300	8	-3.585	7.987	-3.579
ka115-400	2.402	4.432	2.373	4.379
ka35-400	2.978	-2.205	2.933	-2.172
ka115-500	2.665	7.083	2.651	7.047
ka35-500	-8.953	3.562	-8.962	3.566
27	2.716	6.942	2.701	6.904
32	-3.689	7.323	-3.677	7.299
38	-10.598	1.985	-10.641	1.994
40	2.397	4.406	2.368	4.352
42	-3.866	2.203	-3.815	2.174
43	-3.685	3.694	-3.642	3.651
44	1.049	1.3	1.03	1.277
45	-3.637	2.191	-3.587	2.161
46	-2.588	-3.276	-2.552	-3.231
47	3.734	-1.183	3.680	-1.165
48	-8	-3.526	-7.987	-3.52
51	7.998	-3.591	7.985	-3.585
52	2.849	-8.846	2.849	-8.846

치하게 도화하였다.

3) Kinematic 측량과 영상 도화 결과 분석
그림 9는 11개의 도화 지역 중 2곳의 입체도

화기와 Kinematic 측량값을 비교해서 하천단면을 나타낸 것이다. Kinematic 측량값에 비해 입체도화기 값이 수변부를 중심으로 다소 높게 나타내는 경향을 보였는데 이것은 수변부의 갈대

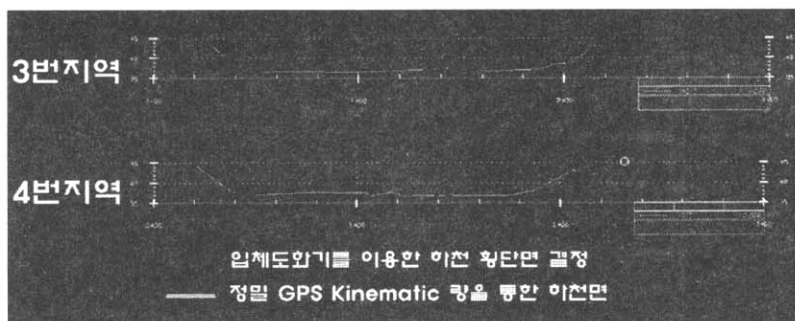


FIGURE 9. Comparison between the kinematic survey results and the stereoscopic plotting results

TABLE 7. Comparison of the correlation

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Descriptive statistics

구분		입체도화기	KINEMATIC 측량
입체도화기	Pearson Correlation	1.000	.857
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	30	30
KINEMATIC GPS 측량	Pearson Correlation	.857	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	30	30

균락이 높이값을 가지는 지형으로 도화되었기 때문이다. 그리고 표 7은 영상내의 11개 지역에 대한 입체도화기와 Kinematic 측량값간의 상사성을 비교한 것으로, GPS 측량값으로 정밀하게 처리된 고해상도 정사영상을 이용하여 입체도화기로 하천단면을 획득하는 것이 상사성 0.857로 우수한 결과를 나타냈다.

표 8은 입체도화기와 Kinematic 측량 자료와 상호 비교한 기술통계표로 두 결과간의 오차평균의 차이가 $\pm 1.3\text{m}$ 를 보여 실용적으로 사용하기에는 다소 문제가 발생할 수 있을 것으로 보였다. 이러한 이유는 렌즈왜곡에 의한 오차와 입체도화 경험부족하기 때문이다. 그러나 가장 큰 이유는 실험 지역에 갈대균락이 자생하고 있어 영상으로 하천 단면을 추출할 때 갈대의 높이값이 오차량으로 입력되어 이러한 결과가 나온 것으로 사료된다. 그러므로, 향후 렌즈왜곡을 제거하기 위한 지속적인 노력 외에, 갈대와 같은 식생의 고도오차량을 최소화 할 수 있는 시기의 영상을 획득하여 하천 단면추출을 실시할 필요가 있을 것으로 보인다.

결론

본 연구에서는 PKNU 2호 영상을 이용하여 카메라 렌즈 Calibration 값과 정밀 GPS 측량값을 이용하여 정밀 정사영상지도 제작 가능성을 분석하고, 하천 단면 결정에 이 연구결과를 적용하고자 하였다. 이를 위하여 대상지역의 Strip을 형성하여 입체시를 만들고, 입체도화기로 하천 횡단면을 직접 도화하여 Kinematic 측량값과 정확도를 비교하는 연구를 실시하였다. 본 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, PKNU 2호 카메라에 대한 렌즈왜곡보정 전후 정확도가 정사투영결과 보정 전 5.5788화소(약 2m)에서 보정 후 2.84화소(약 1m)로 산정되었다. 보다 정확한 결과획득을 위하여 렌즈왜곡보정은 매회 필수적으로 실시하여야 할 것이다.

둘째, 정사영상지도를 수치지도와 GPS 측량값을 이용하여 제작해 보았다. 그 결과 지상 기준점의 정확도가 1.7~2.8m에서 0.48~0.64m 로 매우 우수한 결과를 보였다.

셋째, 항공영상을 이용한 하천단면의 수리학

TABLE 8. Statistical table comparing errors between the stereoscopic plotting instrument and the kinematic survey

구분	오차 범위	최소 오차량	최대 오차량	오차평균	표준 편차	편차	Skew	Kurtosis			
	Stat.	Stat.	Stat.	Stat.	S.E.	Stat.	Stat.	S.E.	Stat.	S.E.	
입체도화기	10.60	36.40	47.00	39.30	.4821	2.6406	6.973	1.673	.427	2.285	.833
Kinematic 측량	8.30	36.20	44.50	38.04	0.3920	2.1470	4.609	1.823	.427	2.339	.833

적 자료 검·보정을 위한 직접 하천 횡단면을 Kinematic 측량을 수행하였다. 두 방법을 비교한 결과 항공영상을 이용해 추출한 하천 단면의 수평 및 수직 정확도는 95% 신뢰수준에서 $\pm 6.6\text{cm}$ 정도로 매우 좋았으며, 상시성 0.857으로 수리학적 하천횡단면 획득에는 적용가능성이 매우 높았다.

넷째, 본 연구는 PKNU 2호 영상을 이용하여 정사영상지도 제작 및 하천단면 추출 가능성을 평가하기 위한 연구이다. 향후, 렌즈 왜곡을 제거하는데 노력이 필요하고, 정밀한 DEM을 적용하여 정확한 정사투영에 대한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구에 사용된 장비는 부경대학교 PE&RS Lab.의 자체 개발품 혹은 재산이나 본 연구를 지원하여 부경대학교와 현장 실험에 필요한 각종 경비를 아낌없이 지원하여 주신 '수자원의 지속적 확보기술개발 사업단'에 감사드립니다. **KAGIS**

참고문헌

- 김현철, 이성순, 강준목. 1999. 수문정보 추출을 위한 하천지형의 공간분석. 대한토목학회 학술발표회 논문집. 575-579쪽.
- 문상원, 최성규, 유승근. 2002. GIS를 이용한 밀양강 유역의 지형학적 특성 분석. 한국GIS학회지 10(1):107-124.
- 안기원, 박병욱, 서두천. 1999. 근거리 수치사진 측량에 있어서 렌즈왜곡의 직접 보정. 한국측량학회지 17(3):257-264.
- 이근상, 전형섭, 임승현, 조기성. 2002. GIS 기반에서 Voronoi Diagram을 이용한 하천인식 DEM 생성에 관한 연구. 한국GIS학회지 10(3):439-454.
- 이자영, 성효현. 2000. 하천유역구분을 위한 DEM 구축기법에 관한 연구. 한국지형학회지 7(2):1-13.
- 이현직, 박경식, 구대성. 2002. 항공사진영상 데이터베이스의 활용방안. 대한토목학회 학술발표회 논문집. 313-321쪽
- 차상화. 2002. 수치고도모형을 이용한 본류하천 길이에 관한 프랙탈 차원의 해석. 한국환경과학회지 11(9):915-922.
- Christopher D., T. A. Warner and J. B. McGra. Suitability of the DCS460c colour digital camera for quantitative remote sensing analysis of vegetation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 55(2):105-118.
- C. S. Fraser. 1997. Digital camera self-calibration. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 52(4):149-159.
- Fomtchenko, M. M. 1996. The Use of Russian TK-350 Images and GPS-Points in Generation of DEM. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing 31(b):258-260
- Wolf, P. R. 1983. Element of Photogrammetry. McGraw-Hill. USA. pp.74-83.
- Scott Mason, Heinz Ruther, Julian Smit. 1997. Investigation of the Kodak DCS460 digital camera for small-area mapping. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 52(5):202-214.
- Thomas Key, Timothy A. Warner, James B. McGraw and Mary Ann Fajvan. 2001. A Comparison of Multispectral and Multitemporal Information in High Spatial Resolution Imagery for Classification of Individual Tree Species in a Temperate Hardwood Forest. Remote Sensing of Environment 75(1):100-112