

지형공간정보체계에서 수치영상자료 취득의 정확도 향상을 위한 주사기의 검정 방법 Scanner Calibration Method for Higher Accuracy at Acquisition of Digital Imagery Data in GIS

최 철 순*
CHOI Chul-Sun

要 旨

주사기(scanner)에 의해 수치영상자료를 취득하는 과정에 있어서 기존 사진이나 도면의 좌표체계는 수치영상의 좌표체계로서 변환되므로 이들 좌표체계 간의 변환관계를 설정하는 것은 매우 중요한 일이다. 또한 주사기의 주사운동에 따라 왜곡이 발생할 수 있으므로 이를 보정하기 위한 연구도 이루어져야 한다.

본 연구에서는 항공사진을 주사기에 의해 수치화하는 과정에서의 좌표계의 변환관계를 설정하고 주사기의 왜곡을 검정하기 위한 최적검정모형식을 결정하는 과정을 수행하였다.

그 결과, 본 연구에 이용된 주사기에 대한 최적검정모형식이 결정되었다. 또한, 본 연구의 수행과정은 기하학적인 해석을 통하여 검정을 수행하였으므로 타 종류의 주사기를 검정하는 데 있어서도 적용이 가능하다.

ABSTRACT

It is important to establish the transformational relation between scanned image coordinates and digital image coordinates, because the coordinate system of digital image is transformed from scanned image coordinate system through scanning work. And, some researches are required in scanning works to correct the deformation that is due to the motion of scanner.

In this study, some procedures are applied to determine the optimal calibration model equation which can calibrate the scanner.

As a result, the optimal calibration model equation for the object scanner is determined. The procedure of this study can be applied to the calibration of other types of scanner, because the procedures are done with the analysis of geometrical properties rather than the analysis of physical properties.

1. 서 론

현대에서 정보는 필수 불가결한 자원으로 평가되고 있다. 이러한 정보의 신속한 취득과 처리는 국가적으로도 매우 중요한 과제가 되었고 모든 분야에

있어서 그 이용성이 확대되고 있다. 따라서 각 분야에 있어서 자료기반(data base)의 구축은 당연한 과제라 떠오르고 있으며 이에 대해 많은 노력이 투자되고 있다.

그러나 자료기반의 구축 및 운영에는 상당한 비용

* 관동대학교 토목공학과 부교수

이 소요되므로 이에 대한 중복투자의 낭비를 막기 위해 각 분야의 자료를 통합운영을 하려는 노력이 최근에 활발히 진행되고 있다.

이러한 통합 운영의 추세에 따라 최근에는 지리정보체계(Geographic Information System ; GIS), 토지정보체계(Land Information System ; LIS), 도시정보체계(Urban Information System ; UIS), 자동도면화 및 시설물 관리(Automated Mapping and Facility Management ; AM/FM) 등을 비롯하여 지형을 근간으로 하는 모든 정보를 통합 운영하기 위한 시도로써 지형공간정보체계(Geo-Spatial Information System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁾⁻³⁾

지형공간정보체계의 자료기반에는 많은 영상정보가 요구되며 이를 컴퓨터에서 처리하기 위해서는 수치자료(digital data)로서 취득되어야 한다.

지형공간정보체계의 수치자료 취득방법에는 CCD 사진기나 인공위성 등에 의해 수치화된 자료를 CCT를 통하여 직접적으로 취득하는 방법과 수치좌표관측기(digitizer)나 주사기(scanner)를 이용하여 기존의 도면이나 사진을 수치화하는 간접적인 수치자료 취득방법이 있다. 이 중 주사기에 의한 수치영상자료의 취득 방법은 기존의 항공사진이나 지상사진 등을 수치화하여 격자방안(raster) 방식의 영상을 취득하거나, 기존의 도면을 주사한 후 벡터변환을 수행하므로써 벡터 방식의 영상을 취득할 수 있는 등 그 활용범위가 매우 크다.⁴⁾⁻⁷⁾

그러나, 주사기에 의해 수치영상자료를 취득하는 과정에 있어서 기존 사진이나 도면의 좌표체계는 수치영상의 좌표체계로서 변환되므로 이들 좌표체계 간의 변환관계를 설정하는 것은 매우 중요한 일이다. 또한 주사기의 주사운동에 따라 왜곡이 발생할 수 있으므로 이를 보정하기 위한 연구도 이루어져야 한다.⁸⁾

본 연구에서는 항공사진을 주사기에 의해 수치화하는 과정에서의 좌표계의 변환관계를 설정하고 왜곡을 검정하기 위한 최적검정모형식을 결정하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 평면좌표변환

평면좌표변환을 수식적으로 모형화하는 방법에는 일반적으로 부등각사상변환(affine transformation), 의사 부등각사상변환(pseudo affine transformation), 2차 다항식법, 3차 다항식법, 투영방정식법(projective equation method) 등이 이용된다.

부등각사상변환은 가장 간단한 형태의 변환 방정식으로서 이는 각 축의 평행성은 보존하나 직교성은 보존하지 못한다는 변환특성을 갖는다. 부등각 사상변환을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X &= a_1x + b_1y + c_1 \\ Y &= a_2x + b_2y + c_2 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 X, Y는 변환된 평면좌표이며 x, y는 변환할 평면좌표이고 a₁, a₂, ..., b₃는 변환매개변수가 된다.

의사 부등각사상변환은 축의 직교성과 평행성을 모두 보존하지 못하는 것으로서 식(1)을 확장한 형태로서 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} X &= a_1x + b_1y + c_1xy + d_1 \\ Y &= a_2x + b_2y + c_2xy + d_2 \end{aligned} \quad (2)$$

2차 다항식법과 3차 다항식법은 변환관계를 기하학적으로 표현하는 것으로서 식(3)과 식(4)의 형태로 표시된다.

$$\begin{aligned} X &= a_1x^2 + b_1y^2 + c_1xy + d_1x + e_1y + f_1 \\ Y &= a_2x^2 + b_2y^2 + c_2xy + d_2x + e_2y + f_2 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} X &= a_1x^3 + b_1y^3 + c_1x^2y + d_1xy^2 + e_1x^2 \\ &\quad + f_1y^2 + g_1xy + h_1x + i_1y + j_1 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} Y &= a_2x^3 + b_2y^3 + c_2x^2y + d_2xy^2 + e_2x^2 \\ &\quad + f_2y^2 + g_2xy + h_2x + i_2y + j_2 \end{aligned}$$

투영방정식은 일반적으로 직접선형변환(direct linear transformation ; DLT)으로 표현되며 그 형태

는 다음과 같다.

$$X = \frac{L_1x + L_2y + L_3z + L_4}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1}$$

$$Y = \frac{L_5x + L_6y + L_7z + L_8}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1}$$
(5)

본 연구에서는 평면과 평면 사이의 좌표변환을 이용하므로 식(5)의 z는 0이 된다. 따라서 식(5)로부터 다음과 같은 형태의 식을 구할 수 있다.

$$X = \frac{L_1x + L_2y + L_3}{L_7x + L_8y + 1}$$

$$Y = \frac{L_4x + L_5y + L_6}{L_7x + L_8y + 1}$$
(6)

여기서 L_1, \dots, L_8 은 변환매개변수이다.

위에 나타나 있는 평면변환 모형식들을 적용하기 위해서는 변환매개변수의 갯수 이상의 관측을 통하여 관측방정식을 형성하고 이를 최소제곱법(least square method)에 의해 조정하므로써 각 매개변수값을 산정하여야 한다.

3. 관 측

3.1 체계 구성

본 연구는 IBM 486PC 호환기종의 컴퓨터에서 수행하였다. 주사기는 MicroTek사의 ScanMaker 600Z Color/Gray 주사기를 이용하였으며 사진 상의 기준점은 Summagraphic사의 SummaSketch II Plus 수치좌표관측기(digitizer)를 이용하여 관측하였다.

주사기의 운용은 MicroSoft사의 Windows 환경에서 수행되는 PhotoStyler라는 프로그램을 이용하여 주사를 수행하고 기준점의 영상좌표를 관측하였으며, 수치좌표관측기는 AutoCad 프로그램에 의해 운용하

였다.

본 연구에서는 이용된 영상자료는 9" X 9" 크기의 항공사진으로서 400 dpi의 해상도로 주사하였으며 이때 축척은 80 %로 설정하였다. 이는 영상의 해상도와 수치영상자료의 크기를 고려하여 설정한 것이다. 따라서 2550 X 2812의 영상이 생성되었으며 한 영상소는 1 byte로서 표시되어 256가지의 계조값을 갖는다. 또한 파일의 크기는 7,003 Kbyte이다. 본 연구에서 주사된 수치영상은 그림 1에 나타나 있다.



그림 1. 주사기에 의해 수치화된 영상
(510 X 562로 영상재배열된 상태임)

3.2 기준점 관측

본 연구에서는 사진 상에 골고루 분포된 25개의 특징점을 선정하여 검정에 이용하였다. 이 중에서 13 점은 기준점으로 이용하였으며 나머지 12 점은 검사점으로 활용하였다.

본 연구에서 관측된 점들의 좌표는 표 1과 같다.

표 1. 좌표관측값

(x_d, y_d) : 사진 상의 좌표

(x_i, y_i) : 영상 상의 좌표

관측점	$x_d(mm)$	$y_d(mm)$	$x_i(mm)$	$y_i(mm)$
1	-75.7061	108.8631	378	117
2	-8.9585	109.6612	1165	111
3	96.3469	96.7589	2402	272
4	-41.8391	52.6771	773	783
5	54.4740	54.8290	1904	766
6	-85.9110	15.5040	252	1217
7	-7.9304	5.7126	1173	1341
8	98.4210	11.0476	2421	1282
9	-58.5956	-65.0985	568	2168
10	43.5293	-56.8217	1775	2080
11	-100.1156	-103.9260	83	2628
12	-9.1080	-104.2856	1150	2640
13	82.7842	-107.8481	2237	2687
검1	-43.4416	106.1646	759	151
검2	57.0763	105.9270	1940	163
검3	-91.0401	54.7947	195	751
검4	-5.5360	49.2159	1203	825
검5	99.6805	55.7144	2441	757
검6	-42.0042	10.0023	767	1285
검7	55.2060	5.7081	1917	1340
검8	-102.8593	-64.6483	50	2165
검9	-5.6967	-57.2932	1195	2080
검10	105.3541	-53.2215	2500	2040
검11	-40.3147	-109.2238	779	2691
검12	35.6541	-109.5726	1675	2699

4. 결과분석

본 연구에서는 부등각사상변환, 의사 부등각사상변환, 2차 다항식법, 3차 다항식법, 평면투영방정식 등을 검정모형식(calibration model equation)으로 설정하여 주사기 검정을 수행하였다. 또한, 그 결과에 대한 오차를 분석하므로서 지형공간정보체계에 있어 주사기를 이용한 영상정보 취득의 정확도를 향상시키는 방안을 제시하기 위한 연구를 수행하였다.

4. 1 매개변수의 산정

일반적으로 매개변수의 산정에는 최소제곱법(least

square method)이 많이 이용된다. 본 연구에서도 최소제곱법을 적용하여 각각의 모형식에 대한 매개변수를 산정하였으며 그 산정값과 산정된 매개변수값의 표준편차, 그리고 각 경우에 있어서 단위경중물의 분산값이 표 2에 나타나 있다.

표 2. 변환매개변수의 산정값

모형식	매개변수 의 산 정 값	표준편차	단위경중물의 분산값
부등각 사상변환	a1= 0.08494974240857944281 b1= 0.00029236535483372485 c1=-107.76554863884206665098 a2= 0.00052366997865996643 b2= -0.08469975367366132169 c2= 118.53351314819509809695	0.0000637938 0.0000546993 0.1244792422 0.0000637938 0.0000546993 0.1244792422	0.033282
의사부등각 사상변환	a1= 0.08504976661823363799 b1= 0.00037700676540575252 c1= -0.000000700956666416 d1=-107.89065525342599016767 a2= 0.00052441900740683108 b2= -0.08469911835821564713 c2= -0.0000000052570639948 d2= 118.53258321742718806036	0.0001185233 0.0001007043 0.0000000693 0.1770029028 0.0001185233 0.0001007043 0.0000000693 0.1770029028	0.034989
2차 다항식법	a1= -0.00000003698909785920 b1= -0.0000010163049355308 c1= 0.0851410432872985203 d1= 0.00066864874912049382 e1= -0.00000007094336874263 f1=-108.0440873154193184291 a2= -0.0000007489460567081 b2= 0.0000005523979329919 c2= 0.00074955069714333772 d2= -0.08483111184659156145 e2= -0.00000001938884804105 f2= 118.4766756840449409083	0.0000001141 0.0000000825 0.0003540642 0.0002504960 0.0000000763 0.2566399311 0.0000001141 0.0000000825 0.0003540642 0.0002504960 0.0000000763 0.2566399311	0.038128
3차 다항식법	a1= 0.0000000009363764413 b1= 0.0000000009466970851 c1= -0.00000000017258510018 d1= -0.0000000006735215553 e1= -0.00000015512622631053 f1= -0.00000039898667574121 g1= 0.0000006552383399167 h1= 0.08476900604975537434 i1= 0.0006222869906442091 j1= -107.8036699661080740225 a2= -0.00000000019658937688 b2= 0.00000000028851804514 c2= -0.00000000009910496298 d2= -0.000000005200748370 e2= 0.00000078042179699177 f2= -0.00000106294413909641 g2= 0.00000039742875214548 h2= -0.00039314222982831160 i2= -0.08393386004545767831 j2= 118.69925868650481131917	0.0000000002 0.0000000002 0.0000000001 0.0000000001 0.0000010041 0.0000006302 0.0000005276 0.0012875749 0.0007386413 0.5056234754 0.0000000002 0.0000000002 0.0000000001 0.0000000001 0.0000000001 0.0000010041 0.0000006302 0.0000005276 0.0012875749 0.0007386413 0.5056234754	0.041906
평면투영 방정식	L1= 0.08504996495994363548 L2= 0.00028954963033937583 L3=-107.86575134597388940607 L4= 0.00052768695791258549 L5= -0.0847992636823831219 L6= 118.61655371775131584400 L7= 0.00000011424300297555 L8= 0.00000072004857072476	0.0001285427 0.0000555623 0.1715752967 0.0000647821 0.0001194308 0.1737817082 0.0000005741 0.0000006086	0.034221

이를 분석해 보면 부등각사상변환의 경우에 있어

서 단위경중률의 분산값이 가장 작게 나타나 산정값의 정확도가 가장 높음을 알 수 있다. 그리고, 평면투영방정식의 경우에 있어서도 비교적 양호한 결과를 나타냈다.

4. 2 검사점의 오차분석

표 3은 각 검정모형식의 검사점의 영상좌표로부터 사진 상의 좌표로의 변환에 있어서 x, y 각 방향에 대한 평균제곱근오차(root mean square error)를 나타내고 있다. 표에 나타난 바와 같이 부등각사상변환에 의한 변환의 결과가 가장 양호한 결과를 나타내고 있으며 평면투영방정식법이 비교적 양호한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 의사 부등각사상변환이나 2차 다항식법, 3차 다항식법 등의 결과를 분석해 볼 때, 불필요한 매개변수의 산정이 오히려 오차를 증가시킨다는 사실을 추정할 수 있다.

표 3. 검사점의 평균제곱근오차

모 형 식	오 차	x 방향(mm)	y 방향(mm)
부등각 사상변환	RMSE	0.225255	0.222334
	최대값	0.4892	-0.3786
의사부등각 사상변환	RMSE	0.230338	0.222168
	최대값	0.4546	-0.3783
2차 다항식법	RMSE	0.256654	0.229082
	최대값	0.5122	-0.4502
3차 다항식법	RMSE	0.237023	0.326404
	최대값	-0.3363	-0.6834
평면투영 방정식	RMSE	0.228733	0.220728
	최대값	0.4553	-0.4328

4. 3 최적검정모형식의 결정

앞 절에서 적용한 5 종류의 모형식을 적용한 결과를 분석하므로써, 본 연구에서는 다음과 같은 최적검정모형식을 결정하였다. 이는 검사점의 평균제곱근오차와 그 분포형태 및 각 매개변수의 상관성 등을 고려하여 결정한 것이다.

$$\begin{aligned}
 X &= a_1x + b_1y + c_1x^2 + d_1 \\
 Y &= a_2x + b_2y + c_2xy + d_2
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

식 (7)을 본 연구에 적용하여 매개변수를 산정하고, 이를 검사점에 적용한 결과는 표 4에 나타나 있다. 표 4에 나타난 바와 같이 식(7)을 적용하므로써 검사점의 평균제곱근오차가 표 3에서 정확도가 가장 좋게 평가된 부등각사상변환보다 향상되었음을 알 수 있다.

표 4. 최적검정식에 의한 정확도

매개변수의 산정값	a1 =	0.08498843249254572907
	b2 =	0.00029286409658877614
	c3 =	-0.0000001486312891418
	d4 =	-107.78299862048626778233
산정된 매개변수의 표 준 편 차	a1 =	0.00052441900740583108
	b2 =	-0.08469911835921564713
	c3 =	-0.0000000052570639948
	d4 =	118.53258321742718806036
단위경중률의 분산값		0.036940
RMSE	x 방향 :	0.224516 (최대값 : 0.4832)
	y 방향 :	0.222168 (최대값 : -0.3783)

그림 2는 식(7)의 적용에 의한 검사점에 대한 평균제곱근오차의 분포를 나타내고 있다.

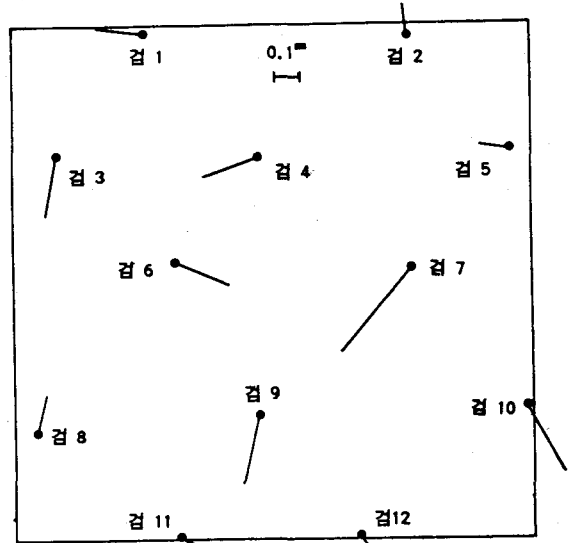


그림 2. 최적검정식에서의 검사점들의 잔차 분포

5. 결 론

본 연구에서는 지형공간정보체계의 자료기반을 위한 영상정보를 취득함에 있어서 주사기(scanner)에 의한 왜곡을 검정하기 위하여 최적검정모형식을 부등각사상변환, 의사 부등각사상변환, 2차 다항식법, 3차 다항식법, 평면투영방정식 등의 평면변환식 등을 적용하여 각 경우의 변환 매개변수를 산정하고 그에 의한 검사점의 오차를 분석하였다.

그 결과, 최적검정모형식을 결정하였고 이를 적용한 결과 검사점의 평균계급근오차를 감소시키므로서 검정의 정확도를 향상시킬 수 있었다.

본 연구에서 제시한 주사기에 대한 검정방법은 기하학적 검정방법을 이용하였으므로 타 종류의 주사기를 검정에도 효과적으로 응용이 가능하다. 따라서, 본 연구의 결과 주사기의 왜곡검정에 대한 간편하고 효율적인 주사기 검정 방안을 제시할 수 있었다.

검정 정확도를 향상시키기 위해서는 향후, 부가매개변수를 도입한 검정모형식의 개발이 필요하다고 사료되며 이에 대한 연구의 수행이 계속되어야 하겠다.

참고문헌

1. P.A. Burrough, "Principles of Geographical Information System for Land Resource Assessment", Clarendon Press, 1988.
2. W.E. Huxhold, "An Introduction to Urban Geographic Information Systems", Oxford University Press, 1991.
3. 유 복 모, "측량공학(개정증보판)", 박영사, 1993, pp.382-390.
4. T.M. McCulloch and R.A. Marinaro, "Producing 1:24,000-Scale Digital Line Graphs vfrom Scanned Data", ACSM-ASPRS Annual Convention Technical Papers, Vol. 2, 1988, pp.234-251.
5. D.D. Greenlee, "Raster and Vector Processing for Scanned Linework", Auto Carto 8, Maryland, 1987, pp.640-639.
6. M.M. Ansoult and P.J. Soille, J.A. Loodts, "Mathematical Morphology: A Tool for Automated GIS Data Acquisition from Scanned Thematic Maps", P.E. & R.S., Vol.56, No 9, 1990, pp.1263-1271.
7. F. L. Tamm-Daniels and D.R. Woodley, "Production Experience with Intergraph's Scan Data Capture Software", 1988 ACSM-ASPRS Annual Convention Technical Papers, Vol. 2, 1988, pp.272-251.
8. L.W. Carstensen, Jr. and J.B. Campbell, "Desktop Scanning for Cartographic Digitization and Spatial Analysis", P.E. & R.S., Vol.57, No.11, 1991, pp.1437-1446.
9. Y. Chen and A.F. Schenk, "A Rigorous Calibration Method for Digital Cammeras", 17th ISPRS Congress Archive I, 1992, pp.199-205.
10. 유 환 회, "GIS의 지형자료 구축을 위한 scanning 방법의 오차분석", 한국측지학회지, 제 10 권 제 2 호, 1992, pp.37-44.
11. C.C. Slama, Manual of photogrammetry, 4th ed., American Society of Photogrammetry, Chapter 4, 1980.
12. D.L. Light, "The New Cammera Calibration System at the U.S. Geological Survey", 1991 ACSM-ASPRS Annual Convention Technical Papers, Vol. 5. 1991, p.237.