Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 2003 / Busan / Korea

Modified Iterative Hough Transform 알고리즘을 이용한 GIS 자료의 갱신에 대한 연구
Updating GIS Data using Modified Iterative Hough Transform Algorithm

손홍규[1), Hong-Gyoo Son · 최종현[2), Jong-Hyun Choi · 피문희[3), Moon-Hee Pi

[1) 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목·환경전공 조교수, Assistant Professor, Dept. of Civil and Environmental Eng., Yonsei University
[2) 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목·환경전공 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil and Environmental Eng., Yonsei University
[3) 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목·환경전공 석사과정, M. S. Candidate, Dept. of Civil and Environmental Eng., Yonsei University

SYNOPSIS : In this study, exterior orientation parameters of one image are determined using linear features of imagery and GIS data based on the Modified Iterative Hough Transform algorithm and the possibility of automatic updating GIS data is presented.

Key words : exterior orientation parameters, linear features, updating GIS data, Modified Iterative Hough Transform

1. 서 론

임의의 출처 자료로부터 대상 자료에 대한 3차원 정보를 갱신하기 위해서는 가장 먼저 두 자료 간의 기하학적 변환 관계를 결정하고 갱신점에 대한 공액점을 찾아야 한다. 한편 영상정보와 GIS 자료간의 위치 관계를 결정하기 위해 기존에 제시되어온 대부분의 방법들은 두 자료 간에 일치하는 기준점과 같은 정확한 점 정합 요소들을 요구한다. 따라서 정확한 점 정합 요소를 알 수 없는 경우 두 자료 간의 관계를 정의할 수 없으며, 점 정합 요소를 입력하는 경우에는 어떠한 기존 프로그램 상에서도 수동으로 수행될 수밖에 없는 한계가 있었다.

본 연구에서는 Modified Iterative Hough Transform 알고리즘을 기반으로 정확한 정합 요소들을 모르는 영상 및 GIS 자료의 선형 정보를 이용하여 정확한 정합 요소를 찾아내어 두 자료 간의 위치 관계를 결정함으로써, 영상 상에는 존재하지만 GIS 자료에는 존재하지 않는 선형 정보의 갱신 여부 확인 및 3차원 위치 자료의 자동 생성에 대한 가능성을 검정하고자 한다.

2. Modified Iterative Hough Transform을 이용한 위치 관계 결정 알고리즘

2.1 영상의 외부 표정 요소 결정을 위한 공선 조건식

지상좌표와 이에 대응하는 사진좌표를 기초로 영상의 공간상의 위치와 회전요소를 결정하는 공간후방

교선법은 공선조건식을 수학적 함수로 사용하며 이는 식(1)과 같다.

$$\begin{pmatrix} x_{ij}-x_p \\ y_{ij}-y_p \\ -f \end{pmatrix} = \lambda R^T(w,\phi,\kappa) \begin{pmatrix} X_j-X_0 \\ Y_j-Y_0 \\ Z_j-Z_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기에서, f는 사진기의 초점거리, x_{ij}, y_{ij}는 사진 상에서 i로 나타나는 지상점 j의 사진좌표, X_j, Y_j, Z_j는 점 j의 지상좌표를 의미하며, X_0, Y_0, Z_0는 사진기 중심의 지상좌표, M은 사진 중심의 회전 요소 w,ϕ,κ의 회전 행렬을 의미한다.

일반적으로 공선조건식의 매개변수 X_0, Y_0, Z_0와 w,ϕ,κ는 영상과 지상에서 동일한 점으로 간주되는 기준점을 사용하여 최소제곱조정법으로 결정한다.

2.2 Modified Iterative Hough Transform을 이용한 외부표정요소결정

누적 배열을 사용하여 영상으로부터 선형 정보를 추출하기 위하여 개발된 Hough Transform(Hough, 1962)은 두 자료의 관계를 정의하는 수학적 모델의 매개변수 값들을 구하는 데에도 적용될 수 있다. Modified Iterative Hough Transform 알고리즘은 Hough Transform알고리즘을 기반으로 완전한 정합 요소를 모르는 두 자료로부터 정합 요소를 찾아내는 동시에 기하학적 변환 모델의 매개변수 값들을 계산하는 기법이다(Habib, 2000).

Modified Iterative Hough Transform을 이용한 외부표정요소 결정에 사용되는 영상좌표 및 지상좌표는 선분 상의 모든 점을 사용할 수 있기 때문에, 6개의 외부표정요소에 대하여 영상 전체에 대한 모든 점들을 사용하면 컴퓨터의 메모리 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 영상을 몇 개의 구역으로 나누어 매개 변수를 적용함으로써 적은 영향을 미치는 구역의 점들을 배제하고 매개변수를 계산하여 이러한 문제를 해결할 수 있다. 본 연구에서는 하나의 영상을 9개의 구역으로 나누어 적용하였으며, 각 매개변수에 영향을 미치는 영상의 구역은 식(2)을 통해 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned} e_x &\approx \frac{f}{H}dX_0 + \frac{x}{H}dZ_0 - \frac{xy}{f}dw + \left(f + \frac{x^2}{f}\right)d\phi + yd\kappa \\ e_y &\approx \frac{f}{H}dY_0 + \frac{y}{H}dZ_0 - \left(f + \frac{y^2}{f}\right)dw + \frac{xy}{f}d\phi - xd\kappa \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, e_x, e_y는 외부표정요소의 변화량 $dX_0, dY_0, dZ_0, dw, d\phi, d\kappa$에 대한 영상의 x, y축에 대한 이동량을 의미한다.

한편 Modified Iterative Hough Transform을 이용하여 외부표정요소를 결정하기 위해서는 메모리 문제를 고려하여 한 번에 결정되는 외부표정요소의 순서로 풀이되어야 한다. 외부표정요소간의 상관관계가 높은 경우, 먼저 계산된 매개변수의 정확도는 다음에 계산될 매개 변수의 정확도를 좌우할 수 있기 때문이다. 그러므로 매개변수 풀이의 순서는 전 단계의 조정에 의하여 다음 단계의 매개변수 조정의 결과에 영향을 미치지 않도록 구성되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 해석적 상호표정 시 외부 표정 요소를 조정하는 순서와 동일하게 (X_0, Y_0) → (κ) → (Z_0) → (w, ϕ)의 순으로 외부표정요소를 풀이하였다(Slama, 1980). Modified Iterative Hough Transform을 이용한 외부표정요소 결정의 알고리즘은 그림 1과 같다.

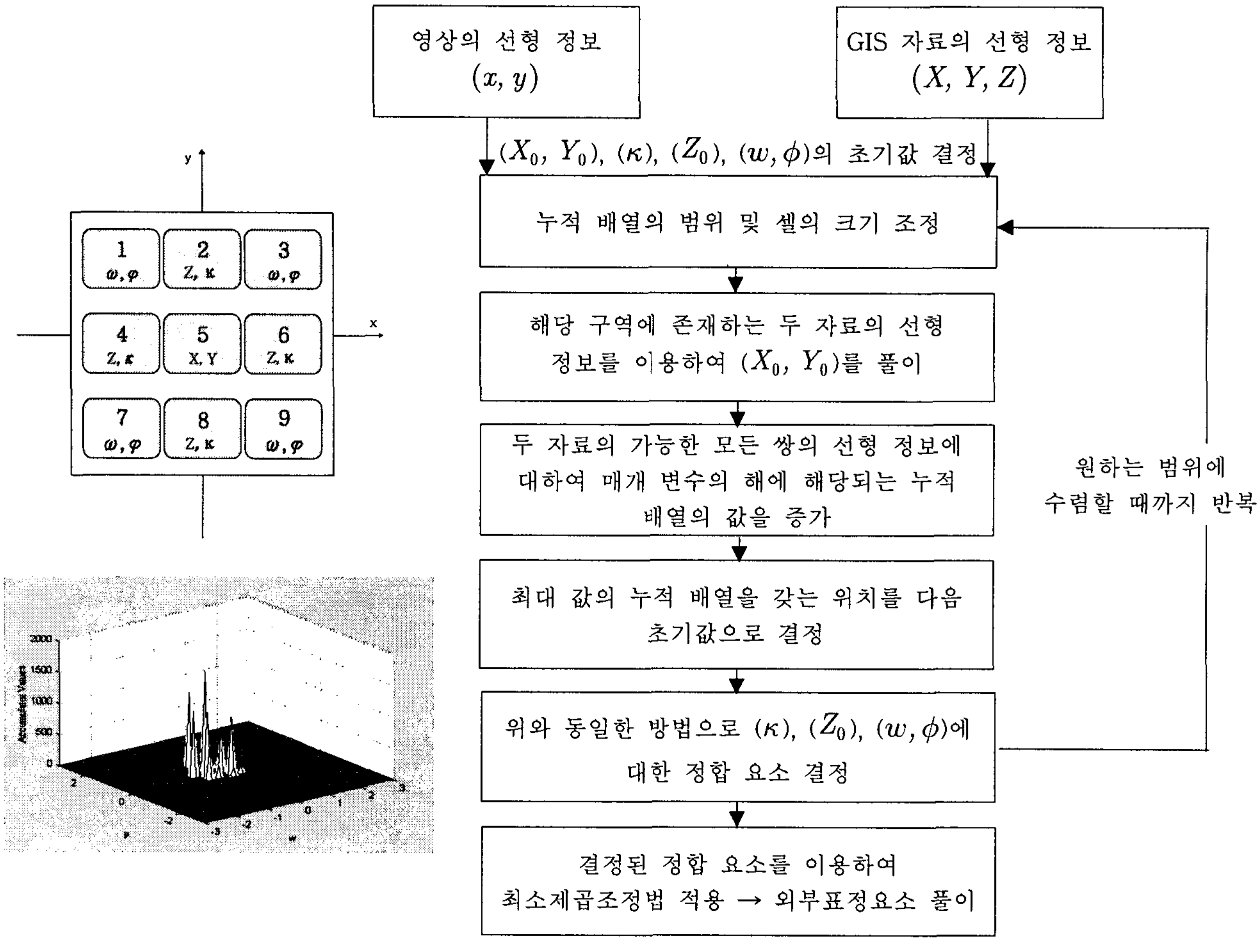

그림 1. Modified Iterative Hough Transform을 이용한 외부표정요소 결정 알고리즘

3. 자료처리 및 결과

본 연구에서는 Modified Iterative Hough Transform 알고리즘을 이용한 GIS 자료의 자동 갱신 가능성을 검증하기 위한 선형 자료로 1999년에 획득된 축척 1/5,000 항공사진과 1996년에 제작된 축척 1/1,000 수치 지도에 존재하는 4m 이상의 도로 중심선을 사용하였다.

(a) 항공사진 (1999년) (b) 수치지도 (1996년)

그림 2. 출처자료(a) 및 대상GIS자료(b)

수치 지도의 경우 1m 간격으로 보간한 수치고도모형으로부터 계산한 3차원의 도로 중심선 좌표 700개를 선형 자료로 이용하였다. 반면 자동화를 고려한다면 항공사진의 선형 자료는 선형 성분 추출 알고리즘(Canny 또는 다른 도로 성분 추출 알고리즘)으로부터 추출되어야 한다. 그러나 Modified Iterative Hough Transform 알고리즘은 정확한 선형 성분 추출이 가능하다는 전제하에 수행되어야 하므로, 본 연구에서는 항공사진의 도로 성분을 직접 디지타이징한 2차원의 도로 중심선 좌표 800개를 선형 자료로 이용하였다(그림 2 참조). 따라서 Modified Iterative Hough Transform 알고리즘을 적용한 정합 요소 탐색은 총 560,000쌍을 대상으로 수행되었다.

그 결과 9번의 반복 조정을 통하여 총 53쌍의 점 정합 요소를 찾을 수 있었으며, 검색된 53쌍의 점 정합 요소를 사용하여 최소제곱법을 통해 표 1과 같은 외부표정요소를 얻을 수 있었다.

표 1. 최소제곱조정을 통한 외부표정요소 계산 결과

	초기값	근사값	RMSE
X_0(m)	190000	194098.7829	±0.5542
Y_0(m)	450000	451441.9154	±0.5223
Z_0(m)	1000	958.0397	±0.2203
w(rad)	0	-0.0063	±0.0005
ϕ(rad)	0	-0.0006	±0.0007
κ(rad)	2	1.5910	±0.0002

4. 결론

본 연구에서는 정확한 정합 요소를 알 수 없는 3차원 지상좌표와 2차원 영상좌표의 쌍에 Modified Iterative Hough Transform을 적용하여 정확한 정합 요소를 탐색하는 동시에 지상좌표와 영상좌표의 기하학적 변환 관계를 결정할 수 있었다. 계산된 외부표정요소는 X_0에 대하여 ±0.5542, Y_0에 대하여 ±0.5223, Z_0에 대하여 ±0.2203m, w에 대하여 ±0.0005, ϕ에 대하여 ±0.0007, 그리고 κ에 대하여 ±0.0002의 RMSE의 결과를 얻었다. 따라서 앞으로 영상으로부터의 선형 추출 기법이 좀더 향상된다면, 기존의 최소제곱법처럼 수동으로 기준점을 입력하지 않고도 Modified Iterative Hough Transform을 이용하여 GIS 자료와 영상의 자료만으로 정합 요소를 찾아내고 기하학적 변환 관계를 결정함으로써 GIS 자료의 자동 갱신이 가능할 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Habib, A., D. Kelley, and A.Asmamaw, 2000, New Approach to Solving Matching Problems in Photogrammetry, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, pp.257-264.
2. Hough, 1962, Methods and Means for Recognizing Complex Patterns, U.S. Patent 3,069,654.
3. Slama, C., 1980, Manual of Photogrammtry, American society of photogrammtery, pp.574-577.
4. Mikhail, E., 1993, Linear Features for Photogrammetric Restitution and Object Completion, Integrating Photogrammetric techniques with Scene Analysis and Machine Vision, SPIE proc., Orlando, Florida, USA, No.1944, pp.16-30.