

수치지도제작 자동화를 위한 도로 추출 알고리즘

Road Extraction Algorithm for Digital mapping automatization

임인섭* · 박경식** · 양승룡*** · 이재기****

Lim, In Seop* · Park, Kyeong Sik** · Yang, sung Ryong*** · Lee, Jae Kee****

1. 서 론

수치지도제작을 위해 수치지항공영상을 이용하여 영상처리기법 및 기타 다른 방법에 의해 대상물을 추출하고자 한다. 하지만, 수치지항공영상이 실제 복잡한 지형·지물을 촬영한 것으로 빛의 밝기와 그림자의 영향 등에 따라 촬영된 영상의 명암도가 변하기 때문에 영상의 밝기값이 매우 복잡하게 이루어져 있다. 이런 특성으로 인해 항공영상에서의 대상물 인식은 경계선 검출기법을 이용하여 윤곽선을 찾은 후 수동으로 이루어지거나, 대상물의 몇몇 특징점들을 수동으로 선택하여 그 데이터를 바탕으로 다음 단계에서 자동으로 하는 반자동 형태로 이루어지고 있다. 수치지항공영상에서 대상물을 자동으로 인식하고 추출하기 위해서는 기하학적 형상이나 특징 또한 자동으로 묘사할 수 있어야 한다. 어떤 영상처리 기법을 이용하더라도 자동으로 형상을 명확하게 나타낼 수 있도록 한다면 특징-기반의 지식들을 통해 관련 대상물을 보다 쉽게 추출할 수 있을 것이다. 주어진 영상으로부터 초기 조건을 자동으로 생성하여 수치지도를 제작하거나 지형정보를 추출할 때, 수작업으로 인해 발생하는 시간과 경제적인 손실을 줄이고, 전문가가 아니더라도 쉽게 활용할 수 있는 자동화 처리기법이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 먼저 도로 영역을 자동으로 추출하기 위한 처리 단계를 정립하고 그 가운데 횡단보도를 자동으로 인식하기 위한 “템플릿 회전 이동 연산자”와 인식된 횡단보도의 장변의 길이를 바탕으로 도로 영역을 추적할 수 있는 “윈도우 범선 탐색 추적 알고리즘”을 개발함으로써 항공영상으로부터 직접 도로정보를 자동으로 추출할 수 있는 기법을 제시하고자 한다.

2. 자동화를 위한 조건 및 처리과정

대상물을 추출하기 위해 일반적으로 많이 활용하고 있는 경계선 검출 기법을 이용하여 영상을 처리한 결과 그림 2이다. 그림 1(a)는 라플라시안(laplacian) 연산자를 이용하여 경계선을 추출한 영상이고, (b)는 소벨(sobel), (c)는 프리윗트(prewitt) 그리고 (d)는 캐니(canny) 연산자를 이용하여 항공영상 전체에 대해 경계선 추출을 실시한 것이다.⁵⁾

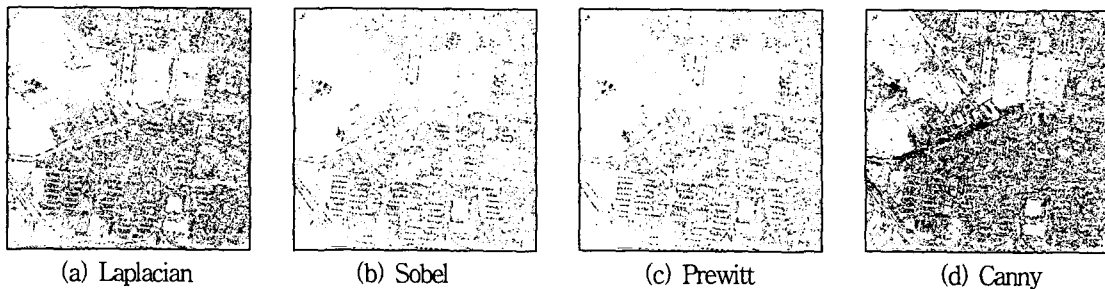


그림 1. 경계선 검출기법에 의해 처리된 항공영상

* 정희원 · 충북대학교 토목공학과 · 공학박사 · 043-273-0485 (E-mail : iso3295@trut.chungbuk.ac.kr)
** 정희원 · 인하공업전문대학 지형정보과 · 전임강사 · 032-870-2245 (E-mail : pks@inhac.ac.kr)
*** 정희원 · 여주대학 토목과 · 조교수 · 031-880-5223 (E-mail : syyang@mail.yeojoo.ac.kr)
**** 정희원 · 충북대학교 토목공학과 · 교수 · 043-261-2403 (E-mail : leejk@chungbuk.ac.kr)

그림 1에서 보는 바와 같이 항공영상 전체에 대해 실시할 경우 매우 복잡한 형태를 나타내고 있어 초기 후보영역이나 인식조건을 찾을 수 없었다. 또한 이를 강화하거나 원 영상에 중첩하여 경계선을 보다 명확하게 표현할지라도 시각적으로 영상에서 대상물의 윤곽을 뚜렷하게 하는 효과는 얻을 수 있지만 컴퓨터에서 자동으로 인식할 수 있는 조건이 발생되지 않는 것이다. 이것은 경계선 검출기법이 항공영상과 같은 복잡한 영상으로부터 대상물 인식 및 추출을 자동화할 경우 부적절하다는 것을 의미한다. 따라서, 본 연구에서는 자동으로 인식할 수 있는 초기조건을 결정하기 위해 경계선 검출과 같은 형상추출이 아닌 대상물별 밝기값 분포 특성을 이용하여 대상물을 인식하도록 하였다.

표 1 도로 자동인식 처리단계 및 기법

Step of process	Processing method
Brightness slicing	• K-means clustering
Composition of bands relative to object	• Overlapping and binary processing
Recognizing crosswalk area	• <u>template window conformal transformation moving operator</u> • differencing • erosion/dilation
Measuring Crosswalk area feature	• spatial moment
Road area recognition and extraction	• <u>window normal search tracking</u> • erosion/dilation • skeletonization

수치항공영상으로부터 도로를 자동으로 인식하기 위한 전체적인 데이터 처리과정은 밝기값 분할(K-means), 대상물 관련 대역영상 조합(대상물 관련대역 중첩), 횡단보도 영역 인식(템플릿 윈도우 이동 연산, 차영상, 침식/팽창), 횡단보도 영역의 형상 측정(공간모멘트), 그리고 도로 인식 및 추출(윈도우 법선 탐색 추적, 침식/팽창, 골격화)과 같이 크게 5 단계로 나눌 수 있으며 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 이 중에서 3번째 단계 및 5번째 단계에서 기존의 영상처리기법이나 대상물 인식기법으로는 앞 단계에서 생성되는 조건이나 데이터를 처리하고 그 다음 단계에서 활용할 수 있도록 하는 데이터를 생성할 수 없었기 때문에, 3번째 단계에서 횡단보도를 자동으로 인식하기 위해 템플릿 회전 이동 연산자를 개발하였고, 5번째 단계에서는 횡단보도의 장변의 길이를 도로 폭으로 하여 도로 영역을 추적할 수 있는 윈도우 법선 탐색 추적 기법을 개발하여, 가능하면 모든 처리과정이 자동으로 연계될 수 있도록 하였다.

3. 대상물 인식 및 도로자동추적 알고리즘 개발

3.1 템플릿 회전이동 연산자

인식하고자 하는 대상물의 크기 및 분포된 방향이 다른 경우에도 대상물의 초기 후보 영역을 추출할 수 있도록 하기 위해 일반화할 수 있는 대상물을 선정해야 하며, 일반화된 템플릿을 적용하기 위해 본 연구에서는 '템플릿 회전 이동 연산자'라는 개념을 도입하였다. 템플릿 회전 이동 연산자는 특정대상물을 인식하도록 하기 위해 대상물의 형상을 일반화된 템플릿으로 만들고 이것을 일정한 각도로 회전하면서 정합하도록 하는 것으로써 템플릿 정합과 이동 윈도우 연산자의 개념을 확장한 것이라고 할 수 있다.

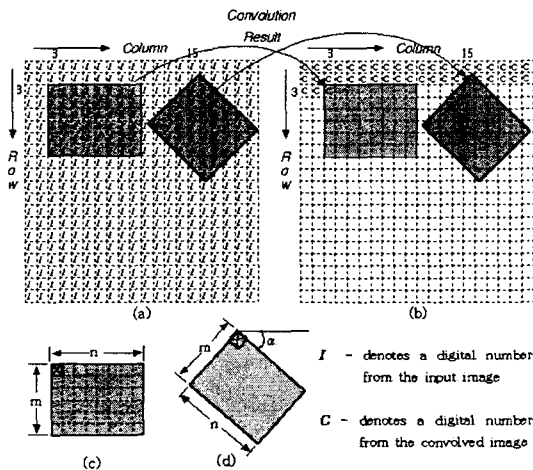


그림 2 템플릿 회전이동 연산자 (a) 입력데이터 (b) 결과영상 (c) 템플릿 윈도우 (d) α 만큼 회전된 템플릿 윈도우

그림 2는 템플릿 회전 이동 연산자에 대한 개념을 나타내고 있다. 그림 2의 (a), (b)는 각각 입력영상과 연산후의 결과영상을 나타낸 것이며, (c)는 템플릿으로 만들어진 탐색윈도우이며, (d)는 템플릿 탐색 윈도우를 α 각도 만큼 회전 변환한 템플릿형상을 나타낸 것이다. 템플릿 회전 이동 연산이 항공영상에서 특정 대상물의 형상을 일반화하여 영상속에서 부분적인 형상의 패턴을 인식하여 어떤 특정 대상물을 인식하기 위해 도입한 것이므로, 그림 2(c)와 같이 $m \times n$ 크기의 일반화된 템플릿 탐색을 위한 커널(kernel) 집합으로 결정하였다.

이것은 대상물의 일부분을 패턴화하여 일반화한 템플릿의 크기가 이동 윈도우 연산자에서 컨벌루션을 하기 위한 커널값들의 집합과 같이 3×3 , 5×5 , 7×7 의 크기보다는 훨씬 더 큰 영역의 집합을 갖게 된다. 또한, 이동 윈도우 연산자에서 연산을 하기 위한 커널값들의 집합이 홀수개의 행·열로 이루어져 연산후의 결과값은 커널 집합의 중앙에 기록되도록 하였다.

하지만, 템플릿을 결정할 때 영상에서 대상물의 일부분을 샘플링하여 실시함으로, 탐색 윈도우의 커늘 집합의 행·열의 값이 반드시 출수가 되지 않을 뿐만 아니라, 템플릿을 일정한 각도로 회전하여 영상내의 대상물을 탐색하도록 하였기 때문에 탐색윈도우의 중심을 명확하게 결정할 수 없다는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 템플릿을 전 영상에 대해 연산을 실시할 때, 그림 2(c)와 (d)에서 템플릿 탐색 윈도우의 모서리 부분에 \boxtimes 표시한 곳에 기록하도록 한다.

영상에서 화소의 순서대로 비교해 나갈 때 템플릿 윈도우의 첫 번째 화소 모서리의 위치가 i 번째 행과 j 번째 열에 위치할 때의 템플릿 탐색 윈도우 영역($m \times n$)내에 포함된 입력영상의 화소집합을 I_{ij} 라 정의하고, 영상내에서 템플릿 윈도우 영역(커늘 집합)의 화소 집합을 T_{ij} 라 정의할 수 있다. 템플릿 윈도우 영역 내에 포함된 화소값이 특정 대상물의 템플릿과의 동일성을 판단하기 위해 다음 식과 같이 그 차이값을 계산하도록 한다.

$$C_{ij} = \frac{1}{m \times n} \{ T_{ij} - I_{ij} \} \quad (1)$$

탐색윈도우 내에 있는 화소집합과 템플릿 영역 내에 있는 화소집합간의 값이 일치한다면 오차가 0이 될 것이고 일치하는 부분이 없는 경우에는 오차가 255가 될 것이다.

화소값이 0 이나 255로 기록되고 그렇지 않더라도 8 bit 그레이 영상내에서의 모든 화소의 밝기값이 (0~255)사이에 있으므로, 패턴화된 템플릿의 크기가 $m \times n$ 개의 영역에 대해 계산한 값이 C_{ij} 에 저장할 전체 오차량은 $(0 \sim 255) \times (m \times n)$ 이 되어 $m \times n$ 의 크기에 따라서 영상으로 표현할 경우 8 bit 화색 영상으로 표현하지 못할 경우가 발생하게 된다. 따라서, C_{ij} 에 저장되는 오차량은 샘플링된 영상의 크기에 영향을 받지 않도록 하기 위해서 오차량을 $m \times n$ 으로 나눈 상태 즉 0~255의 값을 갖도록 하여 C_{ij} 에 저장한 값을 그레이 영상으로 표현할 수 있도록 한 것이다. 템플릿 회전 이동 연산자는 도로를 추출하기 위한 기본 조건이 되는 횡단보도의 후보 영역을 자동으로 인식할 수 있도록 하기 위함이다.

3.2 윈도우 법선 탐색 추적 알고리즘

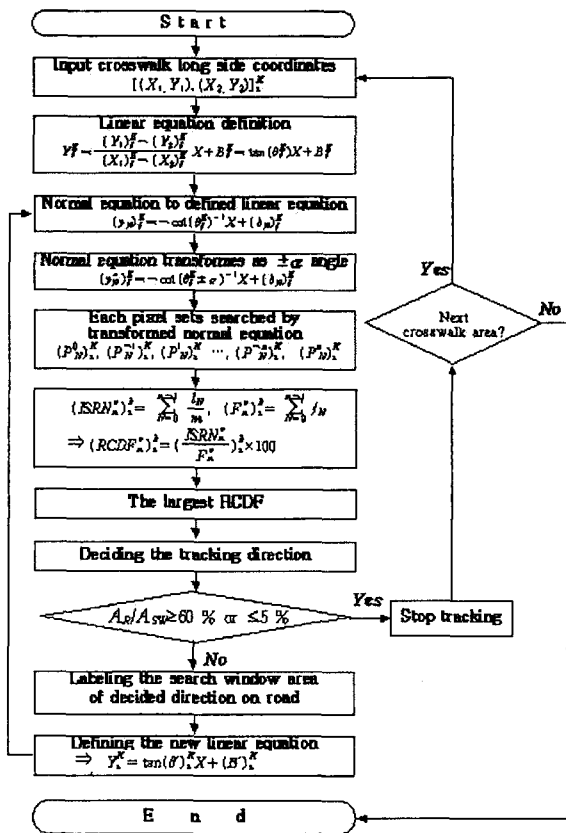


그림 3. 윈도우 법선 탐색 추적 알고리즘

도로 추적 알고리즘의 흐름도는 그림 3과 같다. 특정 대상물 인식에서도 설명한 바와 같이 횡단보도 영역을 자동 인식하고 그 영역을 기준으로 공간모멘트 기법에 의해 측정된 횡단보도 장변 길이를 입력값으로 사용하였다. 이처럼 윈도우 법선 탐색 알고리즘은 항공영상에서 횡단보도를 인식하고 그 장변의 길이를 초기 데이터로 활용하기 때문에, 횡단보도가 있는 도로에 대해서는 초기 입력 데이터에 의해 자동으로 처리되지만, 횡단보도가 없는 도로의 경우에는 수동으로 그 좌표를 입력함으로써 실행될 수 있도록 하였다. 다시 말해, 도로의 넓이 값을 결정해 주면 이를 바탕으로 도로를 추적할 수 있도록 한 것이다. 입력된 장변의 좌표를 이용하여 장변의 선형방정식을 결정하고 장축 위에 있는 N 개의 화소에 대해 장축의 선형방정식에 대한 N 개의 법선방정식을 결정하였다. 그러나, 탐색 윈도우의 추적 방향을 결정하기 위해서 N 개의 법선방정식의 기울기 값을 $\pm \alpha^\circ$ 만큼 변화시키면서 $2\alpha + 1$ 개에 해당하는 각 법선 탐색 윈도우상에 있는 화소값들의 집합 $(P_N^0)^K, (P_N^{-1})^K, (P_N^1)^K, \dots, (P_N^{\alpha})^K, (P_N^{-\alpha})^K$ 을 결정하고 이 값들에 대한 정보검색율(ISRN)과 발생빈도지수(F)를 통해 탐색윈도우의 도로방향 결정 인자들을 계산한다. 이렇게 계산된 값들 중에 가장 큰 값을 도로를 추적하기 위한 탐색윈도우의 추적 방향으로 결

정하였다. 추적방향으로 결정되면 탐색 윈도우내에 정보로 인식된 면적이 탐색윈도우 면적(A_{SW})에 대해 5~60% 사이에 있을 경우 그 영역을 표시하도록 하였다. 그런 다음, 결정된 윈도우에 대해 다시 선형방정식을 결정하고 앞에서 설명한 과정을 반복하도록 하였다.

그러나 법선 탐색 윈도우를 통해 도로영역을 검색하고 표시하면서 영상으로부터 도로를 분류하는 도중에 탐색 윈도우 내에서 정보로 인식된 면적(A_R)이 탐색윈도우 면적(A_{SW})에 대해 60%이상일 경우나 5%미만일 경우에는 탐색을 멈추게 된다. 추적을 종료하고, 다시 다른 횡단보도 영역이 있는지 확인한 후 처리해야 할 다른 영역이 있으면, 그 영역에 대해 다시 선형 방정식을 결정하고 법선 방정식을 세우는 등 앞에서의 모든 과정을 반복하도록 하였다. 그리고 다른 횡단보도 영역이 더 이상 없을 경우 전체 영상에 대해 도로 추적을 종료하도록 하였다. 수치항공영상(그림 4)에서 대상물과 관련된 대역영상(그림 5)에서 개발된 알고리즘을 적용하면 그림 6과 같다.



그림 4. 수치항공영상



그림 5. 도로관련 대역 영상

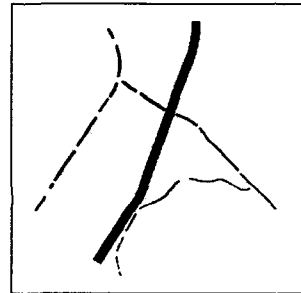


그림 6. 윈도우 법선 탐색 기법에 의해 인식된 영역

4. 결 론

본 연구는 수치지도제작 자동화를 위해 수치항공영상의 특성을 파악하여 수치항공영상으로부터 직접 대상물을 자동으로 인식하고 추출할 수 있는 자동화 처리기법 및 알고리즘을 개발하여 기존의 영상처리 및 인식 기법을 함께 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수치항공영상에서 관련된 대상물의 밝기값 특징을 요약하고 대역중첩영상을 조건으로 특정대상물을 인식할 수 있는 템플릿회전이동 연산자 및 윈도우 법선 탐색 추적 알고리즘을 개발하였다. 따라서, 처리단계중 일부 대상물 인식을 수동이나 반자동으로 처리하지 않고도 영상으로부터 지형정보를 얻을 때까지 모든 과정이 연계될 수 있도록 하므로써 일련의 자동화 처리가 가능하도록 하였고, 수치항공영상으로부터 지형정보추출 및 지도제작을 자동화 할 수 있다는 가능성을 제시할 수 있다.
2. 템플릿 회전 이동 연산자는 횡단보도 형상을 일반화하고 이것을 템플릿으로 제작하여 전체 영상에 대해 이를 일정한 각도로 변환하면서 정합하도록 하였으며, 템플릿 회전 이동 연산자를 실행하여 계산된 결과값에 대해 일정한 수준의 정합 오차(80 of 256, 약 30% 오차율)를 허용하고 이것을 8 bit 회색 등급 영상으로 표현하도록 함으로써 대상물을 인식하도록 하였기 때문에, 템플릿 정합의 1 : 1 정합성에 대한 문제점을 보완할 수 있었다.
3. 도로 차선관련 대역 중첩 영상에서 표현된 정보로는 도로 영역을 자동으로 인식하기 어렵기 때문에, 윈도우 법선 탐색기법을 개발함으로써 원영상 중첩, 밝기값 강화, 판단, 수동추출 등의 처리과정을 거치지 않고도 도로의 방향성을 고려하여 도로 영역을 자동으로 추적할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 이재기, 박경식, 임인섭(2001) 수치정사투영영상으로부터 지형공간정보 추출기법, 대한토목학회논문집, 제 21권 제 6-D 호, pp 915~924.
2. Hildreth, E. C., "Edge Detection", Artificial Intelligence Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology, 1985, pp. 3~19.
3. Accame, M., and De Natale, F. B. B., "Edge Detection by Point Classification of Canny Filtered Images", Signal Processing, Vol. 60, 1997, pp. 11~22.
4. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods(1993) Digital Image Processing, Addison-Wesley publishing com.
5. 이승환, "패턴인식의 원리 1권", 홍릉과학출판사, 1997, pp. 96~100.