한국측량학회지, 제 18 권 제 1 호, pp. 1~9(2000년 4월 25일)

수치정사투영영상을 이용한 수치지도제작
Digital Mapping Based on Digital Ortho Images

이재기* · 박경식**
Lee, Jae Kee · Park, Kyeong Sik

要 旨

최근 들어 정사투영영상에 대한 필요성과 그 효용성이 급격히 늘어나고 있으며, 정사사진지도 뿐만 아니라 여러가지 응용분야에 적용되고 있다. 본 연구에서는 특별한 수치지도 도화장비 없이 수치정사투영영상만을 이용하여 수치지도를 제작할 수 있도록 도형정보를 자동으로 추출하고 분류하고자 한다. 이를 위하여 영상처리의 여러 가지 기법들과 퍼지이론을 적용하여, 도로경계와 차선 그리고 건물의 종류에 따라 자동으로 레이어가 부여되도록 하였다. 특히 건물의 경우 화소 단위로 추출된 외곽 벡터라인이 상당히 복잡한 형태를 지니고 있으나 모서리간은 1차원 선형을 지니도록 프로그램을 개발하였다. 연구결과 자동으로 모든 대상물을 일시에 추출하여 인식하지는 못하였으나, 반자동을 가미하였을 때 50 cm 내외의 오차를 보이고 있었다. 따라서 1/5,000 축척의 수치지도를 제작하는 데 있어서 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In the recent day, the necessity and the effective usage are increased rapidly, and it is applied in many other fields as well as in the field of ortho-photo map. In this study, we extract each objects on the aerial image and automatically classify graphic information to produce digital map using only digital ortho-image without particular drawing devices for producing digital map. For this purpose, we have applied a lot of the image processing techniques and fuzzy theory, classified outline and lane of road and building, and had each layer according to each feature. Especially, in the case of the building, the outer vector lines extracted by pixel unit at the building were very complex, but we have developed the program to be expressed by I-dimensional linear type between building corners. In the result of this study, we could not extract and recognize all of the object on the image all together, but we have got the error within 50cm using semi-automatic technique. Therefore, this method will be used effectively in producing 1/5,000 digital map.

1. 서 론

현재 우리나라에서는 정기적으로 국토전반에 걸쳐 항공촬영을 수행하고 있으며, 지방자치단체에서도 여러 가지 목적에 의해 항공촬영을 수행하고 있다. 그러나 막대한 양의 항공사진은 지형도제작 및 몇 가지 활용분야에 한시적으로 사용되고 있을 뿐 데이터베이스구축을 통한 체계적인 활용은 하지 못하고 있는 실정이다. 이에 서울시를 비롯한 여러 기관에서는 항공사진을 수치정사사진화하여 데이터베이스를 구축하고자 연구를 수행하였으며, 그 활용방안에 대해서도 여러 연구가 수행되고 있다.[1,2]

*충북대학교 토목공학과 교수
**충북대학교 토목공학과 박사수료

정사사진이란 전통적인 형태의 지도에서 부호 대신 연속된 사진영상으로 되어있는 평면도와 같다.[3] 따라서 이것은 항공사진과 선형지도의 장점을 모두 가지고 있을 뿐만 아니라 일반지도에서처럼 직접 측정을 수행할 수도 있다.[4] 즉, 경사와 편위를 수정한 정사사진은 지도와 동일한 정사투영이기 때문에 이를 이용하여 수치지형도를 제작할 경우 많은 이점이 예상된다.

지금까지 수치지도를 제작하기 위해서는 고가의 특별한 도화장비뿐만 아니라 여러 가지 데이터와 좌표들이 필요하였다. 이는 2차원 수치지도를 제작하거나 소규모 지역의 지도제작에서도 예외는 아니어서 시간적, 경제적으로 불합리한 경우가 발생되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 한 장의 정사투영영상으로부터 고가의 특별한 도화장비 없이도 직접 수치지형도를 제작

표 1. 항공사진 내역

항 목	내 역	항 목	내 역
촬영일시	1998. 3. 1	필름크기	23×23cm
촬영축척	1/5,000	스캐너	벡셀VX3000
촬영카메라	RC30(WILD)	해상도	1600dpi

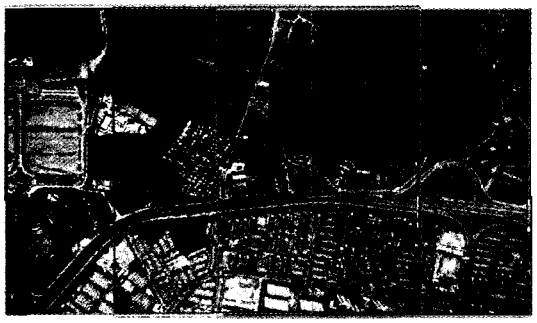

그림 1. 대상지역의 항공사진

표 2. 기준점 좌표

No	X	Y	Z
409355	199493.810	436069.542	47.253
409709	199589.647	435848.054	51.767
410710	199747.332	436130.990	47.716
411298	199922.547	436469.030	43.728
412299	200004.655	436784.089	46.069
412711	200192.601	436785.775	53.793
509296	200182.950	435483.896	118.228
509409	199929.334	435814.641	57.801
509707	200366.760	435583.964	157.340
509909	200265.817	435589.034	145.009
510410	200149.166	436160.955	53.059
510708	200525.996	435955.063	75.227
511299	200763.533	436440.493	82.192
511411	200304.859	436514.586	97.949
511811	199927.673	436712.478	44.800

할 수 있는 기법을 제시함으로써 필요에 따라 신속하고 경제적으로 활용할 수 있도록 하고자 한다. 다만, 한 장의 정사투영영상만으로는 등고선 생성이 곤란하기 때문에 자동DEM 추출에 의해 생성된 것 또는 기존 지도상의 것을 접합하여야 한다.

2. 수치정사투영영상 제작

실험을 위하여 본 연구에서는 최근 국가지리정보체계 시범구역으로 설정되어 항공사진과 지상기준점 뿐만 아니라 1/1,000수치지도까지 최신의 각종 데이터가 구비되어 있는 경기도 과천 일대를 실험 대상지로 정하였다. 이 지역은 산지와 도로, 도심지역이 골고루 분포하고 있어 여러 가지 실험을 행할 수 있는 장점이 있다.

선정된 항공사진은 제15번 스트립의 9, 10, 11번 항공사진으로 종중복도는 60%이며 내역은 표 1과 같고 그 현황은 그림 1과 같다.

정사투영영상을 제작하기 위하여 이용한 장비는 인터그래프사의 이미지스테이션 Z이다.

먼저 9번사진과 10번사진을 한모델로 하여 내부표정, 상호표정 절대표정을 실시하였으며 이때 정사투영영상을 제작하기 위한 기준은 다음 모델과의 모자이크를 고려하여 10번 사진을 택하였다.

표 2는 절대표정에 이용한 기준점 좌표이다.

두 번째 모델인 10번과 11번사진에서도 역시 첫 번째

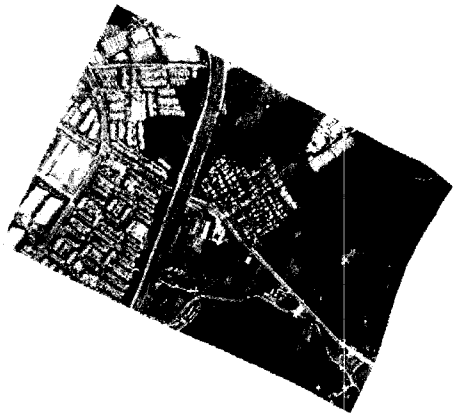

그림 2. 정사투영영상(모델 1)

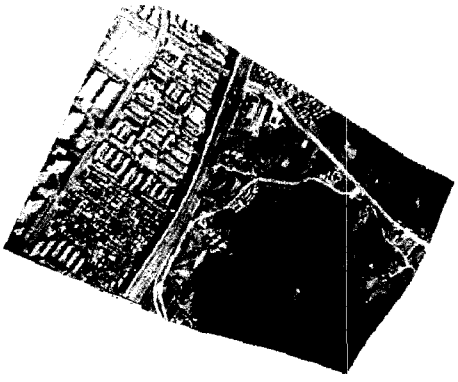

그림 3. 정사투영영상(모델 2)

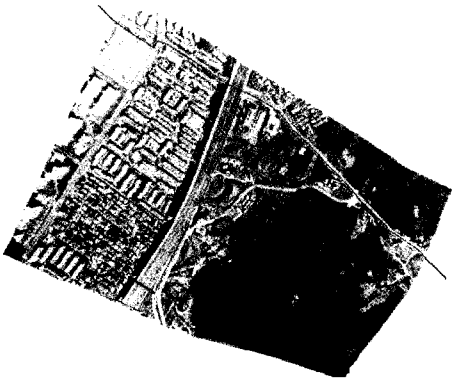

그림 4. 접합면 설정

그림 5. 모자이크 된 정사투영영상

모델과의 모자이크를 고려하여 10번사진을 정사투영영상의 기준으로 하였다.

그림 2와 3은 각각 1번과 2번 모델에 대한 정사투영영상이다.

두 모델을 모자이크 하기 위하여 가능한 한 접합면이 드러나지 않도록 그림 4와 같이 도로를 따라 수작업으로 접합면을 설정하였고, 모자이크된 영상은 그림 5와 같다.

첫 번째와 두 번째 모델에 대한 정사투영영상은 영상 전체에 대하여 서로 다른 밝기값을 가지고 있으며, 이 차이가 클 경우 두 영상을 모자이크 하였을 때 대상물 인식에 문제점을 발생시킬 수 있다.

모자이크를 수행함에 있어 두 영상간의 밝기값을 조정하는데는 정합누적빈도 방법과 정합평균편차 방법이 일반적으로 사용되지만, 비슷한 지형에 대해서는 후자가 효과적이므로 본 연구에서는 이를 이용하여 모자이크를 수행하였다.

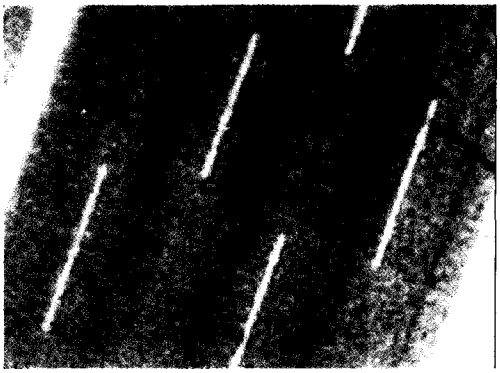

그림 6. 접합면의 밝기값 차이

그림 6은 모자이크 후 접합면의 밝기값 차이를 보여주고 있으나 미세하여 경계선 추출에는 영향을 미치지 못하였다.

3. 도형정보의 분류 추출

수치영상으로부터 대상물을 추출하는 것은 사진측량의 기본적인 작업이다. 동시에 이것은 자동화된 방법 또는 알고리즘 경향이 아직까지는 명백하게 나타나 있지 못한 연구과제이기도 하다.[5] 수치영상으로부터 대상물을 추출하는 것은 영상내에 있는 특징을 명확하게 하고 외곽이나 중심선을 정밀하게 결정하는 두 가지 요소에 의해 좌우된다. 따라서, 수치정사투영 영상으로부터 수치지형도를 제작하기 위해서는 수치영상처리기법을 이용할 수 있다.

이중, 가장 핵심이 되는 것은 영상으로부터 필요한 대상물만을 정확하게 추출하는 부분이다. 이는 경계선 추출로부터 시작이 되며, 본 연구에서는 두 가지 모듈로 구성하였다. 첫 번째는 순수하게 경계선만을 추출하는 것으로 기존의 방법과 동일하며, 라플라시안을 이용하여 도로와 기타 배경과의 경계를 추출하는데 사용하였다. 두 번째는 대상물 내부로부터 경계가 나올 때까지 대상물 전체를 인식하여 매핑 하는 것으로 건물과 도로의 차선 인식에 사용하였다.

3.1 도형정보 인식 조건

정사투영영상으로부터 수치지도를 제작하기 위해서는 일반적으로 사용하는 경계선추출이나 8근방탐색법에 다

음의 몇 가지 사항을 고려해 주어야 한다.

도로와 같은 선형 대상물의 경우 도로전체를 인식하기 보다는 도로와 인접부지간의 경계, 도로내부의 중앙선이나 차선 등에 대하여 상기한 두 가지 모듈로 분류하여 인식을 수행하여야 한다.

실험에 사용한 항공사진은 화소크기가 16×16 μm이다. 즉 화소 한 개의 크기는 실제 8×8 cm가 되므로 일반 차선의 경우 그 폭이 대략 15 cm내외 이고 길이가 3 m이상임을 감안할 때 폭 2~3개, 길이 38개 이상의 화소로 표현된다. 만약 경계선 인식이 2 m이내에서 멈추어지면 그 점을 기준으로 해서 진행방향으로 다시 13개의 범위 내에서 동일한 패턴을 찾아 존재하면 연결하고 그렇지 않으면 인식을 끝내도록 하였다. 점선으로 되어 있는 차선의 경우 그 간격이 좁을 때 하나의 실선으로 연결될 우려가 있으나 일반적으로 그 간격은 1 m 이상이 되기 때문에 문제시되지 않는다. 또한 차선은 백색 또는 노란색으로 페인트칠이 되어 있어 그레이 영상에서는 그 밝기값이 대부분 200 이상으로 표현된다.

따라서, 이상의 조건을 지닐 경우 도로의 차선으로 인식하여도 무리가 없다. 다만 경계선 추출만으로는 벡터라이징시 두 개의 선형으로 표현되기 때문에 경계선내의 영역 전체를 밝기값 255 즉 흰색으로 재 매핑되도록 하였다.

노견의 바깥쪽 경계 역시 차선에 의한 구분은 없지만 실제도로의 일부분으로 간주되어야 한다. 이 부분은 상기한 방법과 같이 폐합된 영역으로인식 되지 않기 때문에 기존의 경계선 추출 방법을 그대로 사용하고 단지 경계로 인식된 부분에 대해서만 매핑을 해주면 된다.

건물의 경우 대축척 정사사진의 특성상 무너짐이나 건물의 경사로 인하여 사각지대가 발생함으로서 정확한 위치를 표현하기에는 무리가 있다. 결국, 건물의 옥상이나 지붕을 기준으로 경계처리를 하여 폐합되면 재 매핑 하도록 하였다. 이때 한 건물의 최장변이 100 m 즉 1250 화소를 기준으로 이것보다 많은 경우는 일단 건물인식에 문제점이 있는 것으로 보고 인식을 중단하도록 하였다.

결론적으로 영상으로부터 도형정보를 인식할 때 경계선을 기준으로 영역을 전부 흰색으로 재 매핑 할 것인가 경계선만 매핑할 것인가의 결정이 선행되어야 한다는 것이다.

표 3은 이상의 조건을 정리한 것이고 분류기준은 경계선의 폐합과 장단변의 비율에 달려 있다는 것을 알 수 있다.

표 3. 영역매핑과 경계매핑의 조건

차선(점선)	차선(실선)	도로	경계	건물
단변(화소)	3이하	3이하	8이하	8이하
장변(화소)	38이상	38이상	38이상	38이상
장변/단변	12이상	12이상	12이상	12미만
밝 기 값	200이상	200이상		
경 계 선	폐 합	폐 합	개 방	폐 합

f_4 $(i-1, j-1)$	f_3 $(i, j-1)$	f_2 $(i+1, j-1)$
f_5 $(i-1, j)$	f_0 (i, j)	f_1 $(i+1, j)$
f_6 $(i-1, j+1)$	f_7 $(i, j+1)$	f_8 $(i+1, j+1)$

그림 7. 화소 f_0의 4 및 8근방 탐색

3.2 도형정보 인식

전체영상으로부터 특정 도형에 포함되어 있는 임의의 한 화소를 인식하여, 특정도형 전체를 인식하도록 연장시키기 위해서는 선 추적이나 경계선 추출 등에 많이 사용되는 근방연산을 하여야 한다. 임의의 화소(i, j)에 대하여, 화소의 집합 $(i+p, j+q)$은 그 화소에 대하여 근방(neighbor)이 된다. 여기서 p와 q는 적당한 정수이며, 본 연구에서는 1이다. 따라서 근방연산은 한 화소를 처리할 때 그 화소의 근방, 예를 들면 4근방 또는 8-근방의 화소를 참조해서 처리하는 것이다.

그림 7은 화소 f_0의 근방을 나타낸 것으로, 직선 방향 즉 f_1, f_3, f_5, f_7는 4-근방이 되며 여기에 대각선 방향의 값들 모두를 고려하게 되면 8-근방이 된다.

영상으로부터 대상물을 인식하기 위한 근방연산의 단계는 다음과 같다.

1 단계: 전체영상을 평활화 한 다음 경계선 추출을 한다. 만약 결과가 좋지 않은 부분은 수정을 해준다.

2 단계: 영상의 첫 화소에서 시작하여 배경영상과 특정도형의 경계점중 탐색완료 표시가 있는 화소는 이미 탐색이 끝난 것이므로 건너뛰고, 표시가 없는 화소를 발

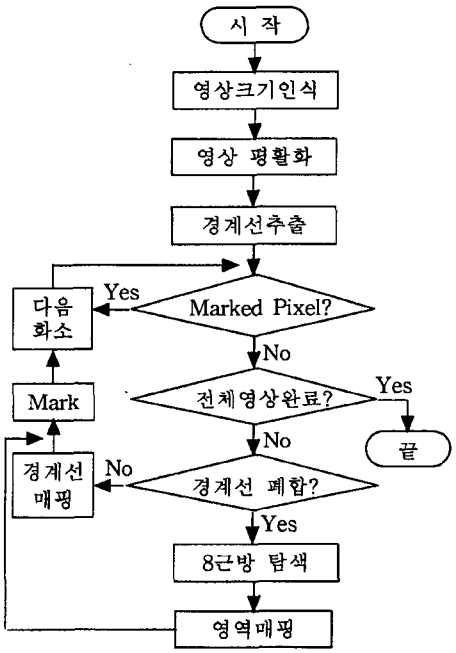

그림 8. 영상인식 흐름도

견하면 그 화소를 f_0로 하여 8-근방 탐색을 시작한다.

3 단계: f_0의 8-근방은 먼저 f_1에 대하여 탐색을 시작하여 반시계 방향으로 차례로 밝기값을 검색하며 탐색 완료 표시를 한다. 만약 8-근방의 화소가 모두 0-화소일 때는 f_0를 고립점으로 인식하고 그 점에 대한 탐색을 끝낸다.

전 단계에서 탐색되는 각각의 화소에 대한 위치와 밝기값은 처리즉시 저장시켜 다음 계산에 이용되도록 하였다.

영상인식의 흐름도는 그림 8과 같다.

인식된 화소는 벡터라이징을 위해 재 매핑을 하게되며, 원활한 벡터라이징을 위해서는 인식된 영역 전체가 하나의 통일된 색으로 매핑 되는 것이 좋다. 벡터라이징은 흑백상태에서 이루어지므로 경계로 인식된 부분과 폐합된 경계선내부의 전 영역을 밝기값 255인 흰색으로 매핑 하도록 하였다.

이렇게 하기 위해서는 영상으로부터 특정도형과의 경계 즉 농도가 급격히 변하는 곳을 먼저 인식하여야 하며, 1차미분과 2차미분을 사용하여 구할 수 있다. 그러나 실제로는 대상이 수치영상이므로 차분을 구함으로써 경계를 구할 수 있다.

x 방향과 y 방향의 차분은

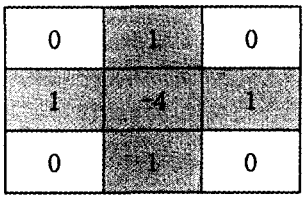

그림 9. 라플라시안 마스크

$$\Delta_x f(i, j) = f(i, j) - f(i-1, j) \quad (1)$$
$$\Delta_y f(i, j) = f(i, j) - f(i, j-1)$$

에 의해 구해질 수 있다.

이와 같이 방향성을 가진 1차미분은 영상중의 경계선 방향에 따라 미분값이 변하기 때문에, 본 연구와 같은 수치영상 처리에서는 경계선의 방향에 관계없이, 농도 변화의 크기에 따른 미분값을 계산하는 2차미분인 라플라스 연산자(Laplacian operater)를 사용해야 한다.[6,7]

라플라스 연산의 형태는 식 (2)와 같으며,

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (2)$$

수치영상에서 라플라스 연산은 식 (3)으로 정의된다.

$$\begin{aligned}
&\nabla^2 f(i, j) = \Delta_x^2 f(i, j) + \Delta_y^2 f(i, j) \\
&= [\Delta_x f(i+1, j) - \Delta_x f(i, j)] + [\Delta_y f(i, j+1) - \Delta_y f(i, j)] \\
&= [f(i+1, j) - f(i, j) - \{f(i, j) - f(i-1, j)\}] \\
&+ [f(i, j+1) - f(i, j) - \{f(i, j) - f(i, j-1)\}] \\
&= [f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1)] - 4f(i, j)
\end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $\Delta_x f(i, j)$, $\Delta_y f(i, j)$는 식 (1)을 이용했다.

식 (3)을 가중행렬의 형태로 나타내면 그림 9가 되며, 이를 사용하여 영상에 적용시키면 영상의 라플라시안을 구할 수 있다.

그림 10의 상단 그래프는 원 영상의 경계선을 나타낸 것이고, 하단 그래프는 라플라시안 처리를 한 경계선을 나타낸다. 라플라시안을 적용할 경우 경계선의 상단과 하단에서 각각 양과 음의 피크가 발생하게 되므로 경계의 위치를 찾기 위해서는 두 피크의 중앙에서 라플라시안이 0이 되는 장소 즉, 영점 교차점(zero-crossing)을 찾으면 된다.

그러나, 라플라시안은 그림 10과 같은 특징에 의해 잡

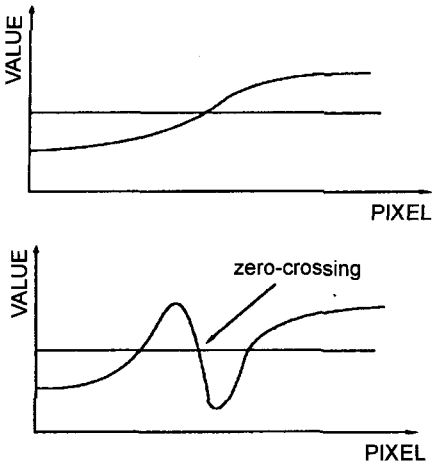

그림 10. 라플라시안과 영점교차점

음에 강하게 반응하기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 필요하다.[8] 미리 영상을 평활화 해 두거나, 영상중에 나타낸 가중 매트릭스로 영상을 필터링하는 방법 등 여러 가지 방법이 있을 수 있으나, 본 연구에서는 1차적으로 영상을 평활화 시키고, 탐색시 미리 입력되어진 최소 인식 범위보다 크기가 작은 경우 잡음으로 간주하여 소거하도록 하였다. 2차적인 수단으로 오류가 있을 경우 직접 대상물의 영역을 지정하여 수정할 수 있도록 하였다.

포장된 도로의 경우 차선이 흰색 또는 노란색 으로 채색되어 있고, 도로변은 주변과 상당한 밝기값의 차이를 보이고있어 경계의 인식이 상당히 양호한 편이었다. 특히 고속도로의 경우는 아주 이상적으로 분포하고 있어 매우 신속하게 작업이 이루어질 수 있었다.

추출된 대상물에 대한 벡터라이징은 우선 크게 도로와 건물 두 가지로 분류하여 레이어가 자동설정 되도록 하였고, 분류조건은 *3.1*절의 표 *3*을 이용하였다.

경계선 내부 전체가 영역으로 인식된 도로를 대상으로 하는 벡터라이징은 특별한 알고리즘 없이 기존의 방법을 그대로 적용하더라도 문제가 없었다.

그림 11과 12는 도로부분에 대한 경계선 추출과 벡터라이징 결과이다.

그러나, 건물의 경우 상기한 방법만으로는 그늘, 사각지대 등과 같은 주변여건으로 인하여 경계를 인식하는데 있어서 한계가 있었다.

선행 연구를 통하여, 강영욱 등은 항공사진으로부터 건물의 선형정보를 묘사하는 작업이 아직까지는 완벽하게 되지 않는다고 결론을 내린바 있으며[2], 유환희 등은 반

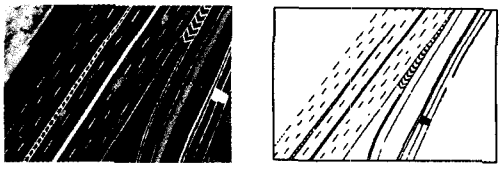

그림 11. 도로의 인식

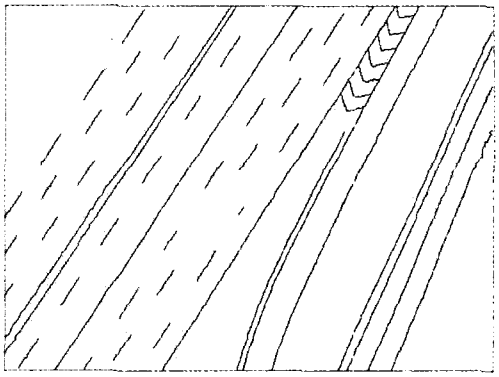

그림 12. 도로의 벡터라이징

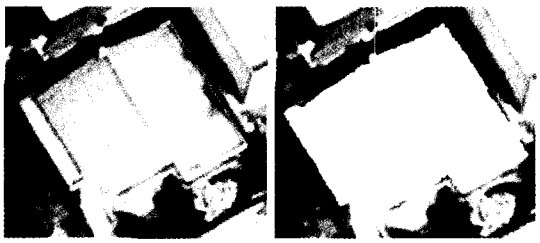

그림 13. 원 영상과 건물 인식영상

자동에 의한 방법을 모색하였다.[9]

본 연구에서 역시 건물경계의 자동추출은 매우 어려운 문제였으며, 결국 반자동으로 처리하도록 하였다. 전체영상이나 선택영역으로부터 불완전하게 추출된 건물경계에 대해서는 수작업으로 추출하였다.

그림 13은 대상물의 원래영상과 건물로 인식된 영상을 나타낸 것이다.

도로의 경우는 인식된 대상물의 영상을 하나의 선형으로 처리하였으나 건물의 경우 외곽을 선형으로 표현하여야 하므로 좀 더 특별한 방법으로 벡터라이징을 수행해야 된다.

일단 건물의 경계선에 대하여 추출이 완료되어 전체가 인식되면 벡터라이징을 수행하게 된다. 실제 건물의 경계선에 대하여 하나 하나 선형으로 벡터라이징을 수행하게 되면 수작업이 될 수 밖에 없고 이것은 오히려 처음

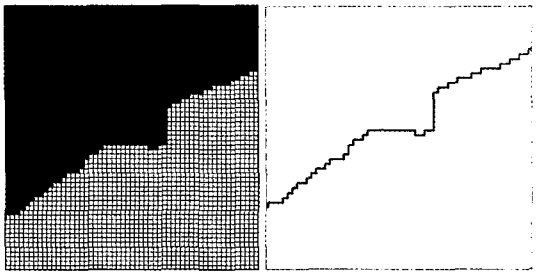

그림 14. 외곽선 벡터라이징

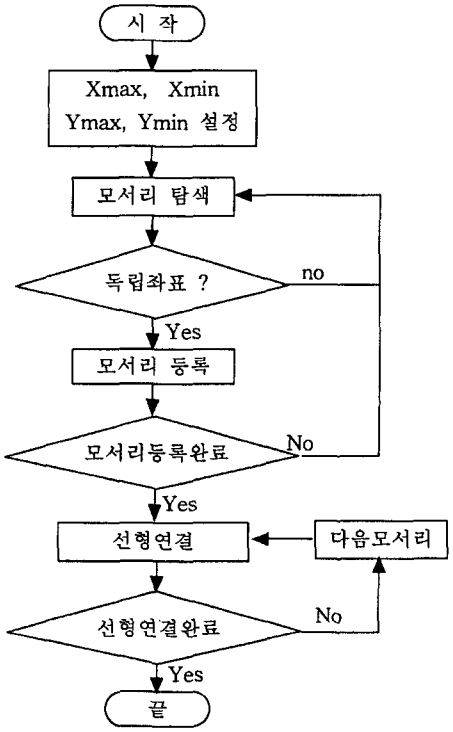

그림 15. 선형변환 프로그램의 흐름도

부터 사진상에서 도화하는 것보다 많은 시간이 소요된다.

따라서 본 연구에서는 먼저 인식된 건물 영역의 외곽선을 자동으로 벡터라이징 하였다. 이것은 간단하게 수행되었으나 그림 14와 같이 화소 외곽의 형상을 그대로 나타내고 있어 실제 활용하기는 어렵다.

따라서, 건물의 변이 1차원 직선의 형태를 지니도록 수정해주어야 한다. 이를 위해서는 먼저 건물의 변을 찾아 모서리를 찾는 것이 선행되어야한다.

먼저 벡터의 좌표로부터 각각 X,Y가 가장 큰 지점과 작은 지점을 인식한후 (Xmax, Y_R)와 (X_U, Ymax),

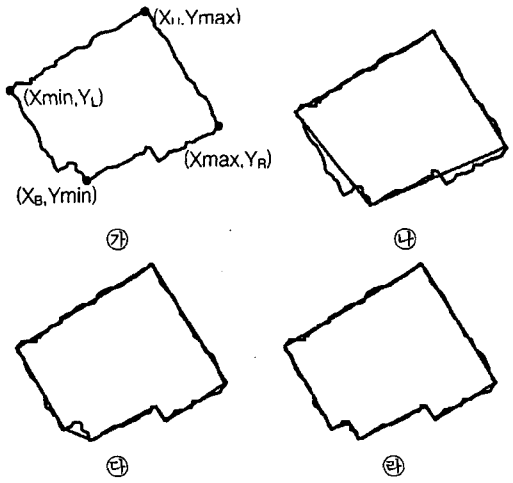

그림 16. 선형변환

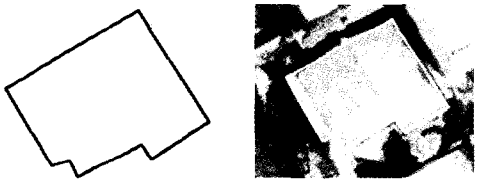

그림 17. 선형변환된 벡터의 중첩

(Xmax, Y_R)와 (XB, Ymin), (Xmin, Y_L)와 (X_U,Y max) 그리고 (Xmin, Y_L)와 (XB, Ymin)을 쌍으로 하여 모서리를 탐색한다. 이때 탐색범위는 각각 ($X_U \leq X \leq$ Xmax), ($Ymin \leq Y \leq Y_R$), ($Y_L \leq Y \leq Ymax$) 그리고 ($Xmin \leq X \leq X_B$)이다.

탐색중 두 개 이상의 좌표가 발견되면 계속하여 진행하고 하나의 좌표만 발견되면 모서리로 인식하여 등록한다. 만약 발견된 독립좌표가 모서리를 연결한 선으로부터 수직거리 30 cm이내에 있다면 생략하도록 하여 필요이상의 모서리가 탐색되지 않도록 하였다.

그림 15는 선형변환 프로그램의 흐름도이다.

그림 16에서 ㉮는 건물의 외곽선을 화소 외곽형상으로 벡터라이징 한 것이고 ㉯는 Xmax, Ymax, Ymin, Xmin 에 의해 결정된 초기의 네 모서리 부분이다. ㉰는 나머지 부분에 대한 모서리 결정과정이고 ㉱는 각각의 변이 1차원 선형으로 벡터변환된 최종 결과물이다.

그림 17은 이상의 과정을 거쳐 선형변환된 벡터와 이를 영상에 중첩한 것으로 양호한 결과를 보이고 있다.

최종 결과물에 대해서는 아직 건물에 대한 분류가 수행되어 있지 않기 때문에 그 결과는 임시저장장치에 기

표 4. 건물의 분류 기준

	장 변	단 변	비 율	레이어
일반주택	8~20 m	8~12 m	1~2	4112
연립주택	24~40 m	8~12 m	3~4	4113
아파트	40~100 m	8~12 m	4~10	4115
빌 딩	15~40 m	15~40 m	1~2	4111

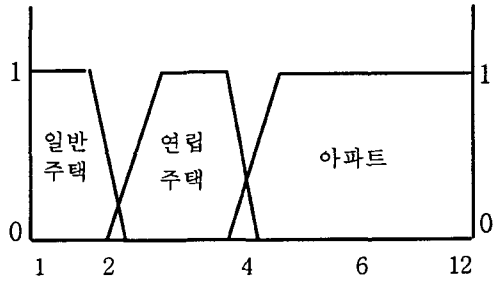

그림 18. 퍼지 다이어그램

그림 19. 주택외 건물(빌딩)의 분류

억 시켜 건물의 분류에 사용하도록 하였다.

건물의 형태는 크게 일반주택, 연립주택, 아파트, 빌딩 4가지로 분류할 수 있으며, 그 장변과 단변의 비율은 일반적으로 표 4와 같다. 따라서 이를 이용하여 퍼지를 적용함으로써 건물의 레이어를 자동부여 할 수 있었다.

그러나, 각 건물들의 장변과 단변의 길이 비가 표에서처럼 정확하게 나타나지는 않기 때문에 그림 18과 같이 1차적으로 퍼지이론을 적용함으로서 분류할 수 있었다.

1차분류 결과, 모든 건물에 대하여 완벽한 분류가 이루어 졌으나, 일반주택의 경우 주택외 건물 즉 빌딩과 장단변의 비율이 유사하기 때문에 2차 분류가 추가되어

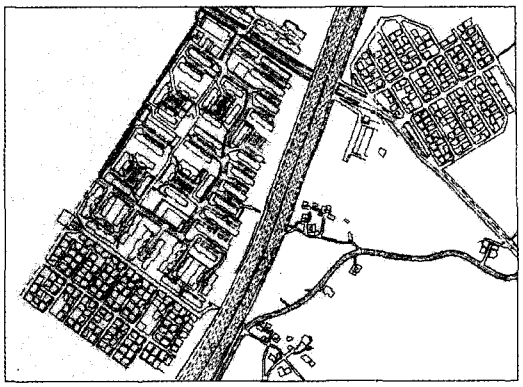

그림 20. 완성된 수치지도

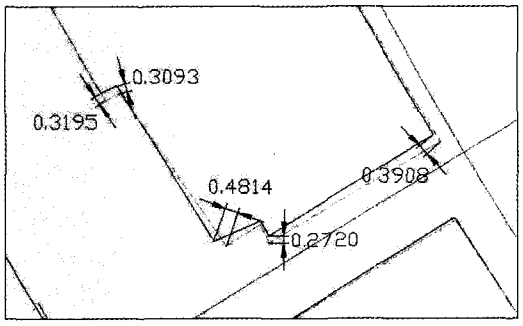

그림 21. 건물의 위치오차

야 한다.

2차 분류는 일반주택으로 분류된 레이어에 한하여 수행하며 단변의 길이를 고려하여 분류하였다. 그림 19에서처럼 장변이 36.0651 m이고 단변이 21.2971 m인 아파트 관리사무소 건물의 경우, 단변의 길이가 15~40 m 범위내에 있으므로 빌딩 즉 주택외 건물로 분류되어 레이어가 4112에서 4111로 변경되었다.

이상과 같은 작업을 통하여 실제 수치지도를 제작해 보았으며 완성된 수치지도는 그림 20과 같다.

4. 비교고찰

정사투영영상을 이용하여 수치지도제작을 자동화하기 위하여 여러 가지로 시도를 해보았으나 완전자동화를 이루는 데는 무리가 있었다. 도로의 경우 1/1,000 수치지도와 본 연구의 결과를 비교하여 본 결과 대체적으로 잘 일치하였으나 건물의 경우는 추출된 영역의 모서리 점들이 실제와 일치하지 않아 최종적으로 벡터화된 선이 그

표 5. 건물의 위치오차(m)

No	Point	X	Y	오차
1	Org	200234.7290	436372.3110	0.3195
	Study	200234.9030	436372.0430	
2	Org	200235.3450	436372.5820	0.3093
	Study	200235.4280	436372.2840	
3	Org	200238.8950	436366.7970	0.4814
	Study	200239.3480	436366.6340	
4	Org	200240.9092	436366.7440	0.2720
	Study	200240.9050	436367.0160	
5	Org	200247.1850	436370.4870	0.3908
	Study	200246.9230	436390.7770	

그림 22. 수치지도와 영상의 중첩

림 21에서처럼 최고 50 cm가량의 오차를 보이고 있었다. 이러한 오차는 1/1,000 ㄴ수치지도의 경우 문제가 될 수 있으나, 1/5,000 축척의 수치지도를 제작하는데는 무리가 없을 것이다.

또한 건물이 밀집한 지역에서 건물간의 도로는 그림자 등으로 인하여 제대로 추출하기가 난해하여 수작업으로 수정을 하였다.

그림 22는 완성된 수치지도를 정사투영영상과 중첩한 것이다.

5. 결 론

이상과 같이 정사투영영상을 기반으로 여러가지 기법을 적용하여 수치지도를 제작해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 영상으로부터 대상물을 인식할 때 영역매핑과 경계매핑 모듈로 나누어 수행함으로서 보다 원활한 벡터라이징이 이루어 질 수 있었다.

2. 퍼지에의한 자동레이어 분류프로그램을 작성함으로서 벡터화된 대상물들을 건물의 종류와 도로에 따라 자동으로 해당 레이어를 부여할 수 있었다.

3. 추출되어진 건물외곽의 벡터라인이 상당히 복잡한 화소외곽의 형태였으나 모서리 점들간의 선형을 1차원으로 변환하는 프로그램을 개발하여 적용함으로서 해결할 수 있었다.

4. 연구결과 자동으로 모든 대상물을 일시에 추출하여 인식하지는 못하였으나, 반자동을 가미하였을 때 50 cm 내외의 오차를 보이고 있었다. 따라서 1/5,000 축척의 수치지도를 제작하는 데 있어서 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 박병욱, "수치정사사진 구축에 관한 연구", 행정자치부, 1999, pp. 1-15.
2. 강영욱, 안재영, 김은모, "서울시 수치정사사진 제작 및 활용방안 연구", 서울시정개발연구원, 1998, pp. 157-181, pp. 150-153.
3. Francis H. Moffitt and Edward M. Mikhail, "Photogrammetry", Harper & Row Publishers, 1980, pp. 460-483.
4. Paul R. Wolf, "Elements of Photogrammetry" McGraw-Hill International Book Company. 1983, pp. 326-328.
5. Peggy Agouris, Sotiris Gyftakis, Anthony Stefanidis, "Using a fuzzy supervisor for object extraction within an integrated geospatial environment", ISPRS, 1999.
6. 長尾眞, "패턴認識과 圖形處理", 機電 硏究社, 1993, pp. 161-166.
7. Hildreth, E. C., "Edge Detection", Artificial Intelligence Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology, 1985, pp. 3-19.
8. 이문호, 염재훈, "영상신호처리", 대영사, 1996, pp. 72-113.
9. 유환희, 손덕재, 김성우, "건물 DEM생성을 위한 경계검출법 개발" 한국측지학회지, 제17권 4호, 1999, pp. 421-429.