

고해상도 위성영상에서 추출된 건물경계의 도로방향정보 기반 선형보정

Automated Modification of Irregular Shape of Building Edges Extracted from High Spatial Resolution Satellite Imagery Using Road Direction Information

이 종 열

Jong Yeol Lee

국토연구원 GIS연구센터

경기도 안양시 동안구 관양동 1591-6 (우) 431-712

jylee@krihs.re.kr

요 약

고해상도의 위성영상이 수집됨에 따라 이에서 지형지물을 자동 추출하려는 분야가 점차 중요해지고 있다. 지형지물을 수작업을 거치지 않고 추출하는 방법의 연구 중에서는 지형지물의 경계 추출을 기반으로 하는 방법이 많이 이용된다. 그러나 일반적으로 추출된 지형지물 경계의 선형이 왜곡된 형태를 갖으며, 지형지물의 실제 경계의 형태와는 다소 차이가 있는 결과를 보인다. 이 연구에서는 선형이 굴곡이 있는 지형지물 중 건축물의 경계를 인접한 도로 정보를 이용하여 실제의 경계 형태에 가깝게 보정하는 방법을 검토하였다. context 정보로서 이것을 이용한다면 블록 내의 건축물의 경계를 보다 규칙적으로 정비할 수 있을 것이다. 이 연구에서는 이러한 전제를 가지고 도로로 분할된 블록 내 건축물 경계를 도로의 방향을 기반으로 보정하는 방법을 제안하였다.

주제어: 도로방향, 물체경계, 선형정비

1. 서론

일반적으로 도로가 규칙적으로 발달된 지역의 건축물의 건축선은 도로의 진행방향과 상당한 관계를 보인다. 우선 도로와 연계된 필지의 경계가 도로의 방향에 의하여 구획되는 것이 일반적이다. 이러한 필지 경계선을 가진 지역에서의 건축물의 건축선은 일반적으로 도로의 방향과 상당한 관계를 보이게 되는 것이다. 즉 해당 블록 내 구조물들은 대체로 도로의 진행방향과 유사한 건축물의 경계를 갖는 것이 일반적인 현상이다.

이 연구에서 제시한 물체의 경계를 추출하는 방법을 포함해서 다양한 연구의 경계추출 결과는 다소 선형이 불규칙적인 형태를 보인다. 그러나 실제로 일반적인 인공적인 구조물들은 비교

적 단순화된 직선형 혹은 완만한 곡선형 경계를 갖는 것이 일반적이다. 자연적인 지형지물 혹은 식생의 경계는 이와 같은 특성을 반드시 가지고 있다고 할 수는 없다. 따라서 이 연구에서는 인공적인 구조물에 대하여, 이들 구조물들이 비교적 단순화된 직선 혹은 곡선형의 경계를 갖는다고 전제하고, 인간의 수작업이 개입되지 않은 자동적인 방법을 가지고 가장 현실적인 물체경계를 단순화하는 방법을 검토하였다.

연구를 수행한 절차는 먼저 IKONOS 영상으로부터 건축물의 경계와 도로의 방향정보를 추출하였다. 다음으로 도로의 방향정보를 도로 블록 내의 건축물의 경계에 적용하여 선형을 보정하였다. 이 연구에서 제시된 방법은 특히 도로가 규칙적으로 잘 발달된 지역을 주요 대상으로 한 방법이다. 따라서 이러한 지역에 이 방법을 적용할 경우 물체경계의 형태 정비에 효과적일 것으

로 판단된다.

2. 도로 추출

이 연구에서는 도로의 특성인 선형 구조와 국지적으로 균질적인 분광특성을 나타내는 특성을 기반으로 도로의 선형을 추출하였다[1]. 도로 추출을 위하여 개발한 알고리즘은 선형의 오퍼레이터를 활용하는 방법이다. 도로의 경우 적어도 일정한 길이에서는 위에서 언급한 특성이 적용될 수 있다. 그러나 이것은 도로의 구조나 특성상 일률적으로 규정할 수는 없으며, 다양한 경우를 상정하지 않을 수 없다. 도로의 선형이 유지되는 거리(距離)도 때로는 도로가 규칙적으로 잘 발달되어 있을 경우 상당한 길이에서 도로 특성이 유지될 수 있다. 그러나 도로의 발달이 일찍 이루어져 규칙성이 없거나 지형적으로 회망하는 형태의 도로를 건설할 수 없는 구간에서 비교적 짧은 거리에서 이러한 특성을 보일 수밖에 없다. 따라서 도로의 선형과 관련하여는 최소한의 선형이 나타날 수 있는 거리의 검토가 필요하다.

이 연구에서는 그 거리를 30 meter로 설정하였다. 선형이 이보다 짧은 거리에서 나타는 도로가 존재할 가능성은 크다. 그러나 도로가 가지고 있는 폭을 감안할 때 이러한 길이의 선형을 도로 검출을 위한 최소의 거리로 이용한다 하더라도 곡선형의 도로가 상당한 수준 검출될 수 있을 것으로 판단된다. 또 도로의 검출을 위한 선형의 최소 길이를 이보다 작게 할 경우, 도로와 유사한 분광특성을 갖는 건물들의 존재 가능성이 커지게 된다. 따라서 이보다 작은 선형을 적용한다면 도시 내의 다수 대형 건물들이 도로로 혼동될 가능성이 높아질 수 있다.

도로 선형의 크기 외에도 도로의 방향 또한 도로의 길이와 마찬가지로 예측할 수 없다. 도시나 농촌지역을 불문하고 다양한 방향의 도로망을 가지는 것이 일반적이다. 따라서 도로의 선형이 나타나는 방향은 가능한 모든 방향이라고 할 수 있다. 이것은 도로의 선형을 기반으로 도로를 검출하고자 할 경우 도로의 방향을 가능한 모든 방향에 대하여 검토하여야 한다는 것을 의미한다.

이 연구에서는 도로의 선형 추출 방법을 개발

하는데 있어서 앞에서 검토된 내용을 바탕으로 다양한 크기의 오퍼레이터와 오퍼레이터의 크기에 의하여 생성되는 선형의 다양한 방향에 대한 검색이 가능하도록 하였다. 도입된 오퍼레이터의 선형의 크기는 30 미터 ~ 100미터 사이를 10미터 간격으로 8개의 오퍼레이터로 검색하도록 하였다. 특정한 하나의 오퍼레이터의 크기를 적용하지 않고 이렇게 여러 크기의 오퍼레이터를 사용한 것은 오퍼레이터의 크기가 클수록 더욱 확실한 도로일 가능성이 높으며 이러한 정보를 최대한 유지할 수 있도록 하기 위한 것이다. 검출된 선형을 도로 seed 선형이라고 하였으며 이에 대하여는 별도의 자료를 외부에 구축하였다.

2-1. 도로추출의 사용 변수

도로추출방법에서 사용한 변수는 IKONOS 영상의 blue, green, red, 그리고 near-IR의 4개 밴드를 모두 사용하였으며, 11비트의 자료를 8비트의 자료로 전환시켜 사용하였다. 이 경우 스트레칭에 의하여 원래 분광특성 측정치의 변화가 발생할 수 있으나, 이것은 주로 intensity가 매우 높거나 낮은 범위에 주로 영향을 미치며 그 외의 영역에 대하여는 상대적인 스트레칭이 발생하므로 도로 검출을 위한 정보로서 사용하는데 큰 무리가 없을 것으로 판단하였기 때문이다. 8비트의 자료로 전환시킨 이유는 가급적이면 분석의 알고리즘을 개발하는 과정에서 인간의 시각으로 인식하는 것에 기반한 방법을 고려하였기 때문이다.

2-2. 도로 Seed 선형 검출 결과

도로 seed 선형의 검출에 있어서 이의 분석결과를 바탕으로 도로가 아닐 가능성이 높거나 가능성이 다소 있다하더라도 제외하고 추후의 처리를 통하여 보완하는 것이 더욱 효과적인 경우 검출된 결과를 제외하였다. 제외의 대상이 된 내용은 우선 도로 seed 선형이 분석 결과를 바탕으로 하여 볼 때 식생의 지역에 해당하는 분광특성을 갖는 경우 이를 제외하였다. 이것은 밴드별 평균을 이용한 도로 seed 선형의 NDVI 산출 결과를 바탕으로 하였으며 일정 크기 이상의 지

수가 나타나는 경우 이를 도로 seed 선형에서 제외하였다. 또 그림자의 경우도 도로 seed 선형의 분광특성치가 그림자로서의 특성을 보일 경우 이를 제외하였다.

<그림 1>은 이 연구에서 제안한 방법에 의하여 검출된 도로 seed 선형들이다. 이 선형들이 보여주는 색깔은 도로 seed 선형의 방향을 나타낸다. 도로 Seed 선형 검출 결과는 도시 지역의 영상이 High Frequency의 특성을 나타내며, 유사한 분광특성이 토지이용/피복분류 유형 간에 분명하게 분할되어 있지 않기 때문에 복잡한 결과를 가져올 수 있다. 그러나 도로 seed 선형의 오퍼레이터가 클수록 안정된 도로를 검출할 수 있다. 이것은 반면에 짧은 구간의 도로와 굴곡진 도로의 경우 도로 seed 선형으로서 검출될 가능성이 낮아지게 만든다. 따라서 다소의 noise 발생을 고려하더라도 짧은 구간의 도로와 굴곡진 도로의 검출을 위하여, 도로 seed 선형 검출 오퍼레이터의 크기가 작은 경우도 적용하였다. 그리고 이의 적용으로 인하여 발생된 부분은 별도의 처리를 통하여 최소화하여 하였다.



<그림 1> 도로 방향성

3. 도로방향기반 물체경계 선형정비 방법

도로로 분할된 블록 내 구조물 경계를 도로의 방향을 기반으로 보정하는 방법을 개발함에 있어서 위에서 언급한 것과 같이 사람의 디지털링과 같은 직접적인 개입은 고려하지 않은 자동화된 방법을 검토하였다. 도로 네트워크와 이에 의한 블록, 도로의 방향 등의 정보에 의한 이 방법은 사람의 개입을 최소화하여 선형의 정비에 사용할 선분의 길이의 범위와 일치 정도를 어느

수준으로 할지에 대한 파라미터로서의 수치만 입력하면 전 자동으로 수행되어지도록 하였다. 이렇게 하여 정비된 선형의 결과는 곧바로 벡터 정보로도 전환시킬 수 있으나 이 과정은 추후의 연구로 수행하도록 하였다. 이 연구에서 수행한 방법을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 단계에서는 앞에서 추출된 도로를 바탕으로 분석대상지역을 도로 네트워크에 의해 블록으로 분할하도록 하였다. 추출된 도로를 기반으로 도로의 중심선을 추출하고 이것에 기반하여 지역을 분할하여 도로에 의해 분할된 일종의 블록을 도출하였다.

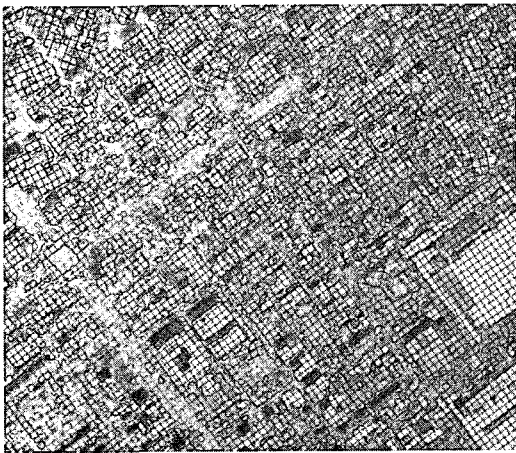
다음의 단계에서는 해당 블록의 인접도로에 대한 주된 방향을 검출하였다. 해당 블록내 도로의 진행방향을 도로 방향 분석 자료로부터 입수하여 검색하고 그 결과 중에서 해당 블록내 도로의 주된 도로 방향을 인지하도록 하고 이 결과를 다음의 분석에 사용하도록 하였다.

세 번째 단계에서는 주된 도로의 방향에 대한 수직방향을 도출하였다. 이렇게 한 이유는 구조물의 경계는 도로 진행 방향과 더불어 발달한다면, 이에 대응하는 구조물의 경계선은 이에 수직하는 방향에 주로 발달하므로 주된 방향의 수직방향을 도출하는 것이 필요하다.

네 번째 단계에서는 이렇게 획득된 블록과 이의 인접한 도로의 방향정보를 바탕으로 구조물의 경계 형태를 정비하였다. 우선 도로의 경계를 정비하는 과정은 해당 블록 내의 구조물 등 경계의 블록 내 도로 방향 기반 보정 및 주된 도로 방향과 직교하는 방향 기반 보정을 동시에 수행하였다[2]. <그림 2>는 이와 같은 방법을 적용하였을 때 블록별로 나타나는 도로의 방향과 평행 혹은 직교하는 그리드를 그려본 것이다. 이 결과에서 볼 수 있듯이 도로의 진행하는 방향과 물체 경계 사이에 상당한 일관성이 있음을 알 수 있다.

직선 선형의 정비는 일정 범위 내의 길이를 갖는 선분을 정비하는 방식을 선택하고 구조물 경계의 직선의 검출은 일정 범위의 선분 중 긴 선분으로부터 짧은 선분으로 변화시키며 검출하였다. 좀 더 구체적으로 설명하면 해당블록의 도로 방향에 일치되는 방향의 일정한 크기의 선분을 기준으로 이 선분에 일치하는 혹은 유사한 물체 경계의 유무를 검색한다. 일정한 크기의 물

체경계가 검출되면, 도로방향과 경계화소의 진행 방향의 일치성이 어느 정도인지 정확하게 산출하고 일치정도가 일정 범위 이상이면 도로 방향의 경계인 직선으로 간주하고 이를 방향성을 가진 일정크기의 직선으로 지정한다. 그리고 이렇게 직선으로 검출된 선분에 대하여는 tag를 달아 이것이 다음의 직선 검출에서는 제외되도록 하였다. 이렇게 검토하는 선분의 크기는 선분의 크기가 큰 것부터 작은 것으로 차례로 검토하는 방식을 적용하였다.



<그림 2> 블록별 도로 주 진행방향에 의한 격자망

4. 물체경계정비 실험 및 논의

<그림 3>은 인공적인 구조물의 경계를 추출한 결과를 보여주고 있다. 이렇게 추출된 인공적인 물체의 경계에 위에서 제시한 방법의 물체경계 정비방법을 적용하여 보았다.

여기에서 적용한 가장 큰 선분은 31 meter로서 이 정도의 선분이면 인공구조물의 한 면을 따라서 발달된 긴 선분을 어느 정도 충족시킬 수 있을 것으로 판단하였다. 가장 작은 선분의 길이는 7 meter로 하였다. 이 선분 보다 작아질 경우 일반적으로 직선을 추출한 결과는 필요없는 교란을 많이 포함하게 된다. 따라서 이러한 순서에 의하면 긴 선분이 우선적으로 검출되고 점차적으로 짧은 선분이 검출되는 과정을 거치게 되므로써 크고 안정된 선분을 우선적으로 선택할 수 있도록 한 것이다.

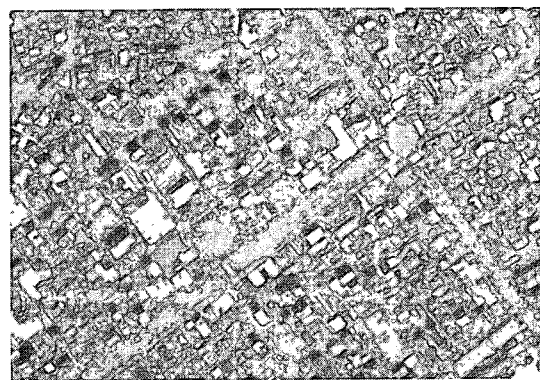
이외에도 영상자료 화소의 기하학적 특성과

경계추출 결과의 인접성 등으로 나타나는 교란을 방지하기 위하여 도로의 방향과 나란히 발달한 물체경계의 선분으로서 검출된 결과에 바로 접하여서는 그러한 직선의 출현을 방지하였다. 이것으로 인하여 나타나는 선형의 중복성을 최소화하기 위한 방법으로 추출된 경계의 한 화소를 격하여서는 이러한 경계가 인접하여 추출되지 않도록 한 것이다.



<그림 3> 경계정비 전 지형지물 경계

<그림 4>는 위의 인공적인 물체의 경계에 대하여 이 연구에서 제시한 물체의 경계를 정비하는 방법을 적용한 결과이다. 우선 도로의 방향과 평행 혹은 직교하여 물체의 경계가 잘 발달한 것을 확인할 수 있다. 이것을 위하여 적용한 도로 방향 기준 선분과 검토 대상 선분과의 일치도는



<그림 4> 경계정비 후 지형지물 경계

0.8이었다. 이 조건을 완화한다면 좀 더 많은 정비된 선분들이 추출될 수도 있을 것이다. 그러나 정확도의 면에서는 다소 거친 결과가 될 수도

있다. 또 이 조건을 강화한다면, 좀 더 직선에 가까운 형태의 선분만이 추출될 것이다. 그러나 이러한 조건하에서는 선분의 정비 보다는 원래 도출된 물체의 경계 중애선 직선 성분을 갖는 선분을 찾아내는 수준이 될 수도 있다.

Development of a graph-based approach for building detection. *Image and Vision Computing* 17: 3-14.

4. 결론

이 방법을 개발함에 있어서 사람의 디지털이징과 같은 직접적인 개입은 고려하지 않은 자동화된 방법을 검토하였다. 이 방법은 선형의 정비에 사용할 선분의 길이의 범위, 그리고 건축물 경계선의 도로방향과의 일치 정도를 어느 수준으로 할지에 대한 파라미터로서의 수치만 입력하면 건축물의 경계 선형보정이 자동으로 수행되어지도록 하였다.

건축물의 경계에 대하여 이 연구에서 제시한 물체의 경계를 정비하는 방법을 적용한 결과에서 도로의 방향과 평행 혹은 직교하여 건축물의 경계가 잘 발달한 것을 확인할 수 있었다. 도로 방향 기준선분과 검토대상 선분과의 일치도는 다양하게 선택할 수 있다. 이 조건을 완화한다면 좀 더 많은 선분들이 규칙에 따라 보정된 형태로 추출될 수 있을 것이다. 그러나 정확도의 면에서는 다소 거친 결과가 될 수 있다. 반대로 이 조건을 강화한다면 보다 보정되는 선분은 작아질 것이나 더 직선에 가까운 형태의 선분만이 선택되어 정비될 수 있을 것이다.

사사

이 연구는 과학기술부의 원격탐사기술개발사업에서 연구비를 지원받아 수행되었습니다. 감사드립니다.

참고문헌

[1] Cleynenbreugel, J. V., F. Fierens, and A. Oosterlinck, 1990. Delineating road structures on satellite imagery by a GIS-guided technique. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56 (6): 893-898.

[2] Kim, T., and J. P. Muller, 1999.