

IKONOS 위성영상을 이용한 변화 탐지

Change Detection Using the IKONOS Satellite Images

강길선* · 신상철** · 조규진***

Kang, Gil-Seon · Shin, Sang Cheul · Cho, Kyu-Jon

要 旨

지형도 제작, 환경, 산림, 시설물 탐지 등의 분야에서 위성영상이나 항공사진을 이용하여 변화탐지가 수행되어 왔다. Landsat이나 NOAA 위성의 저해상 영상은 자동 변화탐지에 사용되어 왔으며, 항공사진과 같은 고해상 영상은 판독에 의한 변화탐지에 사용되었다. 고해상 위성영상을 이용하여 이러한 자동 변화탐지와 수동 변화탐지를 통합하려는 시도가 있지만, 그림자, 중심 투영 영상으로 인한 건물의 왜곡, 정밀한 기하보정 등의 문제점이 발견되고 있다. 본 논문에서는 IKONOS 위성영상을 이용하여 변화 탐지를 수행하고, 이에 따른 문제점을 살펴보도록 하겠다.

Abstract

The change detection using the satellite imagery and airphotos has been carried out in the application of terrain mapping, environment, forestry, facility detection, etc. The low-spatial resolution data such as Landsat, NOAA satellite images is generally used for automatic change detection, while on the other hand the high-spatial resolution data is used for change detection by image interpretation. The research to integrate automatic method with manual change detection through the high-spatial resolution satellite image is performed. but the problem such as shadow, building "lean" due to perspective geometry and precision geocorrection was found. In this paper we performed change detection using the IKONOS satellite images, and present the concerning problem.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 높은 해상도를 갖는 고해상도 위성영상의 이용이 점차 가능해지면서 기존에 변화탐지에 사용되던 분야의 확대 및 정확도의 향상이 기대되고 있다. 고해상도 위성영상 처리에 대한 새로운 흐름에 의하여 고해상도 및 다중분광 위성영상자료를 이용하여 두 시기간의 변화지역 및 변화내용을 탐지하고, 그 변화 특성을 정량화 하는 기법을 개발하려는 노력이 시도되고 있다. 원격탐사에서 이러한 변화탐지 기법을 이용한 자연환경의 지표피복구조와 대상지역의 특성과 그 변화에 대한 조사를 효율적으로 행할 수 있으며, 국토개발뿐만 아니라 환경보호, 도시계획, 토지정리, 농업 및 산림정책 등 다양한 분야에서 적극적으로 이용될 수 있을 것으로 보인다.

항공사진을 이용하여 수행된 변화탐지는 자동으로 수

행되기 보다는 판독가에 의해 시각적으로 확인되어 사용되었다. 판독과정은 오염원 유출, 불법 시설물 탐지, 지형지물의 변화 등 정량적인 변화보다는 정성적인 분석이 수행되었다. 저해상도 위성영상을 이용한 변화탐지는 영상의 디지털 처리가 적용되면서 정량적인 분석이 수행되었으며, 전 지구적 규모의 분석이나 수십 km 이상의 대규모 지역에 적합하였다. 고해상도 위성영상이 나타나면서 대상지역의 자세한 정보에 적용할 수 있는 수동 영상 판독과 자동 변화탐지를 결합하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 하지만 아직 처리 알고리즘이 확립되지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 고해상도 위성영상의 화소값을 이용하여 변화 유무를 판단할 때 발생하는 여러 가지 문제점을 파악하고자 한다.

1.2 연구동향

기존의 변화탐지 연구가 단일 탐지기법만을 적용하는

* 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정

** 대한측량협회 측량정보기술연구원 선임연구원

*** 경기대학교 공대 토목환경공학부 교수

데 비해, 최근에는 다양한 기법을 주제별로 복합적으로 적용하여 보다 세밀하고 섬세한 분류가 가능하도록 하고 있다. 또한 Paul과 Alessandro의 연구(1999)에서처럼 현재의 토지피복 상태와 현황을 정성적 및 정량적으로 정리하여 데이터베이스를 구축하는 노력도 계속되고 있다. William과 Houhoulis(1997)는 다중파장대의 고해상도 SPOT 영상에 대하여 NDVI 데이터를 이용하여 각종 식생의 종류 및 분포현황을 분류해내었다. A.J.W.와 de Wit(1998)는 네덜란드 지역을 대상으로 변화탐지 기법을 SPOT-PAN 영상에 적용하여 도로망을 추출해 내었다. Robb와 Russell(1998)은 아일랜드 지역의 식생 분포와 변화를 모니터링하기 위해 정량적인 알고리즘을 개발하여 임업분야, 농업분야 및 환경보전분야 등에 이용할 수 있도록 제안하였다.

영국 육지 측량부는 현행 지도 제작 사업을 고해상도 위성영상을 이용하여 효율적으로 대체하고 경제적 측면의 잠재능력을 연구하여 도심지역에 대한 높은 정확도의 3차원 지도제작 및 DEM을 제작하고, 사진측량 비용을 절감하며 변화탐지 기법을 이용한 자동 지도제작 방법을 제안하였다.

국내의 경우, 토지의 시기적인 변화를 탐지할 여러 가지 필요성에 따라 토지피복도 작성과 변화탐지 및 효율적인 분류알고리즘 개발, 위성영상 보정 등에 관한 연구가 진행되어왔다. 김의홍, 이석민(1996)은 post classification 방법을 사용하여 각각 다른 시기의 NOAA AVHRR 자료를 이용하여 한반도 토지피복 변화 양상을 구하였으며, 토지 피복 변화를 알기 위해서는 영상들이 서로 정합(registration)이 되어야 하며 계절적으로 변화가 일어나지 않은 영상이 필요하다고 제안하였다. 이기원, 박성미, 지광환(1996)은 Landsat 자료를 이용하여 도시환경 변화추출에서의 주성분 분석과 퍼지 집합연산의 응용 방법에 대한 연구를 진행하였다. 오동하(1998)는 위성영상 분류를 통해 산림지역에서 솔잎혹파리 피해지역분류 및 공간적 변화를 분석하였다. 또한 효율적인 토지피복 분류와 변화탐지를 위해 박원규, 이원규(1997), 김홍규(1999)는 퍼지 멤버함수와 규칙, 퍼지 집합이론을 이용할 것을 제안하였다. 그러나 현재까지 고해상도 영상을 이용한 토지피복 변화탐지와 정확도에 대한 엄밀한 검증은 이루어지지 않고 있으며 체계적인 방법론의 확립도 미진한 실정이다.

2. 변화 탐지 기법

변화탐지 기법은 크게 분류후 변화탐지 기법과 화소값 변화탐지 기법으로 나눌 수 있으며 화소값 변화탐지 기

법은 두 영상에서의 화소값의 차이뿐만 아니라 적절한 스케일링과 화소값의 표준편차를 이용한 임계치(threshold), 그리고 두 영상의 선형 회귀 관계식을 통한 정규화 과정을 거쳐 화소값을 계산하게 되므로 변화유무에 대한 신뢰성을 높일 수 있다. 또한 분류된 영상을 이용하여 변화탐지를 하는 경우에는 변화의 속성을 파악하고, 그 내용을 정량화할 수 있다는 장점을 갖는다. 분류 후 변화탐지 기법은 고해상도 영상의 분류가 다양한 부가 자료를 필요로 하기 때문에 쉽게 적용하기 어려운 면이 있다.

2.1 전통적 변화탐지 기법

① 분류 후 변화탐지

감독분류(supervised classification)과 무감독분류(unsupervised classification) 기법을 이용하여 두 영상을 독립적으로 분류하고, 분류된 두 영상의 결과를 비교하여 변화 유무를 판단하며, 각 화소의 분류 정확도를 평가하여 변화탐지 정확도를 확인한다.

② Visual Stacking 방법

서로 다른 시기의 두 영상을 단일 파일로 조합하여 시각적으로 변화를 확인하는 방법이다. 변화에 대한 정량적인 추정치가 결여되고, 다른 파장 영역의 자료를 비교하는 경우 실제 변화에 관련하여 관측된 밝기 변화의 유의성을 해석하는 것은 어렵다.

③ 화소값 차를 이용

동일한 화소의 동일한 밴드에 대해서 적용되며, 시기가 다른 두 영상의 화소값 차이를 계산한다. 한 화소값 변화를 밴드별로 계산하여 두 시간별 기간 동안 일어난 변화의 크기뿐만 아니라 변화의 방향도 파악할 수 있다. 본 연구에서는 화소값 차를 이용하였으며, 변화된 지역을 탐지하기 위하여 화소값 차이가 차이영상의 화소값을 기준으로 $\pm 10\%$ 이상인 점을 선정하였다.

④ 분광변환을 이용

분광적인 반사의 변화를 강조하기 위하여 숫자로 된 계수들이나 수학적인 식들을 적용하는 데, 시각적으로 강조되거나 통계적으로 유의한 방식으로 변화를 나타내는 변환된 영상들을 만들어 유의한 변화를 탐지한다.

2.2 고해상도 위성영상에 적용 가능한 변화 탐지 기법

고해상도 위성영상에 대한 변화탐지 기법의 연구는 Contextural 분류를 이용하여 시도되고 있지만 화소값에 의한 변화탐지는 그림자, 투영방향에 따른 지물의 차이 등으로 인해 활성화되고 있지 않다. 실제 적용하는 경우 대부분 스크린 디지타이징에 의한 수동 변화 탐지가 이루어지고 있다.

고해상도 영상의 변화탐지는 몇 가지 고려해야 할 요소가 있다. 우선, 인공구조물의 변화 탐지를 위해 두 영상의 정확한 좌표등록이 이루어져야 하며, 그림자 효과로 인한 변화 탐지 오류를 제거하기 위하여 정밀한 정사 영상이 생성되어야 한다. 산림이나 수목, 농작물 등과 같은 토지피복의 경우 단순 영상화소값 차이가 아닌 질감(texture)을 고려한 토지분류와 변화탐지가 수행되고, 이런 변화탐지는 일관되게 즉, 단일 분류 체계에 의해 동일한 해석에 의해 이루어져야 한다.

3. 실험

3.1 데이터

대전지역 IKONOS Pan. 영상으로 촬영일이 1년 정도 차이가 나고 같은 시기의 영상이기 때문에 대상지역의 변화 형태를 파악하기에 적당하다. 영상의 기하보정(geocorrection)을 위해 반자동 방식으로 975점의 접합점(tie points)을 선정하였다. Erdas Imagine Orthobase를 이용하여 세 점을 수동으로 선정한 후 자동으로 최대한 많은 접합점을 찾았다. 자동 추출된 접합점 중에서 수동으로 잘못 추출된 점은 제거하고 전체 영상에 접합점이 골고루 배치되도록 추가로 접합점을 수동으로 추가시켰다. 추출된 접합점은 영상 전체에 조밀하게 분포되어 있기 때문에 비선형 Rubber sheet 보정기법을 적용할 수 있다. 사용된 접합점이 정확하므로, 접합점 사이의 영상이 동일하다면 두 영상사이의 오차가 거의 없다고 볼 수 있다. 특히 두 영상의 촬영시기와 시간이 거의 동일하여 태양에 의한 그림자 효과가 비슷하게 나타났다.

그림 3의 왼쪽 영상은 화소값 차이 영상이고, 오른쪽 영상은 화소값 차이를 기준으로 $\pm 10\%$ 이상 변화된 값을 차이 영상에 겹친 영상이다.

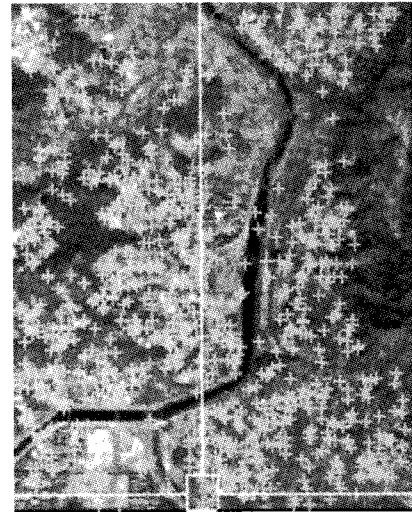


그림 1. 사용영상과 기하보정에 사용된 접합점, (상) 3662, (하) 4485

표 1. 사용된 영상

Order No.	3662	4485
날짜	2000-11-11 02:18	2001-11-19 02:19
공간 해상도	1 meter	
처리 레벨	Standard Geometrically Corrected	
태양 방위각	163.6107도	164.1390도
태양 고도각	34.66165도	32.80824도
Bits/pixel	11 bit	
촬영방위각	226.3101도	151.8080도
촬영고도각	70.56586도	69.55422도

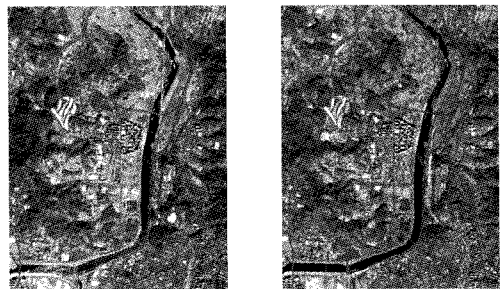


그림 2. 기하보정된 부영상(sub-image), (좌) 3662, (우) 4485

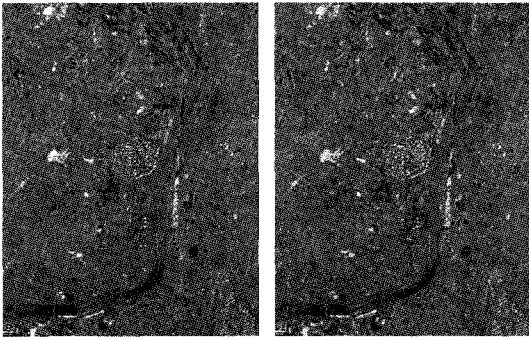


그림 3. 화소값 차이 영상, (좌) 차이 영상, (우) 변화탐지된 영상

그림 4는 공사가 진행 중인 영상과 공사가 완료된 영상을 보여주고 있으며, 좌우영상의 변화탐지 영상을 위쪽에 보여주고 있다. 도로와 잔디 등의 조정 시설이 변화



그림 4. 공사 전후의 변화탐지, (상) 변화지역, (중) 3662, (하) 4485

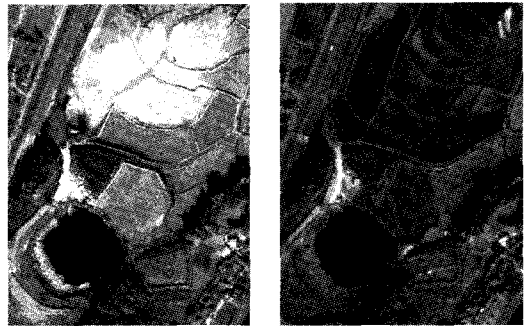


그림 5. 경작지에서의 변화탐지

된 것을 탐지하였다. 그림 5의 경우 경작지에서의 변화를 파악할 수 있다.

그림 4와 5에서 알 수 있는 것처럼 고해상도 영상을 변화탐지에 이용할 경우에 원 영상에서 구분가능한 지형지물의 변화탐지도 가능하다.

그림 3의 전체 영상에서 보면, 도심 지역과 수계 지역에서 변화가 큰 것으로 나타나지만 이 경우 변화탐지 결과에 오류가 포함되어 있기 때문이다. 예를 들어 그림 6에서 볼 수 있는 것처럼, 아파트는 촬영 각도에 따라 다른 방향으로 기울어져 보이며, 이로 인한 화소값 차이가 나타나지만 지형지물의 변화는 일어나지 않은 곳이다. 하지만 촬영방향의 차이로 인하여 두 영상에서 다르게 나타났으며, 단순히 접합점에 의한 기하보정으로서는 이에 대한 보정을 해결하지 못한다. 도심지에서 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 정밀 정사보정 영상을 통한 변화탐지가 필요하다. 그림 7에서는 움직이는 대상물인 자동차에 의해 주차장에서 변화가 나타나지만 역시 지형지물의 변화는 없는 곳이다.

그림 6와 7에서 그림자가 변화탐지에 영향을 거의 주

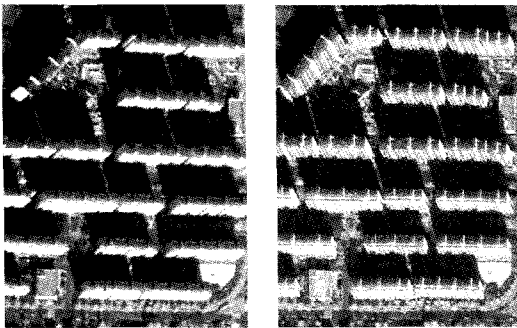
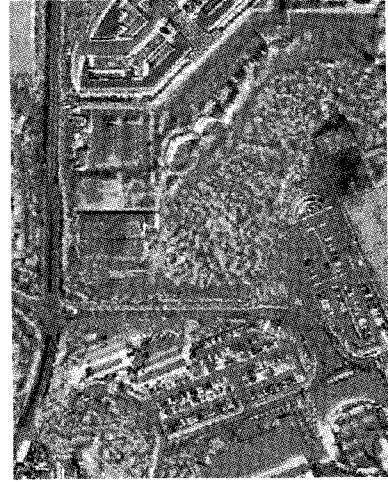


그림 6. 높은 건물에서의 변화탐지 오류

그림 7. 차량과 그림자로 인한 변화탐지 오류

지 않고 있는 것을 볼 수 있다. 사용한 영상의 태양 방위 각과 고도각이 거의 비슷하여 그림자 효과를 제거할 수 있었다. 하지만 건물이나 지형지물의 기울어진 정도에 따라 지형지물의 경계면에서 그림자 차이로 인한 화소값 차이가 일부 발생하였다.

4. 결 론

본 연구는 고해상도 위성영상을 이용하여 변화탐지를 수행해보고, 단순 화소값 비교에 의한 방법에서 나타나는 문제점을 알아보았다. 실험 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 고해상도 영상을 이용하여 도심, 경작지, 산림지역, 수계 등이 포함되어 있는 지역에 대한 변화탐지를 수행하여, 좁은 도로, 수계지역의 변화, 개발 지역의 탐지, 동적 대상물 등을 탐지할 수 있었으며, 이는 고해상도 영상에서 인식이 가능한 지형지물의 탐지까지 탐지 대상물의 범위를 확대할 수 있다는 것을 말한다.

2. 고해상도 영상의 분류 기법이 확립되지 않은 상태에서 화소값에 의한 변화탐지 기법이 적용가능하다는 것을 알 수 있었다.
3. 정확하지 못한 기하보정은 지형지물의 경계, 그림자 등지에서 잘못된 변화탐지 추출을 야기하므로, 영상 전체에 조밀하고 고르게 분포하는 접합점을 이용한 rubber sheet 기하보정을 이용하여 제거해야 한다.
4. 고해상도 위성영상의 변화탐지를 수행하기 위하여 정사보정이 필요하다. 정사보정은 지형과 건물 등의 구조물에 대한 보정을 모두 포함한 것이며, 이를 위하여 정밀한 수치표고모형이 필요하다. 구조물의 형태가 포함되지 않은 수치표고모형을 정사보정에 이용한 경우, 그림자를 이용하여 구조물에 대한 탐지를 수행하여 구조물을 제외하고 변화탐지를 수행해야 한다.
5. 동일시간, 동일시기에 촬영된 영상을 사용하여 그림자 효과를 제거할 수 있다.
6. 연구목적에 따라 지형지물의 변화탐지에 노이즈로 작용하는 동적 대상물인 사람이나 차량 등의 오류를 제거하기 위하여 적절한 필터링 기법이 필요하다.

7. 보다 정밀한 변화탐지를 수행하기 위하여 기준화소값을 통한 방사학적 보정(coregistration)도 수행되어야 한다.

참고문헌

1. Paul S., Alessandro A., "The BALKAN Region", 1998.
2. William K. Michener and Paula F. Houhoulis, "Detection of Vegetation Changes Associated with Extensive Flooding in a Forested Ecosystem", PE & RS, Vol. 63, No. 12, 1997
3. Robb D. Macleod and Russell G. Congalton, "A Quantitative Comparison of Change-Detection Algorithms for Monitoring Eelgrass from Remotely Sensed Data", PE & RS, Vol. 64, No. 3, 1998
4. 이기원, 박성미, 지광훈, Landsat자료를 이용한 도시환경 변화추출에서의 주성분분석과 퍼지집합연산의 응용, 대한원격탐사학회지, Vol. 12, No. 3, 1996.
5. 김홍규, 1999, 퍼지 집합이론을 이용한 원격탐사 영상의 최대우도 토지피복 분류 및 변화탐지, 강원대학교 박사학위논문.
6. 오동하, 1998, 위성영상자료와 수치지도 자료를 이용한 솔잎혹파리 피해지역분류 및 공간적 변화분석, 서울대학교 박사학위논문.
7. John A. Richards, 1994, "Remote Sensing Digital Image Analysis", Springer-Verlag, 2nd edition.
8. Lillesand & Kiefer, 1994, "Remote Sensing and Image Interpretation", John Wiley & Sons, Inc., 3rd edition.
9. Yeqiao Wang, "Dynamic Urban Change Detection Using Multitemporal Multisensor Digital Remote Sensing Data and GIS".

(접수일 2003. 5. 30, 심사 완료일 2003. 6. 20)