

論 文
A1-3

위성영상을 이용한 부산항만 주변지역 토지피복분류 및 시설물관리 구축 방안

이기철* · 김정희*** · 이병환***

A Study on the Land Cover Classification and Facilities Management of Pusan Port using Satellite data

G. C. Yi · J. H. Kim · B. H. Lee

Key Words : 지구관측위성(Landsat, SPIN-2), 공간해상도(Resolution), 분류(Classification), 수
치지도(Digital map), 지형공간정보(GIS ; Geographic information system)

Abstract

A thematic land cover map of Pusan port area was developed using Landsat satellite TM(Thematic Mapper) image. Two types of digital data which are road and sea water layers are extracted from existing paper map were overlaid over the developed land cover map. SPIN-2(KNR-1000) image was utilized to make a facility map of JaSungDae port. SPIN-2 image, which has a cell resolution of 1.56 m showed higher accuracy than TM image, which has a cell resolution of 30 m for facility mapping. Overall, the techniques of digital mapping using satellite image are very useful, effective and efficient.

1. 서 론

부산항은 중국·일본·극동 러시아 그리고 동
남아시아를 연결하는 위치에 있어서 해상수송의
여러 주 항로가 통과한다. 따라서 동북아 물류중
심기지(HUB PORT)로 개발하는데 적지라고 불

수 있다. 특히 부산항은 세계 컨테이너 처리 항
만중에 당당히 5위에 올라와 있으며, 매년
10.8%의 증가율을 보이고 있다. 1, 2위인 홍콩이
나 싱가포르에서는 이미 지능형 물류항만 및 항만
도시 정보시스템을 구축하여 보다 앞선 항만관
리를 하고 있다. 따라서 우리나라에서도 항만 및

* 동아대학교 조경학과 조교수

** 경남대학교 토목공학과 조교수

*** 청오지앤지(주) GIRI 연구소 연구원

물류관리 문제를 통합적으로 해결할 수 있는 항만 관리 시스템을 구축함으로써 부산항을 21세기 동북아 물류중심 항만으로 자리매김하는 것이 급선무다. 항만구역내 종합 데이터베이스 설계 및 GIS구축을 하기 위하여 도형정보인 주제도 제작 및 세부 현황도의 작업이 우선적으로 이루어져야 한다. 베이스맵(base map)을 구축하기 위해선 먼저 위치자료를 획득하는 일이 중요한데, 위치자료의 획득은 시간과 비용이 많이 들고, 전문기술과 고가장비도 요구된다. 일반측량이나 항공측량으로 지형도 및 항만지도를 만들면 정확도는 향상될지 모르지만, 비용이 너무 많이 들고, 또 자주 변하는 시설물의 위치들을 재측해야함으로써 정기적인 시설물 관리에 많은 어려움이 따른다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 고해상도 위성영상으로 주제도 및 세부 현황도를 제작하고, 토지이용 및 시설물의 변화를 쉽게 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문은 부산항만 주변지역을 중심으로 크게 두 가지 목적을 두었다. 첫 번째는 Landsat TM 위성영상을 이용하여 부산항만 주변지역을 중심으로 토지피복분류 및 주제도 제작방안을 모색하고, 두 번째는 항만 시설물 관리를 위하여 기존 도면으로부터 얻은 수치지도와 고해상도 위성영상인 SPIN-2 (KVR-1000)와 중첩하여 각 레이어별 주제도를 제작하고 순수한 영상으로부터 사물을 벡터화하여 항만 시설물 현황도 제작의 방안을 제시한다.

2. 연구범위 및 자료수집

2.1 연구범위

우선 베이스맵을 구축하기 위하여 부산항만 부두(신선대, 자성대, 우암, 감만)일대 8km×6km를 범위를 설정하였다. 본 연구는 다음과 같은 세 가지 과제를 두고 수행하였다.

1. Landsat TM 영상을 이용하여 삼림, 해양, 도시 등의 토지피복도 및 주제도 제작 방안을 제시한다.

2. 고해상도 SPIN-2(KVR-1000) 위성영상(래스터 자료)과 기존 종이지도를 참조하여 항만 시설물관리 및 분석을 통한 세부 현황도를 제작한다.
3. Landsat TM 영상과 고해상도 SPIN-2(KVR-1000) 영상지도의 검증 및 신뢰성을 제시하고 GIS 데이터베이스의 활용 가능성을 제시한다.

2.2 자료수집

토지피복분류를 위하여 1997년 5월 17일 관측 수집된 Landsat-5호 TM 데이터를 사용하였다. 이 위성은 주로 지구관측위성으로서 공간해상도가 30m(수신소에서의 해상도는 28.5m)이며 총 7개의 밴드로 구성되어 있고 각각의 밴드는 주제별 분석에 적합하도록 세분화되어 있다. TM영상의 응용분야로는 환경오염, 온도분포측정, 식생과 토양의 조사, 산림조사, 토지이용분류 등이 있다. 영상처리는 PC를 주컴퓨터로 하였으며 소프트웨어는 ER Mapper, PCI를 사용하여 분석하였다.

또한 시설물관리 및 수치영상지도를 제작하기 위해서는 SPIN-2 위성영상을 사용하였으며 공간해상도는 1.56m 흑백영상이다. SPIN-2(KVR-1000)영상의 상세한 보조자료는 Table 1과 같다.

Table 1. About the SPIN-2 image source

구 분	주 요 내 용
Source Image Date	1991년 2월 25일
Sun Angle	36.5 도
Frame Number	s1308551B-R
Camera System	KVR-1000
Satellite Altitude	216.2 km

3. TM 영상을 이용한 토지피복분류 및 주제도 제작 방안

토지피복(land cover)분류는, 원격탐측의 응용으로서 가장 전형적인 것 중의 하나이다. 토지피

복 분류를 할 때에는 먼저 토지피복 구분을 설정하고, 이용목적, 이용자의 요구, 사용자료의 지상 분해능 및 스펙트럼 밴드 등을 고려하여 입력·설정하여야 한다. 위성영상의 적합도를 검정 하고난 다음 토지이용도 및 지상기준점 준비를 해야한다. 영상에 대한 촬영날짜에 따른 방사오차 보정을 실시하고 수치표고모형을 이용한 그림자 효과를 제거하게 된다. 이러한 작업을 근거로 분류기준에 따른 밴드특성에 관하여 토지피복분류를 실시하게 되는데, 부산항 주변의 토지피복분류의 영상처리과정은 영상에 대한 분광·공간 해상력을 토대로 분석하였다. GCP(Ground Control Point) 선정은 영상에서 명확히 식별되는 점이어야 하며 주로 도로교차점, 육지와 수면의 경계점 등을 이용하여 해석대상 지역 전반에 고르게 분포시키는게 좋다. 본 연구의 대상지역에서는 총 7점을 선정하였으며 RMS는 최대 0.5화소(약 15m)로 나타났다.

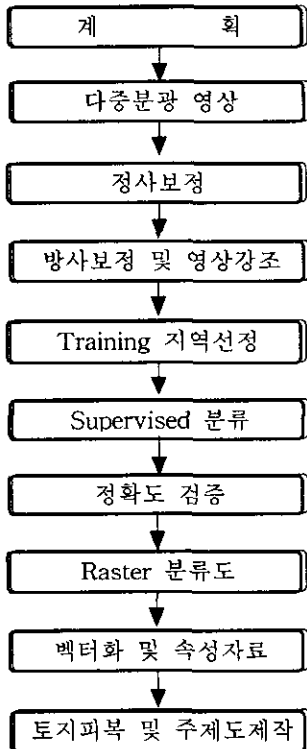


Fig.1 A process for a thematic land cover map using TM image

토지피복분류는 무감독분류(Unsupervised)를 통한 영상의 분광특성을 파악하였으며, 이때 무감독분류는 최대우도법(Maximum likelihood classifier)을 사용하였다. 이 방법은 훈련지역(training field)의 데이터가 정규분포를 따른다는 가정하에 분류하여 각 분류항목의 평균벡터와 공분산행렬을 계산한 후, 확률밀도함수를 이용하여 각각의 화소(Pixel)를 확률이 가장 높은 분류항목으로 분류하는 방법이다. 분류에 사용된 영상은 다른 밴드의 해상력(약 30m)에 비하여 해상력이 나쁜 밴드 6(해상력 약 120m, 열적외 밴드)을 제외한 6개(1~5, 7)의 밴드를 사용하였다. 또한 훈련(Training)지역의 선택시 참조 데이터는 기존의 임상도와 지형도를 참조하여 분류(Classifier)를 하였다.

Fig.2는 대상지역에 대한 토지피복분류도를 나타낸 것이며, 분류항목은 총 4개(녹지, 도시, 농지, 바다)로 하였다. 따라서 부산항만 주변의 도시적 토지이용, 특히 항만 간척사업의 진행상태를 파악하는데 효율적이다. 또한 개발 가능지를 선정하고 각 후보지에 대한 우선순위를 부여함으로써 장기적이고 단계적인 항만개발계획에 기초자료를 제공한다. 분류에 따른 정확도평가는 다소 범위가 좁은 지역이지만 지형도와 비교함으로써 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

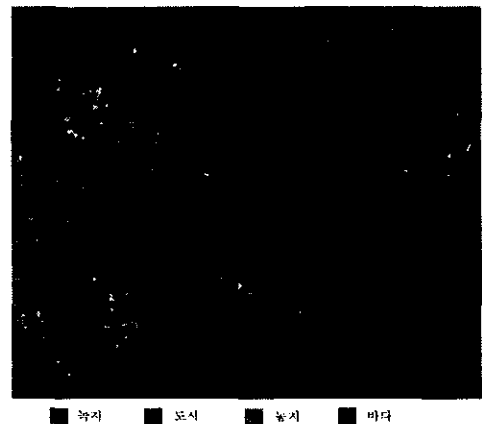


Fig.2 A classified land cover map near Pusan port area

4. SPIN-2(KVR-1000) 영상을 이용한 수치영 상지도제작 방안

고해상도 위성영상의 출현은 기존의 항공사진으로 제작된 수치정사사진(Digital Orthophoto) 영상과의 경계를 모호하게 만든다. 수치정사사진 영상은 항공사진을 스캐닝하여 지형의 영향으로 생기는 기복의 변위를 보정하는 정사보정(ortho rectification)과정을 거쳐 제작되는 것으로 공간해상도가 수 cm에서 1m 미만의 영상들이다. 하지만 항공사진의 획득이 어렵고, 일부 지역에 대해 항공사진측량을 할 경우 경비와 시간이 많이 들게되어 여건상 많은 어려움이 따른다. 따라서 고해상도 위성영상을 사용할 경우에는 넓은지역 또는 좁은지역에 대해 동질의 영상을 계속적으로 획득할 수 있어 지형 및 지물의 변화탐지가 가능하다. 또한 과거의 오래된 측량 데이터에 의존할 필요가 없으며 최근의 영상을 이용하여 수치영상지도제작이 가능하다. 벡터지도는 실제 사진이 도화 과정을 거치는 동안 전문가들에 의해 지형 및 지물을 해석되는 반면 수치영상지도는 사용자가 직접 사물의 해석이 가능하고 보이지 않는 정보까지 제공하게 되는 장점을 가지고 있다.

수집된 영상이 아무리 좋은 해상도를 가질지라도 수치영상지도 제작에 활용하기 위해서는 우선 사진상의 좌표와 지도상의 좌표와 일치시켜야 한다. 이를 기하보정(Geometric correction)이라 하는데, 영상의 화소들을 실제 지상좌표와 일치되게 재배열하는 과정으로 지구의 곡률, 촬영시 위성자세, 센서의 기하학적 특성, 지형의 기복 등의 오차의 원인을 제거하는 일이다. 특히 지역의 특성을 잘 나타내는 지상기준점을 이용하여 기하보정을 수행하여 정확도를 높이고 있다. 고해상도 위성영상 SPIN-2의 경우 공간해상도가 1.56m 밖에 되지 않으므로 지상기준점의 좌표를 획득하기 위해서 직접 현장에서 측량을 통하여 정확한 위치를 획득하여야 한다. 하지만

본 연구에서는 시간의 여건상 1 : 25,000 지형도에서 좌표를 읽어 GCP 작업을 수행하였다. 따라서 GCP 선정에 의한 오차는 총 7점 선정에서 RMS가 최대 6m로 나왔으며, 이는 지존 지형도(1 : 25,000)와의 좌표차가 다소 높게 나타났다는 것이다. 향후 이러한 고해상도 영상을 사용할 경우는 필히 현장측량을 수행하여 정확한 위치를 결정하여야 한다.

SPIN-2 위성영상을 이용한 수치지도제작과정은 Fig.3과 같다.

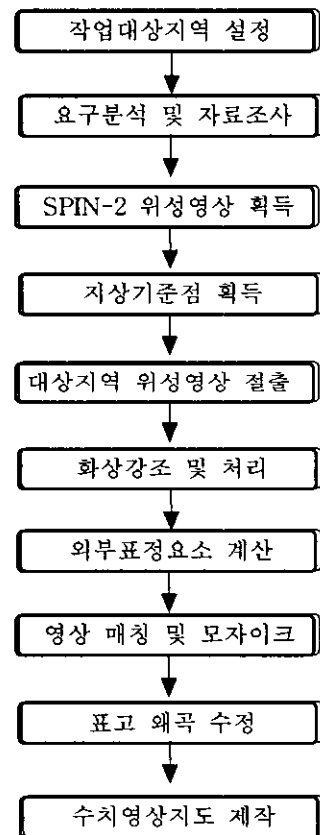


Fig.3 A process for a digital map using SPIN-2 image

수치영상지도를 기초로 하여 부산 항만권내 데이터베이스를 구축하는데 있어서 다음과 같은 정량적 및 정성적 효과를 얻을 수 있다.

- 정량적 편익
 - 지도 생산과 수정을 위한 시간 감축
 - 시설물 관리를 위한 시간 감축
 - 효율적 유지 관리에 따른 비용 절감
 - 개발 및 확충 계획과 설계 비용 절감
 - 작업 감독의 시간 절감
 - 정보의 표준화와 정확도 향상
 - 최신의 정보 획득
 - 시각화에 의한 정보제공으로 작업의 접근이 용이
- 정성적 편익
 - 보다 많은 정보 획득
 - 작은 노동시간으로 효과적인 분석
 - 불가능했던 분석을 수행할 수 있는 능력
 - 의사결정의 정확성 향상
 - 신뢰도 향상

Fig.4는 부산 컨테이너 부두항인 자성대부두를 중심으로 촬영한 SPIN-2(KVR-1000) 영상위에 주요건물 및 시설물들을 나타내기 위해 벡터화 작업을 한 것이다. 시설물 및 주요건물은 빨간선, 컨테이너 저장소는 파란선, 해수면의 경계는 노란선으로 표시하였다. 이렇게 SPIN-2(KVR-1000)를 이용하여 수치영상지도를 제작할 경우 최대 1 : 8,000의 축척을 가진 지도제작이 가능하다.

이런 고해상도 위성영상을 정기적으로 획득할



Fig.4 Port facility map of JaSungDae

경우 지도생산에 있어서 경비와 시간의 절감은 물론 기존 시설물과 개발후 시설에 관한 변화를 사용자가 누구든 쉽게 시각화 할 수 있다. 또한 개발 계획 및 확충 등에 효율적으로 응용할 수 있으며, 아울러 자료관리, 업무의 효율화 및 서비스의 향상을 기대할 수 있다.

5. TM 영상과 SPIN-2(KVR-1000)영상의 수치영상제작 비교

축척 1 : 25,000의 기존 종이지도에서 도로와 공유수면의 벡터를 추출하여 부산항 주변을 촬영한 TM 영상과 SPIN-2(KVR-1000)영상위에



Fig.5 An overlaid digital road layer over TM image



Fig.6 An overlaid digital sea water layer over TM image

각각 중첩(overlay)시켜 수치영상지도의 활용방안 및 정확도를 검증하였다. Fig.5, 6은 TM 영상위에 도로 및 공유수면 레이어를 중첩시켜 주제도를 제작한 것이다.

공간 해상도가 30m인 TM 수치영상지도는 눈으로 확인이 불가능할 정도로 영상이 흐려, 벡터와의 접합이 시각상 확인이 불가능하였지만, SPIN-2(KVR-1000)의 경우 지상의 사물들이 뚜렷하게 보여 오차의 범위를 정할 수 있었다. 또한 고해상도 위성일수록 GCP 선정은 실제 측량(일반측량, GPS측량)으로 좌표를 획득하여야 하나 TM영상과의 차이를 알고자 1 : 2,5000 지도상에서 얻은 좌표로 선정했기 때문에 영상에



Fig.7 An overlaid digital road layer over SPIN-2 image



Fig.8 An overlaid digital sea water layer over SPIN-2 image

서의 도로와 지도상의 도로가 서로 중첩되지 않고 약 7m의 오차를 보였다.

Fig.7, 8은 SPIN-2(KVR- 1000) 영상위에 도로와 공유수면을 중첩시켜 수치영상지도를 제작한 것이다.

TM 영상과 SPIN-2(KVR-1000) 영상의 차이점은 공간해상도의 차이도 있겠지만 무엇보다도 TM 영상은 컬러인 반면 SPIN-2(KVR-1000) 영상은 흑백이다. 따라서 그림자로 인한 시설물의 위치파악이 다소 어렵기 때문에 해상도가 높은 다른 영상과의 병합처리하여 그림자에 의한 오차를 감소시킬 수 있다.



Fig.9 A perspective of Pusan port area

Fig.9는 SPOT Panchromatic (10m)영상과 TM 영상을 병합 처리한 것으로써 1 : 25,000의 기존지도상 10m 등고선을 이용, DEM을 추출하여 PCI Fly simulation 소프트웨어를 이용하여 3차원 조감도를 제작한 것이다.

6. 연구 결과 및 향후과제

본 연구에서는 Landsat TM영상을 이용하여 부산항만 주변지역에 대한 토지피복분류를 수행하고 TM 영상과 SPIN-2(KVR-1000) 영상을 이용, 수치영상지도 제작을 수행하여 다음과 같은

기대효과를 얻을 수 있다.

1. 위성영상은 최신의 정보 획득이 가능하여 환경오염(해양오염) 및 토지피복분류 및 주제도를 빠른 시간내 얻을 수 있다.
2. 위성영상을 사용함으로써 항만내 경계(국·공·사유지 등), 불법 시설물 및 시설물의 확충에 관한 정보를 쉽게 시각화할 수 있어 개발 및 확충 계획과 관리에 비용이 절감된다.
3. 타당성 검증에 있어서 기존의 종이지도를 바탕으로 도로망을 구축한 TM영상에서는 영상의 해상도가 급격히 저하하여 대축척일수록 시각화가 불가능한 반면 고해상도인 SPIN-2(KVR-1000) 영상의 경우는 수치영상지도 최대 축척 1 : 8,000 까지 제작 가능하다.
4. 주기적인 데이터 취득으로 지형의 변화 및 지상시설물을 효율적인 유지관리 및 신뢰성 있는 분석이 가능하다.
5. 향후 과제로서 가스, 통신, 전력, 송유관, 지역난방, 상·하수도 등의 지하매설물을 효율적으로 관리하기 위한 전산화 작업의 기초 자료가 되는 가능성을 보여주었다.

참고자료

1. 박병욱, "수치위성자료를 이용한 토지피복분류 기법", 한국측지학회지, 1996.
2. Lillesand. T. M., and R. W. Kiefer, "Remote Sensing and Image Interpretation", third edition, John Wiley and sons, inc., 1994.
3. Hasegawa, K., "Utilization of computer mapping system in water works", Proceedings of AM/FM Conference XIV. AM/FM International, 1991.
4. H. Ishibuchi, K. Nozaki, and H. Tanaka., "Distributed representation of fuzzy rules and its application to pattern classification", Fuzzy Sets and Syst., 1992

본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형 통합항만관리 연구센터의 지원에 의한 것입니다.