

위성영상을 활용한 지하철건설 전후의
공간환경변화에 관한 연구
Analysis of spatial change for the subway construction
using satellite image

한기봉* · 강인준 · 김나영 · 최 현
Ki-Bong Han*, In-Joon Kang, Na-Young Kim, Hyun Choi
부산대학교 토목공학과, 경남대학교 토목공학과

요 약

위성영상은 항공사진과 더불어 지표면의 변화를 신속하고 주기적으로 관찰할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점뿐만 아니라 위성영상에 포함된 분광정보는 시간에 따른 지표면의 변화를 면밀하게 관찰이 가능하다. 이러한 장점들을 이용하여 현재 도시의 중추적인 교통수단으로서의 역할을 하고 있는 지하철 구간주변을 대상으로 시간에 따른 공간변화를 알아보았다. 지하철 건설전후의 구간을 대상으로 Landsat TM영상을 이용하여 토지이용변화 정도를, SPOT Panchromatic 영상을 이용하여 주거 및 상업지구의 변화 정도를 위성영상을 통해 살펴보았다. 또한 부산에서 발간한 토지건축물 대장, 교통유발금부과대장을 통해 영상에서 나타난 건물들이 어떤 용도의 건물인지를 파악하고 부산교통공사에서 발간한 일반현황 자료를 통하여 지하철이용의 현황과 이용행태를 주변 공간변화와 더불어 분석해보았다.

1. 서론

1990년대부터 전 국토에 대한 모니터링에 있어 위성영상에 담긴 분광정보나 광학정보를 이용하는 것이 보편화되기 시작했다. 넓은 지역을 관찰할 수 있는 장점과 더불어 위성영상에 담긴 여러 분광정보들은 지표면상의 변화 상태를 주기적으로 관찰 가능하다는 장점으로 인해 그 응용분야는 지형, 수자원, 농업, 토목 등 많은 분야에서 이용되고 있고 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)과 결합되어 지표면 자료들에 대한 더욱 더 효과적인 의사결정 수단으로써 이용되어지고 있다. 현재 우리나라의 도시들은 인구의 증가로 인해 더욱 더 광역화 되고 복잡해짐에 따라 많은 시설물들이 필요하게 되었고 이러한 시설물들의 효과적

인 관리 또한 필수 불가결한 요소로 자리잡고 있다. 이런 효과적인 시설물 관리가 없이는 조화 있는 도시의 성장이 불가능할 뿐만 아니라 무질서한 도시의 개발로 인해 도시와 인간에게 좋지 않은 영향을 끼치는 것이 주지의 사실이다. 그 전제조건이 바로 도시의 변화된 모습을 관찰하고 분석하는 공간분석이 선행되어야 가능한 일이다. 공간변화라는 의미는 단순히 건물이 들어서거나 도로가 넓어진다는 구체적인 공간의 확장성의 의미도 둘 수 있지만 눈에 보이는 공간의 변화뿐만 아니라 실제적으로 보이는 공간 변화에 수반되어 눈에 보이지 않는 인문적인 공간의 확장, 즉 인구의 이동, 차량의 증가, 등등도 포함된다고 할 수 있다. 그리고 20세기 들어

지하철의 건설은 도시의 성장과 확장에 아주 큰 역할을 한 것이 이제까지의 연구를 통하여 증명되어 왔다. 복잡한 도시에서 효과적인 교통 수단으로 자리 잡은 지하철은 도시의 실재적인 모습을 크게 바꿀뿐만 아니라 앞에서 밝힌대로 눈에 보이지 않는 변화를 주도하기도 한다. 금번 연구에서는 현재까지의 공간변화에 대한 연구를 바탕으로 실제 지하철의 건설 전과 후의 공간변화에 대해 연구해보고자 한다. Landsat TM위성의 Multi-Spectral 영상과 SPOT Panchromatic 영상을 이용하여 지하철 노선을 따라 도시의 실제적인 변화 상태를 체크 할 수 있는 건물의 신축이나 도로의 확장들에 대해 공간적 변화를 연구해 보았다. 본 연구는 시간에 따른 토지 이용 상태의 변화와 공간적 변화를 연구함으로써 차 후 균형적인 국토개발과 건전한 도시 형성을 위해서는 바람직한 도시계획 및 토지이용계획을 수립해야하고 이를 위해 효율적인 기준을 제시해야 할 것이다. 이러한 취지에서 본 연구는 도시의 질서 있는 성장과 더불어 지하철 노선의 선정 및 관리에 있어서 기초자료가 될 것으로 생각된다.

2. 선행연구

위성영상을 활용한 지표면에 대한 연구는 여러분야에서 다양하게 이루어져 오고 있다. 지형, 지질, 토목, 환경, 지적, 조경, 해양등 다양한 분야에서 서로 다른 적용방법들이 적용되어 연구가 이루어져오고 있고 근래에 들어와서는 GIS기법이나 통계학 분야와 연관되어 좀 더 확장된 연구 형태로 나타나고 있다. 또한 도시교통에 있어서 중추적인 역할을 하는 지하철주변에 관한 연구에 대해서는 위성영상을 직접 활용하여 연구된적은 없으나 GIS기법을 이용한 지하철주변의 공간분석에 대해서는 여러 연구가 진행되어오고 있다.

위성영상을 활용한 경년변화에 관한 연구로는 오동하(2000), 이진덕 외(2001), 신계종 외(2005), 김재철 외(2006)등이 있으며 Landsat TM 영상에 포함된 분광정보를 이용하여 시간과 계절의 변화에 따른 토지의

변화를 도농간 또는 도시간 그리고 광역적인 지역으로 광범위하게 분석하였다. 오동하(2000)은 부산지역 전체를 대상으로 Landsat TM 영상을 이용하여 토지이용변화를 분석하였고, 이진덕 외(2001)은 적지분석에 있어 위성영상과 GIS기법을 활용하였다. 신계종 외(2005)는 도시와 농촌간의 토지 피복 변화를 분석하여 도시의 균형발전을 위한 기초자료로서 사용하였으며 김재철 외(2006)은 도시지역에 분포하는 하천주변을 대상으로 시계열에 따른 토지의 이용 변화에 대해 연구하였다. 또한 최근 원격탐사와 GIS를 이용한 연구경향에 살펴보면 수도권 도시화에 따른 토지 이용 변화분석(황만익 1997; 사공호상, 2004)과, 비무장지대일대의 토지피복에 관한 연구(서창완, 전성우,1998), 대도시지역의 다중시기 토지 이용변화를 통한 경관 변화 파악(신진민 등, 2002), 환경요인에 따른 간석지의 시공간적 변화탐지(이홍로, 이재봉, 2005)등 많은 연구가 진행되어왔다. 그리고 지하철 주변 및 도시에 대한 전반적인 공간 및 활용 평가에 관한 연구로는 서울시 지하철역 주변지역의 가구분포 특성 분석(여홍구 등,1998), GIS를 이용한 지하철 건설의 도시개발 효과 분석(김재익, 정재희 등, 2000)시가화 지역의 도시패턴 변화 및 경향분석을 통한 시가화 지역의 물리적 확장 모니터링(김운수, 2005)등 여러 연구가 진행되어 오고 있다.

이상의 다양한 선행연구를 분석하여 본 연구에서는 지하철 주변의 공간변화를 위성영상을 통해 알아보고 차 후 누적될 자료를 통하여 지하철 주변지역에 대한 공간분석의 기초 자료로서 유용성 여부에 대해 알아보 고자 한다.

3. 연구방법

본 연구의 지역은 해발 634m의 장산을 중심으로 형성된 지역으로 이 지역은 예전부터 해운대 해수욕장을 끼고 있고 대규모 관광단지로서 위락시설과 호텔 등 대규모의

숙박시설이 존재하는 곳으로 특히 여름철에는 유동인구가 많은 곳으로 상습 교통 정체 및 체증이 심한 곳이었으나 부산지하철 2호선 2단계구간인 장산~수영구간이 1994년 10월 착공되어 2002년 8월에 완공된 구간으로 2006년 현재 연 인원 47000명이 지하철을 이용하고 있으며 총 연장 6.82km, 총 7개의 지하철역이 건설되어 있다. 과거 해운대해수욕장 근처를 제외하고는 발전 속도가 많이 늦는 지역이기도 하였으나 지하철 완공에 수반된 도로의 확장 및 주거단지의 건설로 인해 주변의 관광단지와의 발전이 가속화 되고 있고 동남권 개발의 전초기 지역활을 하고 있는 곳이다 (Fig 1).

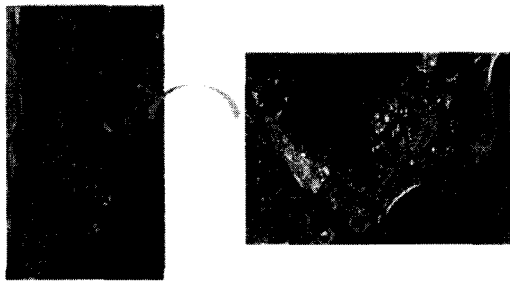


Fig 1. Study Area

본 연구지역에 대한 지하철 건설 전후의 공간의 변화 상태를 알아보기 위하여 일차적으로 지하철 건설 직전인 1994년도의 촬영된 Landsat TM 영상과 완공후인 2003년에 촬영된 Landsat TM(ETM+) 영상의 분광정보를 이용하여 연구지역에 대한 토지이용 변화 상태를 파악하고 난 후 1995년과 2002년에 촬영된 분해능 5m의 SPOT Panchromatic영상과 ‘2002년도 토지건축물 대장’ 과 ‘교통유발금부과대장’을 이용하여 지하철 주변에 대해 주거용건축물과 상업용 건축물의 분포도를 작성하여 지하철 건설기간 동안의 공간 변화정도를 파악하였다. 영상의 전처리 및 토지이용도분석 등 공간변화 탐지를 위하여 하여 ER-Mapper 소프트웨어와 ERDAS 소프트웨어를 사용하였다.

4. 위성영상을 이용한 토지이용변화

4.1 위성영상의 전처리

본 연구에서는 1994년 5월 9일과 2003년 2월 1일 획득된 Landsat TM과 Landsat ETM+영상을 이용하여 토지이용분류를 실시 하고 지하철 건설기간전과 후의 토지이용변화 정도를 알아보았다. 위성의 전처리 과정으로, 각각의 위성영상에 대하여 1:5,000 수치지도를 이용하여 지상기준점 (Ground Control Point, GCP)를 추출하였으며, 2차다항식 변화과 최근린 내삽법 (Nearest Neighbourhood Resampling)을 사용하여 기하보정(Geometric Correction)을 실시하였다. 고해상도 위성영상은 SPOT Panchromatic 영상 역시 Landsat TM/ETM+영상의 전처리 방법과 동일하게 실시 하였다.

Data Source	Resolution	Obtained date
Landsat TM	Visible : 30m	1994.5.9
	TIR : 60m	
Landsat ETM+	Visible : 30m	2003.2.1
	TIR : 120m	
	Panchromatic : 15m	
SPOT Panchromatic	Panchromatic : 5m	1995.5.17
SPOT Panchromatic	Panchromatic : 2.5m	2002.12.27

Table 1. Satellite image data used in the study

기하보정된 영상을 대상으로 분류기법을 이용하였는데 본 연구에서는 Training Site에서 선정되어진 sample을 이용하여 영상에서 분류항목을 선정하였고 감독분류 (Supervised Classification)중에서 최대우도법(Maximum Likelihood Classification)을 사용하여 밴드 6를 제외한 6개의 밴드를 이용하였다. 최대우도법은 정확도가 활용도가 가장 높고 평가되는 분류기법으로 각 분

류항목에 대한 평균값, 분산, 공분산 행렬의 수학적기초를 이용해야 분류를 수행하는 방법이다.

4.2 지하철 건설 전후의 토지이용변화

본 연구에서 나타난 토지이용변화는 Fig 2와 같다.

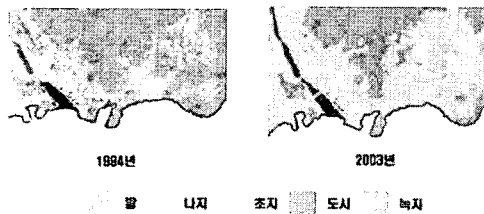


Fig 2. Land cover change between 1994 and 2002

그림에서와 보는 바와 같이 녹색으로 표시된 곳이 산림을 포함한 녹지로서 구분하였고 회색으로 보이는 곳이 지하철 건설 이전의 도심지이며 노란색으로 보이는 곳이 초지의 형태를 띄고 있다. 1994년의 토지이용의 변화에서는 해운대역 근처와 해수욕장 근처에만 도심지의 형태, 즉 건물들이 위치하였으나 지하철 건설 후에는 장산 바로 밑의 초지였던 부분들이 대부분 아파트 등의 주거단지로 변화하였음을 토지이용 변화에서 알 수 있었다. 1994년 영상에의 왼쪽편에 나타나는 부분은 수영비행장자리로서 영상 획득 당시에는 컨테이너 야적장으로 사용되어 불분명한 표시로 나타남을 알 수 있다. 전체적으로 볼때 지하철 건설 이전의 토지이용에서는 해안을 중심으로 다시 말해 해수욕장을 중심으로 도심지가 형성되다가 지하철 건설 이후에는 도심지의 범위가 계속 확대됨을 알 수 있다. Table 2에서와 보는 바와 같이 1994년도 영상에서 나지, 초지로 나타난 부분들이 대부분 도심지의 형태로 나타남을 볼 수 있다. 초지와 밭의 각각 9.2%에서 1.3%, 5.3%에서 0.8%로 크

게 줄었고 반대로 도심지의 비율이 1994년 28.3%에서 2002년 54%로 증가하였음을 보여준다.

분류항목	94년영상		2003영상	
	면적(km ²)	비율(%)	면적(km ²)	비율(%)
밭	5.3	10.6	0.8	1.6
나지	2.2	4.4	4.7	9.4
초지	9.2	18.5	1.3	2.6
도심지(인공구조물)	14.1	28.3	25.1	54.0
녹지	19.0	38.2	17.9	35.9
계	49.8	100	49.8	100

Table 2. The amount of Land cover change between 1994 and 2003

2002년 영상에서 나지로 나타나는 부분이 오히려 2.2%에서 4.7%로 증가하였는데 이는 지하철 완공 당시에도 개발이 완료되지 않고 계속 진행되고 있었기 때문에 나지로 나타남을 보여준다. 다만 녹지와 초지의 구별에서 2003년 영상이 겨울에 획득되어 계절의 영향으로 인해 녹지나 초지의 형태가 불분명하게 나타나 이 후에 획득된 다른 영상과 비교하여 검증을 하였다.

5. SPOT 영상을 통한 공간변화 탐지

앞 절의 Landsat TM/ETM을 이용한 토지이용도 변화를 살펴보았을 때 지하철 건설의 영향으로 토지이용도의 변화를 파악한 후 고해상도 위성은 SPOT Panchromatic 영상을 판독하여 어느정도의 건축물의 신축이 생겼으며 특히 지하철 노선을 따라 어떠한 변화가 일어나는지를 알아보았다.

5.1 주거단지의 변화

우선 지하철 건설로 인해 교통이 편리해짐에 따라 인구의 유입이 가속되어진다는 것은 주지의 사실이다. 이런 맥락에서 1994년도와 2002년도의 SPOT 영상을 비

교하여 주거단지의 변화를 살펴보면 Fig 3, 4와 같다. 지하철 건설이 시작되고 얼마 지나지 않은 1995년부터 지하철 노선을 중심으로 주거단지들이 건설되기 시작하였는데 주거단지들의 형태가 지하철 바로 근처이거나 지하철 역을 중심으로 방사상으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 방사상의 형태로 나타남을 지하철역을 고려하였기보다는 도시계획상이나 연구지역의 지형의 영향으로 인한 개발의 형태로 사료된다.

영상에서 보여지듯이 지하철 건설과 동시에 주거단지들이 개발되고 있음을 잘 보여준다.



1995년

Fig 3. Distribution of housing complex in 1995



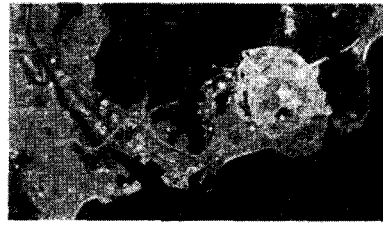
2002년

Fig 4. Distribution of housing complex in 2002

2002년의 영상은 지하철 완공 후의 주거단지분포를 나타낸 영상인데 일부 주거단지들은 지하철 라인을 따라 건설 되었으나 대부분의 주거단지가 지하철역을 중심으로 일정한 거리를 반경을 밖에 건설되었음을 알 수 있다.

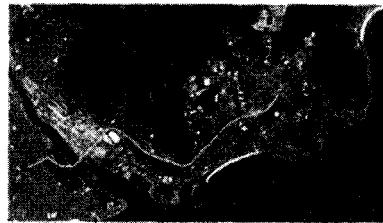
5.2 상업단지의 변화

앞절에서 주거단지의 변화를 살펴보았는데 주거단지가 들어섬으로 필수적으로 생겨나는 것이 상업단지이다. 상업단지의 개념은 대규모 마트나 여가시설등 주거생활에 필요한 시설들을 말하는데 본 연구 지역의 상업단지의 변화정도를 영상에서 살펴보았다. Fig 5, 6에서 1995년과 2002년의 상업단지의 분포도를 잘 보여주고 있다.



1995년

Fig 5. Distribution of commerce complex in 1994



2002년

Fig 6. Distribution of commerce complex in 2002

1995년도에서 보여지는 상업단지의 분포는 해수욕장근처를 중심으로 분포되어 있고 빈도도 작게 나타남을 보여준다. 이때까지의 상업지구의 형태와 분포는 관광지인 연구지역의 특성에 따른 분포와 형태를 나타낸다고 볼 수 있다. 지하철 건설 후인 2002년도 영상을 살펴보면 그 특성을 매우 다르게 나타낸다. 기존에 분포하던 상업지구는 더욱 더 조밀해지고 지하철 근처로 범위가 크게 넓혀지며 연구지역의 인구유입에 따른 주거단지의 조성으로 지하철역 근처에 집중되어 분포되고 있음을 보여준다. 특히 대부분의 상업지구가 주거단지 배후가 아닌 전면에 배치되

어 있음을 알 수 있었는데 이런 분포 상관관계에 대해서는 여러 인문사회적 자료와 다른 지역과의 비교연구가 필요 할 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.
 첫 번째로 Landsat TM의 분광정보를이용한 토지이용변화를 볼 때 지하철 건설시작전보다 완공 후에 많은 토지이용변화가 있었음을 알 수 있었다. 1992년 당시 이 지역의 대부분이 산지 또는 토지였으나 이 지역을 통과하는 지하철 건설이 시작 된 이후로 2002년도에는 대부분이 아파트단지과 상업지구로 토지이용의 급격한 변화가 있었다. 이는 지하철 건설의 영향에 따른 것으로 보인다. 두 번째로는 본 연구지역의 지하철 노선 인근에서는 일부 주거지구가 위치하는 것으로 나타났지만 대부분의 경우에는 상업지구들이 발달하였다. 이는 이 지역에 유동 인구가 많이 나타나는 것으로 보이며 연구지역이 대규모의 관광단지이므로 이 지역에 사는 인구층보다는 타 지역의 인구유동이 많은 이유때문이라고 사료된다. 이러한 이유에 대해서는 지하철 부근의 역세권분석등 다른 공간분석등을 통하여 규명되어야 할 것으로 생각된다. 세 번째로 고해상도 위성 을 통해 인공구조물의 변화를 자세히 파악 하면 대부분이 대규모의 아파트 군이 많이 차지함을 알 수 있었고 상업건물은 아파트 의 건설 후에 나타남을 알 수 있었다. 네 번째로 상업지구에 대한 더욱 자세한 분류 를 통해 지하철과 상업지구의 특성에 관한 연구가 필요하다고 생각된다. 마지막으로 영상 정보에 의한 단순한 공간적변화 판단 외에도 인구분포, 지하철 이용객수, 차량보

유대수 등 다른 인문사회적인 요소들의 변화에 대한 통계적 분석을 통하여 지하철 주변에 대한 종합적인 공간 분석이 요구된다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 강병기 등(1997). 서울인구밀도분포의 공간적 변화 분석 및 예측 시뮬레이션 , 국토 계획, 대한·도시국토계획학회, 32권 6호 pp51-54
- 김재익 등(2000). GIS를 이용한 지하철 건설의 도시개발 효과 분석 한국지리정보학회지, 3권 4호, pp 22-27
- 김재철 등(2006). Landsat TM과 ETM+영상을 이용한 도시하천 집수구역의 토지이용 변화파악, 대한원격탐사학회지 Vol .22, No 6, pp576-578
- 신계종 등(2005). GIS와 위성영상을 이용한 도시의 변화량 분석 , 한국지반공학회지 6권 4호, pp78-79
- 오동하(2000). 인공위성영상을 이용한 부산지역 토지피복과 녹지의 경년변화에 관한 연구, 부산발전연구원보고서, 부산발전연구원, pp35-52
- 박재국 등(2006). 토지의 감정평가를 위한 GIS 공간분석활용에 관한 연구 , 한국지적학회지, 12권 2호, pp 146-150
- 구자훈 등(1999). GIS를 활용한 개별 공시지가 산정 및 도로개설에 따른 토지보상비 산정 방법론 , 한국 GIS학회지, 7권 1호, pp 49-61
- 이진덕 등(2001). 도시지역의 토지이용 적 지분석을 위한 지리정보시스템의 이용, 한국지리정보학회지, 4권 4호, pp 32-34
- 부산교통공사 업무현황보고자료(2007), 부산교통공사, pp110-112