

# Kompsat영상을 이용한 유역분석

## Analysis of the Basin Parameter Using Kompsat

최현\* · 손충민\*\* · 강인준\*\*\* · 이종출\*\*\*\*

Choi, Hyun · Son, Chung Min · Kang, In Joon · Lee, Jong chul

### 1. 서론

지형학은 자연경관분석과 수자원에 대한 효율적인 자료구축에서 중요한 자료를 제공하게 되었다. 특히, 수치표고모델을 이용한 지형정보획득은 기존의 방식보다 경제적이고 정밀하며, 추출된 각종 수치자료들은 지형공간정보를 이용한 수문학적 분석 및 처리가 간단해졌다. 현재까지 하천유역의 수문지형정보를 취득하기 위해 행해오던 재래식 방식은 시간적, 경제적인 어려움이 많았다. 특히 접근이 곤란한 지역이나 방대한 지역에서의 수문지형정보 유역인자의 결정은 많은 문제점이 있다. 위성영상에서 추출된 수치표고모델을 이용하여 각종지형정보추출에 관한 연구가 시도되어 오고 있으나, 응용단계에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서 유역인자 결정을 위해서 지형정보 및 위성영상자료를 이용하여 광범위한 지역에 대하여 보다 적은 관측과 시간과 적은 경비를 이용하여 훨씬 더 정확한 자료를 얻어낼 수 있는 방법을 연구하고 효율적이고 정확한 유역인자결정을 하고자한다. 본 연구는 지형정보와 위성영상자료를 이용하여 하천유역의 유역특성을 추출하기 위한 방법을 제시하여 수문학적 지형특성을 하고자한

다.

### 2. DEM 생성

#### 2.1 수치표고모델형성

DEM은 지상의 공간적 분포를 수치적으로 표현한 것으로서 일반적으로 2차원 평면상에서 일정 간격의 격자 형태나 불규칙 삼각망 형태로 표현할 수 있다. 위성영상을 이용하여 DEM을 생성하기 위해서는 동일한 지역을 각도로 달리 하여 촬영한 한쌍의 위성영상이 필요하다. 스테레오 위성영상이 있을 경우 동일한 지역이 각 영상에서 어느 곳에 위치하였는가를 알게 되면 그 지역의 3차원 정보, 즉 DEM을 추출할 수 있다. 수치 표고모델의 생성은 카메라 모델링 단계와 영상정합단계로 구분할 수 있다. 카메라 모델링이란 촬영시의 영상좌표계와 카메라좌표계, 지상좌표계의 기하학적 관계를 복원하는 것으로 카메라 모델링의 정확도는 수치표고모델의 성능에 직접적인 영향을 미친다. 카메라 모델링이란 촬영순간의 위성체의 위치와 자세에 따른 지상좌표와의 관계를 나타내는 것인데 항공사진의 경우 입체영상과 지상기준점을 이용한 공선방정식을 세우고 이 방정식의 외부표정 6요소를 구하는 공간 후방 교선 단계와 구해진 계수와 공선방정식을 이용하여 실제로 입체 영상에서 얻어진 상응점을 3차원 좌표로 변환하는 공간정방교선 단계를 거친다. 그러나 위성영상의 경우 항공사진과달리 촬영순

\* 부산대학교 토목공학과 박사수료

\*\* 부산대학교 토목공학과 석사과정

\*\*\* 정희원 · 부산대학교 토목공학과 교수

\*\*\*\* 정희원 · 부경대학교 토목공학과 교수

간의 위치와 자세가 수시로 변하기 때문에 항공사진의 카메라 모델링보다 복잡하다. 아리랑 1호 EOC 영상은 각 라인마다 중심투영으로 데이터를 취득하므로 각각의 라인에 대하여 6개의 외부표정요소가 존재하며, full-scene(17km×17km)은 6개의 외부표정요소가 존재하게 된다. 각각의 라인마다 외부표정요소를 모두 적용할 수 없기 때문에 위성이 등속 원운동 한다는 가정 하에 외부 표정요소를 시간 또는 라인의 함수 형태로 단순화하여 모델링해야 한다. 일반적으로 입체영상에서 지상 기준점의 매 관측마다 두 개의 공선조건식이 생성된다. 촬영영역이 겹치고 촬영 각도가 다른 좌우 영상에서 정합점을 찾는 과정을 영상정합이라 하는데 일반적으로 특성기반 정합알고리즘과 영역기반 정합알고리즘으로 나눌 수가 있다. 특성기반 정합알고리즘은 영상내에 존재하는 경계점이나 선 등과 같은 특성정보를 이용하는 기법으로써 영역기반 정합알고리즘에 비해 속도가 빠르지만 특성정보가 없는 지역에서는 정합이 불가능하다. 영역기반 정합알고리즘은 영상의 화소값을 사용하는 기법으로 좌우 두 영상간의 픽셀의 밝기값을 이용하여 유사도를 측정하기 때문에 영역기반 정합 알고리즘에 비해서 시간이 많이 걸린다. 본 연구에서는 영역기반 정합알고리즘을 사용하여 보다 조밀하게 고도 정보를 복원하였다. 영역기반 정합알고리즘은 초기 정합후보점을 사용자로부터 입력받아 정합을 수행하고 정합점과 인접한 점을 다시 정합 후보점으로 사용하여 정합후보점이 존재하지 않을 때까지 반복하는 기법이다. 영역기반 정합알고리즘은 영역을 확장해 나가는 과정에서 정합후보점을 사용하여 매우 효율적으로 전체영사에 대한 정합점을 계산할 수 있으나, 오류전파의 단점이 있다. 이러한 오류전파는 정합점으로부터 3차원 좌표를

구하고, 이와 인접한 점의 고도점을 정합점의 고도와 같다고 가정한 후, 해당하는 우측 영상점을 다시 역으로 산출하여 정합 후보점으로 사용하였다.

## 2.2 지상기준점 선정

위성영상자료를 처리하기 위해 필요한 정보추출하기 위해서는 지상기준점(GCP: Ground Control Point) 선정이 필수적이다. 지상기준점 선정은 재래식측량이나 수치지도를 이용하여 선정하는 것이 일반적이거나 최근에는 인공위성 위치정보 시스템(GPS: Global Positioning System)의 개발로 신속하고 경제적인 고정밀 지상기준점의 선정이 가능하게 되었다. 그러나 위성측량에서의 측량결과는 WGS-84좌표이기 때문에 우리나라 기준 좌표계인 벡셀 좌표계로 변환해야 하며, 위성측량으로 구한 해수면은 평균해수면이 아닌 WGS-84의 준거타원체의 높이기 때문에 측지좌표계로의 좌표값에 대한 변환이 필요하다는 단점이 있다. 명확한 지상기준점 선정을 위해서는 위성영상에서 명확한 지점을 파악할 수 있는 화소의 위치가 있는 곳 이어야 하며, 촬영시기와 무관하게 위치 결정이 가능하여야 하며, 연년 변화가 거의 없어야 한다. 표 1은 본 연구에서 측정한 지상기준점좌표를 나타낸다. 지상기준점선정을 위한 GPS기준점은 부산광역시 소재하고 있는 황령산 삼각점과, 장산 삼각점을 선정하여 14점을 결정하였다.

표 1. GPS를 이용한 지상기준점 선정

GCP	North (m)	East (m)	Height (m)
기준점 I	184236.8140	207407.7780	427.6300
기준점 II	179821.0950	211051.9410	224.6000
1	193009.4983	211704.1461	60.9870
2	192409.4722	211383.3006	10.4094
3	193929.4858	215583.1570	155.5316
4	194131.1445	216286.4197	99.6451
5	194027.8925	218760.0575	65.8162
6	195775.7315	215439.9342	109.2544
7	196829.1742	214672.0711	80.5020
8	197249.2321	216270.6351	107.3456
9	198397.1769	214564.8822	126.8891
10	197122.4659	213108.9359	64.4070
11	197544.6546	212173.4980	57.2617
12	197648.0027	209857.2163	40.7246
13	193292.4892	210034.6608	46.9259

표. 2 위성 영상 제원

Sense	Kompsat-1 EOC	
연구지역	부산광역시 수영천 일대	부산광역시 수영천일대
자료 취득일	2000년 8월 11일	2001년 3월 15일
촬영 경사각(tilt angle)	-19.427.	19.260.
공간 해상력(m)	6.6m	6.6m
화소	2592, 2792	2592, 2797
위성고도(km)	687.17	685.42
지상기준점	27	25

## 2.2 위성영상을 이용한 DEM 추출

본 연구에 이용된 영상은 2000년 8월 11일(좌측영상)과 2001년 3월 15일(우측 영상)을 이용하였으며 주요 제원은 표 2와 같다. 연구대상지역에 대한 취득시기가 최대한 비슷하여야 정확한 DEM의 추출이 가능하나 촬영시기가 비슷하지 않는 관계로 Kompsat DEM의 정확도가 다소 떨어질 것으로 예상된다.

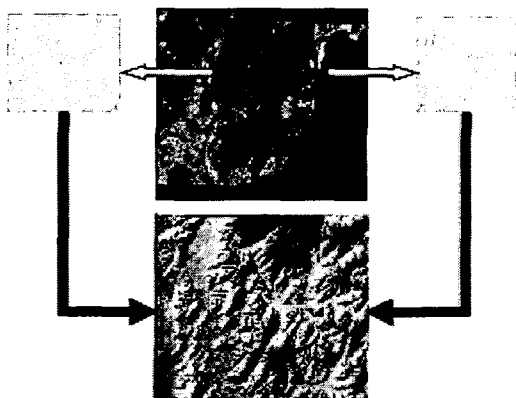
연구에 이용된 영상정합 알고리즘은 선형 푸리브룸 방식으로 촬영된 좌우 위성영상에서 쌍곡선 형태로 표현되는 에피폴라 특성곡선상의 각 점들간의 정규화된 상관계수를 구하고 이중 최고치를 정합점

쌍으로 결정하는 기법을 사용하였다. 수치 표고모형을 생성하기 위해서 먼저 에피폴라 입체영상을 생성하였으며, 입체영상에서 공액점들을 선정하고, 궤도표정요소 계산결과와 기하학적 모델링을 통하여 공액점들의 3차원 위치를 계산한후, 일정한 격자간격으로 고도값을 보간함으로써 수치 고도모형이 제작된다. 본 연구에서는 격자간격은 10m로 하였으며 매칭 상관관계는 0.98로 하였다. 그림 2의 (a)는 영상정합과 Kompsat영상으로부터 추출된 수치 표고모형을 보여주고 있다. 연구대상지역에서의 표고차는 최대 534m로 나타났다. 또한 농지, 하천, 수면(회동저수지)등이 골

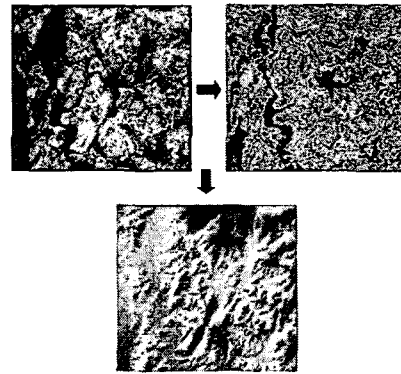
고루 분포되어있어 다양한 지역에 대한 분석이 가능하다. 산악지역은 기록에 대한 화소값의 원인이라 단정할 수 없기 때문에 대상 지역의 지형이 미치는 매칭 오류의 영향을 분석하기 위해 경사각, 고도값, 산 사면의 방향각 등 여러 요인으로 분석을 실시하여야 한다. 본 연구결과 매칭 오류의 발생은 위성영상의 촬영시기의 자연환경조건에 따라 많은 영향을 받고 있다. 특히 촬영시기의 구름, 하천의 토사, 농경지의 변화, 그리고 태양을 등진 산 사면의 그림자 등이 매칭오류의 중대한 원인으로 작용하였다. 현재 국내에는 본 연구와 유사한 분야에 대한 경험을 가지고 있는 전문가가 얼마 되지 않고, 또 비슷한 문헌도 부족한 형편이다.

### 2.3 수치지도를 이용한 DEM 추출

본 논문에서 이용된 수치지도는 국립지리원에서 제작한 1:25,000이며, 연구대상지역은 부산광역시 수영천 유역이며, 그림 1과 같고 유역형상에는 직사각형, 반원형 그리고 역삼각형 등이 있는데 연구지역은 반원형의 형상을 하고 있다. 누가흐름량의 임계치(threshold)는 유역의 생성 및 개수에 영향을 미치게 되는데 일반적으로 지수함수적으로 감소하는 경향을 보인다.



(a) Kompsat 영상에서부터 추출된 DEM



(b) 수치지도로부터 추출된 DEM  
그림 1. 연구대상지역에 대한 수치 표고모델

유역분할은 누가흐름도와 경사방향도를 이용하여 누가흐름량의 연산임계치를 변화시켜 수치표고모델의 격자크기별로 하나의 유역이 형성되도록 임계치를 설정하였다. 본연구는 Kompsat 위성영상에서 추출한 DEM과 수치지도에서 추출한 수치표고모델의 유역인자의 정확도를 비교분석하는 논문이므로 토양도 및 토지이용도는 작성하지 않았다. 1:25,000 수치지도는 평면위치에서 5.0m, 등고선은 3.0m, 그리고 표고점은 1.5m의 표준편차를 보이고 있으며, 격자간격은 10m로 설정하였다.

## 3. 수치표고모델로부터 유역인자 결정

### 3.1 Horton 차수

하도망분석의 정량적 해석은 Horton (1945)에 의해 차수에 따른 하도망구축기법이 소개되었다. Strahler(1950)는 Horton분류와 다른 하천의 길이, 형상 발원을 고려하는 방식을 개선시켰다. 그림 2는 Horton차수를 Kompsat영상과 수치지도로부터 추출된 DEM으로 Horton차수를 도시한 것이다.



(a) Kompsat으로 추출된 DEM Horton차수



(b) 수치지도로부터 추출된 DEM Horton차수

그림 2. Horton 차수모형도

### 3.2 수치표고모델로부터 유역특성 분석

수치표고모델(DEM: Digital Elevation Model)이란 실제지형에 나타나는 연속적인 기복변화를 수치적으로 표현하는 방법이다. 유역특성은 수치표고모델로부터 흐름 방향을 결정할 수가 있는데 흐름방향에는 4개의 방위에 따라 흐름방향을 결정하는 4방향 모델과 8개의 방위에 따라 흐름방향을 결정하는 8방향 모델이 있는데 본 논문에서는 8방향모델을 적용하였다.

표3은 Kompsat영상과 수치지도로부터 추출된 10m 해상도를 가지는 DEM으로 된 유역특성인자를 기본적으로 추출한 자료이다. 임계치를 300으로 하였을때 유역면적과 최장하도길이는 큰 차이를 보이지 않으나, 총하도길리와 유역차수에서는 많은 차이를 보였다. 이러한 연구결과를 볼때 유역면적, 하도길이 등은 DEM의 성격에 따라 비슷하게 나타나고 있으며, 수문지형학에 지형공간정보를 이용할 때 유역분할은 누가흐름에 대한 양에 따라서 결정되어지는데 적절한 유역수를 결정하기 위해서는 유역형상과 유역면적을 고려하여야 하기 때문에 Kompsat위성영상을 이용한 유역인자를 결정하더라도 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

표 3. 유역 특성분석

	유역특성	
	Kompsat	수치지도
유역면적(km <sup>2</sup> )	29.115	29.744
최장하도길이(km)	10.451	11.697
총 하도길이(km)	91.965	109.732
유역 차수	5	6

#### 4. 결론

본 연구는 1:25,000 수치지도와 kompsat 위성영상에서 추출한 수치표고 모델을 이용한 유역특성에 대한 분석을 실시하였으며, Kompsat 영상을 이용한 Horton-Strahler 차수의 하도망과 유역정보를 구축한 결과 유역면적, 하도길이 등에서 일부 차이를 보이고 있으나 유역해석에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 그리고 Kompsat 위성영상과 수치지도로부터 각각 추출된 수치표고모델 자료로부터 자동추출된 하천망을 비교분석한 결과 1~2차 하위 하천망차선에서는 위상차가 크지 않았으나 상위차선으로 갈수록 위상차가 크다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 산사태등 급격한 지형변화가 있는 지형이나 미계측지역의 유역측정시 Kompsat 위성영상을 이용하여 홍수해석에 필요한 유역유출해석, 하도수리분석, 지형정보시스템을 구축하여 지형정보의 수문학적특성을 분석한다면, 경제적이고 정량화된 자료를 획득할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호:2002-28)의 연구비 지원으로 수행된 연구의 일부로서 동재단에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R.(1991) "Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications", Hydrological Processes, No. 5, pp. 3-30.
2. Strahler, A.N.(1950), "Equilibrium

Theory of Erosional Slopes Approached by Frequency Distribution Analysis", Am. J. sci NO. 248, pp. 673-695.

3. Valdes J.B., Y Fiallo and I. Rodriguez-Iturbe(1979), "A Rainfall-runoff analysis of the geomorphologic IUH", Water Resour. Res., No.15, pp. 1412-1434.

4. Miller, C.L., Laflamme, R.A.(1958), "The digital terrain model - theory and application", Photogrammetric Engineering, No. 24, pp. 433-442.

5. Shearer, J.W. (1990), "The Accuracy of Digital Terrain Models", Chapter 24, Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering, Whittles Publishing, London, pp. 315-336.

6. Quinn, P., Beven, K., Chevallier, P. and Planchon, O. (1991), "The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models", Hydrological Processes, No 5, pp. 59-79.

7. 강인준, 최현, 최철웅 (1998) "수문학적 지형공간정보의 하도망 구축", 1998년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.497-500.

8. 강인준, 최현, 이병걸, 김홍태(1998) "합천댐 유역의 Horton 수계망 형성과 지형적 특성에 관한 연구" 1998년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.505-508.

9. 강인준, 최현, 최철웅 (1999), "지형공간정보 데이터를 이용한 퇴사량 예측기법", 1999년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.597-599.

10. 강인준, 최현, 이병걸(2001), "수치지

도를이용한 유역특성분석", 한국측량학회  
지, 제 19권 제 3호, pp. 229~236

11. 최철웅 (1999) "형공간정보체계를  
이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구",  
박사학위논문, 부산대학교.