

원격탐사자료에 의한 소유역의 지형수문학적 해석 Topographic-Hydrological Using Small Drainage Networks Using Remote Sensing data

최현, 강인준**, 홍순현***

Choi, hyun · Kang, In-joon · Hong, Soon-Heon

* 부산대학교 토목공학과 생산기술연구소 특별연구원

** 부산대학교 토목공학과 교수

*** 밀양대학교 토목공학과 교수

제 1 장 서론

1.1 연구목적 및 필요성

GIUH(Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph) 와 GclUH (Geomorphoclimatic Instantaneous Unit Hydrograph)를 작성하기 위해서는 정확한 수치표고모형의 추출이 중요한데 기존 연구에서는 미계측 지역에 대한 수치표고모형의 생성이 어렵기 때문에 USGS(US Geological Survey)에서 획득하는 실정이나 자료의 갱신주기가 길어서 최신 자료획득에 문제가 있다. 그러나 산사태와 재개발지역과 같은 지형이 급변하는 곳에 대한 지형자료에 대한 생성은 위성영상을 이용함으로써 최신의 지형공간자료를 취득할 수 있으며, 광범위한 지역의 데이터를 경제적인 취득이 가능하다.

수자원분야의 원격탐사활용은 Landsat TM 영상을 이용하여 대상유역에 대한 수문인자를 결정하는 연구가 대다수를 이룬다. 또한 측량 및 지형공간정보 학자와 지

형수문학자간의 연구방식의 차이와 지식 전달체계의 문제로 위성영상자료에 대한 유역특성분석은 거의 이루어지지 못하는 실정이다. 위성영상에서의 수치표고모형 생성은 기존방식보다 경제적이고 신속하기 때문에 수문지형학적 적용은 상당히 유리할 것으로 판단된다. 특히 측량 및 지형공간정보공학 그리고 수문지형학의 발전과 국내 우주산업의 발전을 위해 우리나라에서 발사된 위성영상을 활용한 지형정보자료획득에 관한 연구는 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 Kompsat 영상과 1:25,000 수치지도에서 생성된 수치표고모형을 이용하여 유역특성에 대한 밀도와 도수분포로 비교분석한 후 지형학적 순간 단위 유량도에 미치는 영향과 유출총량에 대해서 분석하여 Kompsat영상의 지형수문학적 적용가능성을 검토하였다. 그리고 Kompsat영상에서 생성된 수치표고모형을 정량화하여 GIUH (Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph)에 의한 첨두유량, 첨두도달시간 그리고 유출총량을 비교분석 후 소유역의 수문지형인자 해석 시 최적화된 수문용 수치표고모형의 격자간격을 제시하여, 위성영상자료를 이

용한 하천의 지형수문학적 해석을 통하여 적용가능성을 검토하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구 내용 및 방법

원격탐사기법을 이용한 지형학적유역 특성 분석은 다른 방식에 비해 연구과정이 상당히 복잡하고 많은 시간이 걸리므로, 먼저 지형학적 수문해석의 기본 자료인 인공위성영상과 수치지도의 수치표고모형의 생성기법에 대해서 연구하였다. 유출총량분석을 위해 지형공간정보자료인 수치표고모형, 토지이용도, 수치토양도를 획득하였다. 위와 같이 일련의 과정을 거쳐 수문자료를 구축한 다음 Kompsat영상과 수치지도에서 추출된 수치표고모형을 지형공간정보특성에 따른 유역면적, 경사, 하도장등에 대하여 격자별로 비교분석한 후 GIUH를 이용한 침투유량 및 침투도달시간에 대해서 비교 검토하였다.

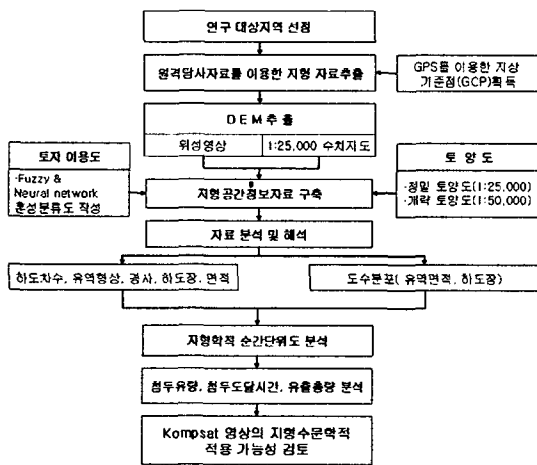


그림 1. 연구 방법

연구방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 영상자료와 수치지도로부터 생성된 수치표고모형을 소하천 유역에 많이 적용되

는 10m에서 100m까지 10m 간격으로 나눈 뒤 격자별로 유역형상, 하천차수, 유역면적, 유역경사, 하도장에 대한 기본분석 외에 도수함수를 이용한 유역면적과 하도장의 통계분석을 실시하여 유역형상에 대한 상사분석을 실시하였다.

그리고 지형학적 분기율, 면적비, 길이비에 대한 격자별 비교 분석 한 후 지형학적 순간단위유량도를 이용하여 침투유량 및 침투도달시간을 검토하여 Kompsat영상의 지형수문학적 적용가능성을 검토하였다.

제 2 장 지형공간정보 처리

2.1 연구 대상 지역

본 연구는 원격탐사자료를 이용한 미계측 하천소유역의 지형공간정보 특성분석에 관한 연구이다. 인공위성 영상자료를 이용한 미계측 지역의 지형특성분석 후 정확도 검증을 위해서 지형학적 수치자료가 충분한 부산광역시 수영강 유역에 속해 있는 철마천 소유역을 연구대상지역으로 하였으며, 연구대상 지역에 대한 지형학적 분석을 위한 기초 자료는 위성영상, 수치지도 그리고 토양도에서 획득하였다.

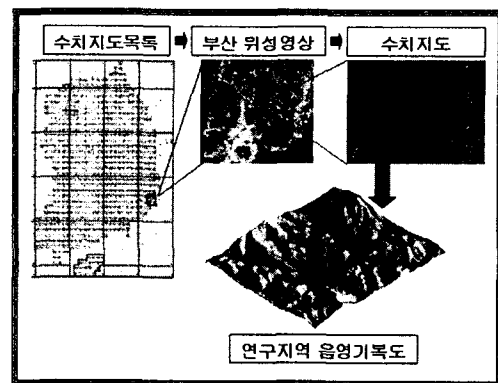


그림 2. 연구대상지역

수영장 분류 및 지류에는 수위 관측소가 전무하고 공식적인 강우 관측소 또한 없으며, 회동댐 수원지의 저수량은 상수공급 원임에도 불구하고 수문자료에 대한 축척

수치표고모형 생성을 위해서 먼저 에피폴라 입체영상을 생성하였으며, 입체영상에서 공역점들을 선정한 후 궤도표정요소 계산결과와 기하학적 모델링을 통하여 공

표 1. 위성 영상 제원

Sense	Kompsat-1 EOC	
연구지역	부산광역시 수영천 일대	
자료 취득일	2001년 3월 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

은 극히 열악하다. 그러나 회동댐 수원지 상류유역은 상수원 보호구역이기 때문에 자연상태의 보전이 상당히 잘 되어있기 때문에 시간의 경과에 의한 지형의 변화가 거의 발생하지 않는다. 따라서 수치지도와 위성영상에서 나타나는 지형특성은 거의 유사하다고 할 수 있다. 그림 2는 연구대상지역의 음영기복도 및 연구대상지역을 나타낸다.

역점들의 3차원 위치를 계산한 뒤에 일정한 격자간격으로 고도값을 보간 함으로써 수치표고모형을 생성하였다. 수치표고모형을 생성하기 위해 초기 격자간격은 10m로 하였으며 매칭 상관관계는 0.98로 하였다.

2.2 Kompsat영상으로부터 수치표고모형 추출

본 연구에 이용된 영상은 2001년 3월 11일(좌측영상)과 2001년 3월 15일(우측영상)을 이용하였다. 좌·우영상으로부터 수치표고모형을 추출하기 위해서 기준점 좌표를 선정하기 위해 TM 투영좌표계를 기준으로 처리하였다. 표 1은 본 연구에 이용된 위성 영상 제원을 요약한 것이며 촬영경사각은 좌측 -19.427°, 우측영상은 19.260°로 나타났다. 지상기준점 선정을 위해서 좌우 기준점은 각각 27개와 25점으로 선정하였다.

제 3 장 지형특성 분석

3.1 유역형상 비교검토

수치표고모형을 통한 유역결정은 하나의 격자값이 입력된 자료를 이용한다. 유역을 결정하는 과정은 하천의 기본적인 특성을 나타내는 중요한 일이며 유출점에 대한 정확한 위치를 파악하는 것이 중요하다. 유역형상을 비교분석한 결과 대부분의 격자간격에서 일치되었으나, 10m, 20m, 80m 격자부분에서 다소 오차를 나타내었다. 이는 격자간격을 나눌 때 보간에 따른 유역임계치가 변화되는 부분에서 발생하는 오차일 것으로 사료되며 추후

격자크기에 따른 유역형상에 대한 변화 분석에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

그림 3은 1: 5,000 수치지도에서 추출한 자연하천과 자료원에 따른 수치표고모형에서 추출한 하도망의 형상을 검토한 것이다. 파란색은 수치지도에서 추출된 하도망이며 빨간색은 Kompsat영상에서 추출된 하도망이다. 검은색은 수치지도에서 추출된 하도망 구조이다. 하도망을 격자별로 분석한 결과 대부분의 하도망은 자연하도망과 거의 비슷한 형태가 보였으나, 평지점부분에서 Kompsat영상에서 추출된 하도망형상이 다소 큰 오차가 발생하게 되었다. 오차 발생원인은 Kompsat영상에서 추출된 격자값은 평지에서 정확한 평가를 위해서 보간을 실시하지 않고 비교 검토하였기 때문으로 판단되며 평지점에서 위성영상을 이용하여 적절한 높이값을 보간 한 후 DEM을 다시 작성한다면 정확한 하도망의 구축이 가능할 것이다.

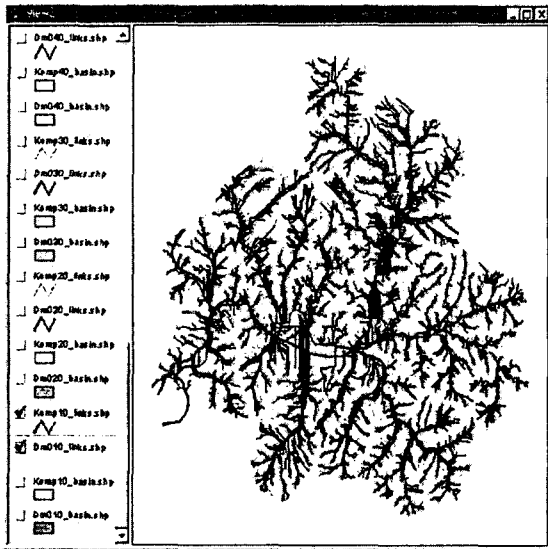


그림 3. 수치지도와 Kompsat 영상에서 추출한 하도망 비교

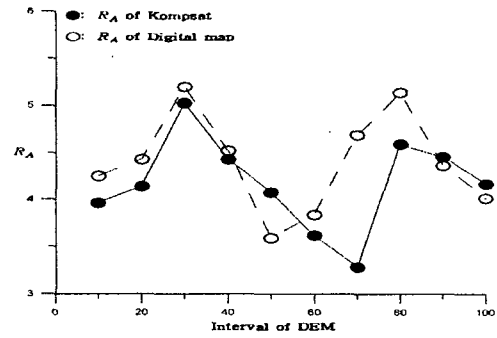


그림 4. 격자크기에 따른 Ra 변화추이

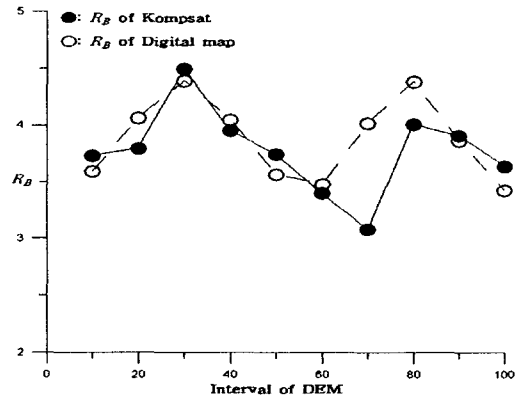


그림 5. 격자크기에 따른 Rb 변화추이

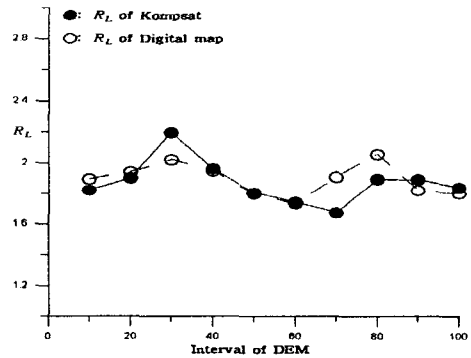


그림 6. 격자크기에 따른 RI 변화추이

수치지도에서 생성된 DEM에 대한 하도분기율은 3.425~4.386 이고, 면적비는 3.837~5.195이며, 길이비는 1.820~2.055로 나타났다. 그리고, Kompsat영상으로 부터 추출된 하도분기율은 3.398~4.496이고, 면적비는 3.387~5.027이며, 길이비는

1.805~2.195로 나타내고 있는데, Kompsat에서 추출된 하도분기율, 길이비 그리고 면적비의 변동폭이 다소 크게 나타났다. 그림 4는 격자크기에 따른 면적비 변화율을 그래프로 나타낸 것이며 그림 5는 격자크기에 따른 Rb 변화율을 나타내고 있다. 그림 6은 격자크기에 따른 Rc 변화율을 나타낸 것으로 격자간격 60m~80m의 격자에서 하도분기율, 길이비 그리고 면적비 모두 변동폭이 크게 나타남을 알 수가 있었다. 이는 수치표고모형 수출시 같은 유역이라도 수치표고모형의 자료원에 따라서 하천 특성값이 다소 달라질 수 있다는 것을 나타낸다.

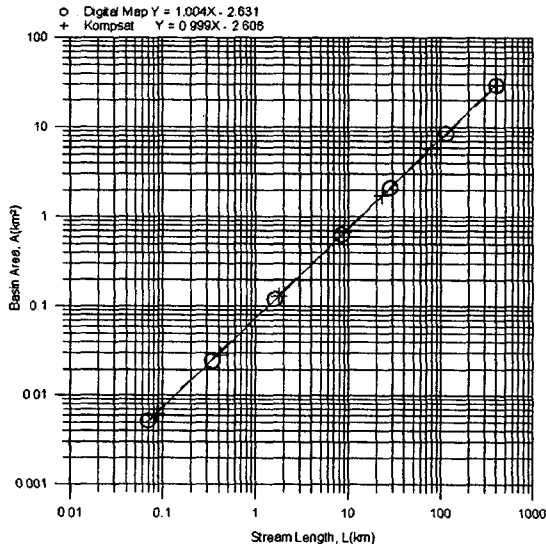


그림 7. 자료원에 따른 유역밀도 검토(Grid : 10m)

그림 7은 자료원에 따른 유역밀도를 비교 분석하였는데, 수치지도의 유역밀도 선형식 $Y = 1.004X - 2.631$ 이며, Kompsat 영상에서 추출된 DEM값에 대한 유역밀도 선형식 $Y = 0.999X - 2.606$ 으로 유역밀도도 거의 비슷하게 나타났다. 자료원에 따른 유역면적, 하도장 그리고 유역밀도의 기울기 값이 비슷하다는 것은 자료원에 따른 수문학적 유역특성이 비슷하다는 것

을 의미한다. 유역밀도(Drainage density)는 해당유역의 총면적으로 모든 차수의 흐름을 통한 총하도장을 나누어서 계산되며, 강수량의 정도, 강수의 패턴, 강수의 강도, 기반암의 종류, 식생의 종류와 밀도에 따라 결정된다. 유역밀도는 하도장의 흐름과 평균경사거리의 1:2를 나누기 위해 사용될 수 있다. 본 연구에서는 수치지도로부터 추출된 10m 격자의 1차수에 대한 유역밀도는 1.378(1:km)이었으며, Kompsat영상에서 추출된 10m 격자에서의 1차수에 대한 유역밀도는 1.377(1:km)로 비슷한 분포를 나타내었다.

3.3 지형학적 순간단위유량도 분석

기존의 Kompsat 영상에서부터 추출된 격자별 유역특성 결과를 이용하여 침투유량과 침투도달시간을 유속 $V(m/s) = 1, 2, 3$ 에 따른 결과값을 수치지도에서 계산된 값과 비교 분석하였는데 유속이 증가할수록 침투유량은 커지면서 도달시간은 줄어들고, 유역면적이 증가할수록 침투유량은 감소하고 도달시간은 증가하였다. 유속이 1m/s일때 격자크기에 따른 유역면적 변화에 따른 침투유량을 분석결과 소유역 분석은 격자 크기가 커질수록 침투유량이 점진적으로 증가함을 알 수가 있었으며 자료원에 따른 침투유량은 격자간격에 정비례하였다. 격자간격이 80m에서 면적차이와 거리차이가 가장 크게 나고 있는데 유출량 역시 80m 지점에서 0.022(1/hr)로 가장 크게 나타났다. 침투도달시간 역시 80m 격자에서 0.420시간 차이를 보였다. 자료원과 격자크기에 따라서 침투유량 및 침투도달시간이 많은 차이가 보임을 알 수가 있었다.

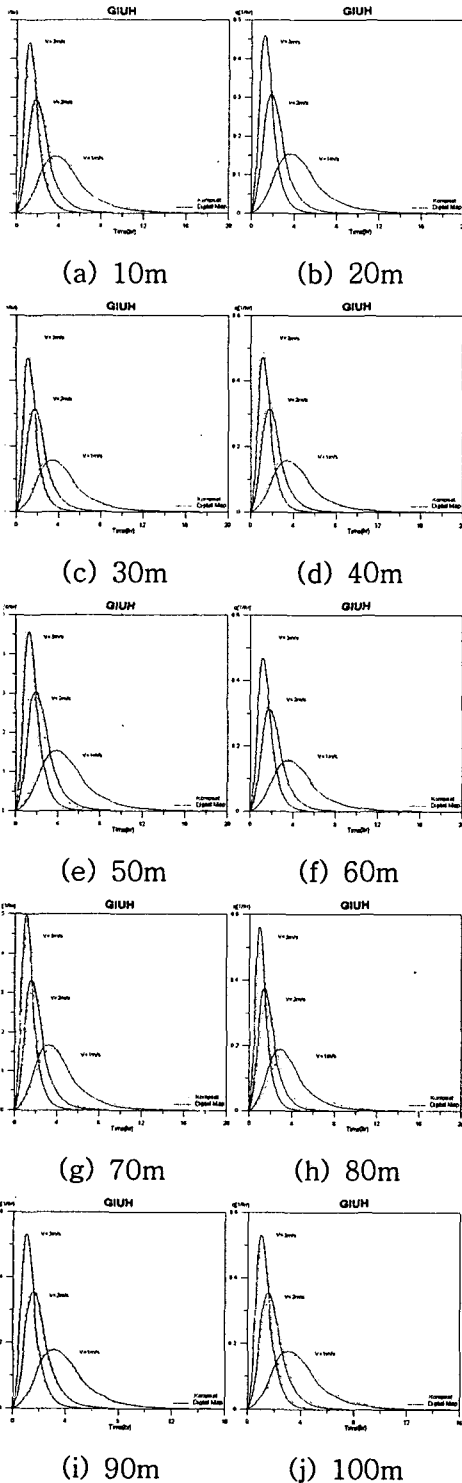


그림 8. 격자별 유속별 지형학적 순간단위유량도 비교

그림 8은 격자 간격별 1m/s, 2m/s, 3m/s에 대한 유속별 GIUH를 Kompsat영상과 수치지도에서 추출된 수치표고모형을 비교 분석한 결과를 무차원 그래프로 나타낸 것이다. 분석결과 Kompsat영상에서 추출된 GIUH와 수치지도에서 추출된 GIUH는 첨두유량 및 첨두도달시간에서 다소 차이를 나타내고 있으나 유출분포는 비슷하여 큰 차이를 나타내지 않았다. Kompsat영상과 수치지도를 이용한 GIUH분석은 거의 비슷한 결과를 나타내고 있기 때문에 지형정보자료가 확보되지 않은 미계측 지역에서 수문 해석을 위해 Kompsat영상이 이용 가능할 것으로 판단된다.

제 4 장 결론

본 연구는 위성영상으로부터 지형공간 정보자료를 추출하여 이를 기초로 하천의 지형수문학적 해석결과 적용이 가능할 것으로 판단되며 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 1: 25,000 수치지도에서 추출한 하도망 분석과 Kompsat 영상에서 추출된 하도망의 비교분석 결과 격자크기별에서는 유역특성에 대해서는 다소 차이가 있으나 기본적인 분포는 큰 차이가 나지 않았으며, 수치지도를 기준으로 하였을 때 유역해석을 위한 Kompsat영상의 수치표고모형에 대한 적정격자는 30m정도로 판단된다.

둘째, 격자크기에 따라서 Horton 하도망의 최대 차수가 다르게 나타났으며, 상위 차수로 갈수록 지수선형으로 감소함을 알 수가 있었으며, DEM으로 부터 추출된 하도망은 흐름방향에 따라 형성되기 때문에 실제 지형과는 차이를 보이지만 형성된

수계망의 기본형상은 큰 차이가 발생하지 않았다.

세제, 침투유량의 변화는 수치표고모형 자료원에 따라서 격자크기에 따라서 증가하는 반면 도달시간은 반대로 감소하는 경향을 보이고 있으며, 침투유량 및 도달시간에서 차이가 있으나, 동일한 격자에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

- 강인준, 최현, 이병걸, 김홍태(1998) 합천댐 유역의 Horton 수계망 형성과 지형적 특성에 관한 연구. 1998년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.505-508.
- 강인준, 최현, 최철웅 (1998) 수문학용 지형공간정보의 하도망 구축. 1998년도 학술발표회 논문집(IV), 대한토목학회, pp.497-500.
- 어수영 (1998) 수치위성영상을 이용한 수문지형정보추출에 관한 연구. 석사학위논문, 연세대학교.
- 정휘철 (1999) 지형공간정보 시스템의 하천지형학에 대한 적용. 석사학위논문, 부산대학교.
- 최윤석, 김경탁, 심명필 (2000) GIS를 응용한 홍수유출해석에 관한 연구. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 20권, 제 3-B호, pp.37-49.
- 최철웅 (1999) 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구. 박사학위논문, 부산대학교.
- 최현(2004) 원격탐사자료에 의한 하천소유역의 지형수문학적 해석. 박사학위논문, 부산대학교.
- Bhaskar, N. R. and Devulapalli, R. S(1991) Run-off Modelling Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph and ARC/INFO Geographic Information System. *Proc. Civil Engineering applications of remote sensing and GIS*, edited by D. B. Stafford, published by ASCE.
- Chowdhary, H.(1995) Derivation of GIUH for small catchments of Upper Narmada and Tapi sub-zone. (*subzone 3C*)- Part 1, NIH, Roorkee, India.
- Hogg, J., J. E. McCormack, S. A. Roberts, M. N. Gahegan, and B. S. Hoyle(1993) Automated derivation of stream-channel networks and selected catchment characteristics from digital elevation models. In Mather, P.M. (ed.) *Geographic Information Handling - Research and Applications*. John Wiley and Sons, New York. pp. 207-235.
- Horton, R. E.(1945) Erosional development of stream and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 56, 275-370.