

지형학적순간단위유량도 분석을 위한 EOC 스테레오 영상 활용

최 현* · 강인준* · 홍순현**

부산대학교 토목공학과* · 밀양대학교 토목공학과**

Application of EOC Images to Developed the GIUH

Hyun Choi*, In-Joon Kang*, and Sun-Heun Hong**

Dept. of Civil Eng., Pusan national university*, Dept. of Civil Eng., Miryang national university**

Abstract : This paper reflects the estimation of using the EOC(Electro-optical Camera) images supporting GIUH(geomorphological instantaneous unit hydrograph) approach. We have analyzed GIUH in its density and frequency distribution by creating a DEM(digital elevation model) for the sub basin produced from the EOC images and examined topographical and hydrological application possibility of the EOC images. In this process, we have topographical basin characteristic analysis that use the remote sensing technique analyzing the DEM creation process of the EOC stereo images by studying the basic topographical hydrology analysis about abstraction technique since it is fairly complex and is more time-consuming than other method. we executed statistical analysis of a basin size and river length using the frequency function after divided lattice spacing applied have to the sub river basin from the image data and the digital map into 10m intervals ranging from 10m to 100m. After comparing and examining the peak and time to peak of the GIUH, we proceeded with a comparative analysis by lattice concerning the topographical divergence rate, area ratio, length ratio. Accumulating the peak and time to peak of the GIUH is altered to non-linear form in accordance to lattice dimension as well as basin factor. It was proved that the lattice dimension is one of the important factors about the peak and time to peak of the GIUH.

Key Words : EOC, GIUH, DEM, Peak and Time to Peak.

요약 : 본 연구는 지형학적 순간단위유량도 작성을 위한 EOC 영상의 적용가능성에 대한 연구이다. EOC 영상으로부터 생성된 소유역에 대한 수치표고모형을 생성하여 유역밀도와 도수분포를 해석한 후 지형학적 순간단위유량도에 미치는 영향을 분석하여 EOC 영상의 지형수문학적 적용가능성을 검토하였다. 원격탐사기법을 이용한 유역특성 분석은 다른 방식에 비해 연구과정이 상당히 복잡하고 많은 시간이 걸리기 때문에 지형학적 수문해석의 기본 자료인 EOC 스테레오 영상으로 수치표고모형을 생성시켰다. 그리고 영상자료와 수치지도로부터 소하천 유역의 격자간격을 10m에서 100m까지 10m 간격으로 나눈 뒤 격자별로 하천에 대한 기본적인 분석을 실시한 후, 도수합수를 이용한 유역면적과 하천길이의 통계분석을 실시하였다. 통계분석 후 지형학적 분기율, 면적비, 길이비에 대한 격

자별 비교 분석 후 지형학적 순간단위유량도에 의한 침투유량, 침투도달시간을 비교 검토 하였다. 지형학적 순간단위도의 침투유량과 도달시간은 유역인자 뿐만 아니라 격자 크기에 따라 비선형적으로 변화하는데 격자크기는 침투도달시간과 유량의 중요한 지형수문학적 인자 중의 하나임을 알 수가 있으며, 유출해석을 위한 EOC영상의 활용이 가능할 것이다.

1. 서론

우리나라의 중·소하천은 수위나 유량 등의 관측자료 확보가 어려우며 일정기간동안 집중된 홍수로 인하여 많은 피해를 입고 있으며, 홍수시 정확한 유출량의 추정, 홍수 피해 경감을 위한 기본적인 대응 및 구조물 설치에 필요한 정량·정성적인 수자원 관리가 극히 어려운 실정이다.

수자원 해석은 단위유량도를 기본으로 하고 있으며 지형학적 순간단위유량도에 의한 유출해석은 지형정보자료 활용의 극대화를 가져왔다. 원격탐사기법을 활용한 수자원해석은 LandsatTM 영상을 활용하여 토지이용도를 작성하고, 이를 이용하여 수문인자를 결정하는 연구가 대다수를 이루었으나 최근 연구범위가 확대되고 있다.

인공위성영상을 이용한 수치표고모형 획득방식은 1986년 SPOT을 발사하면서 본격적인 연구가 시작되었다. Allam *et al.*(1976)은 미국 사진측량학회에서 수치표고모형으로 작성한 등고선과 사진측량방법으로 제작한 등고선도와 비교한 결과 큰 차이가 없음을 증명하면서 본격적인 연구가 이루어졌다(Allam, 1978; Ackermann, 1978). 1980년대 후반에는 상관계수를 최소제곱법을 적용시켜 정확도 향상에 관한 연구가 수행되었다(Forstner, 1986; Greenfeld, 1988). 1990년대 중후반과 2000년대에 들어서는 RADARSAT, SAR영상을 이용한 수치표고모형의 생성이 이루어져 수치표고모형의 획득을 위한 위성영상의 다원화를 이루었다(Runo, *et al.*, 1997; Small, 1998). 최근에는 미발사된 IKONOS 영상에서의 고해상도 수치표고모형 생성에 관한 연구가 이루어지고 있다(Thierry, 2003).

지형정보시스템의 발달로 인하여 하천망 추출, 유역면적, 유역경사, 수문학적 모형, 유출경로 등의

추출을 위해 수치표고모형이 이용되고 있다(Quinn, *et al.*,1991). Peucker(1978)는 수치표고모형의 자료구조를 분석한 다음 불규칙 삼각망을 이용한 하천과 능선을 표시하는 방법에 대해서 연구하였다.

이효성(2003) 등은 위성영상의 수치표고모형 생성을 위한 영상분할 방법의 적합성에 대하여 평가하였으며, 성동권(2002) 등은 BurnDEM을 이용한 유역 및 하천망 추출에 관한 연구를 실시하여 수치표고모형이 변형되어진 값을 이용하여 하천망을 추출한 결과 지형기복이 적은 지역에서 하천망이 비교적 정확하게 추출됨을 증명하였다. 최근에는 GIS-SUS 모형을 이용한 강우-유출해석, WMS를 이용한 강우-유출해석에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(차상화, 2002).

그러나 원격탐사와 수문분야의 연구방식의 차이와 지식전달체계의 문제로 인하여 위성영상자료에 의한 기하학적 유역특성분석 거의 이루어지지 못하는 실정이다. 위성영상자료에서 생성된 수치표고모형은 경제적이고 신속하기 때문에 지형수문학적 적용에는 아주 유리할 것으로 판단되며, 국내 우주산업의 발전을 위해 국내에서 발사된 위성영상을 활용한 지형정보자료획득에 관한 연구는 아주 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 EOC 영상에서 생성된 수치표고모형으로 유역특성에 대한 유역밀도와 도수분포를 해석한 후 지형학적 순간단위유량도에 미치는 영향을 분석하여 EOC 영상의 지형수문학적 적용가능성을 검토하였다.

2. 연구 방법 및 기본 이론

원격탐사기법을 이용한 지형학적 유역특성 분

석은 다른 방식에 비해 연구과정이 상당히 복잡하고 많은 시간이 걸리기 때문에 먼저 지형학적 수문해석의 기본 자료인 EOC 스테레오 영상에서 수치표고모형을 생성하였다. 일련의 과정을 거쳐 수문자료를 구축한 다음 지형공간정보특성에 따른 유역면적, 경사, 하천길이 등에 대하여 격자별로 검토한 후 지형수문학적 분석을 실시하였다. 그리고 영상자료와 수치지도로부터 소하천 유역에 많이 적용되는 격자간격을 10m에서 100m까지 10m 간격으로 나눈 뒤 격자별로 하천에 대한 지형학적 유역특성을 분석하여 분기율, 면적비, 길이비에 대한 격자별 비교 검토하였다. 격자크기에 따른 하천길이, 유역면적에 대한 길이분포와 유역면적분포의 기하학적 특성을 분석하였다. 상사분석 후 지형학적 순간단위유량도에 따른 침투유량, 침투도달시간을 비교 분석하여 수문 유출해석을 위한 EOC영상의 적용가능성에 대하여 검토한다.

1) 지형학적 순간단위유량도

유역에 발생하는 모든 호우에 적용될 수 있는 단위유량도란 존재하지 않는다. 따라서 어떠한 유역에 대해서 작성된 임의기간동안 지속되는 단위유량도로부터 지속시간을 설정해야 할 경우가 많이 발생하게 된다(윤용남, 1997). 단위유량도는 소유역에서 초과 강우와 용설을 유량으로 변환하는 소유역 유출성분 과정을 계산하는데 사용되며, 단위도는 소유역에 1시간동안 단위 초과강우량 균등하게 내릴 때 이로 인한 해당 소유역의 유출로 결정되어진다. 이러한 합성단위도의 매개변수는 최적화 기법을 통해 구한다. 합성단위유량도 검증을 통해 결정될 수 있는 유출매개변수로는 스나이더, 클락(Clark), SCS(Soil Conservation Service) 등의 단위유량도 매개변수와 지수함수, 홀턴(Holtan), SCS 및 초기일정손실율방법 등이다. 합성단위유량도에서 가장 많이 사용하는 기법은 도달시간(TC), 저류상수(R), 등유하시간-면적곡선등이 필요한 클락 합성단위도와 침투유량, 발생시간, 단위도폭이 필요한 스나이더이론과 SCS 무차원적 단위유량도가 필요하다.

우리나라의 3대 하천유역에서는 스나이더방식을 이용하고 있으나 소하천 유역에서는 적용을 하면 오차가 크게 나타나기 때문에 SCS 방법을 많이 이용한다.

SCS방식은 미국 토양보존국에서 합성 단위유량도를 작성하기 위해서 고안된 방법으로 소유역에 많이 이용되며 하나의 매개 변수로 되어 있으며 Fig. 1과 같이 무차원 단위도의 이용을 근거로 두고 있다. 여기서 Q 는 시간 t 에서의 유출량이고, Q_p 는 침투시간 t_p 에서의 침투 유량이다. t_g 는 기저 시간이고 t_r 은 강우시간을 나타낸다.

무차원 수문곡선은 미국내 여러 방법의 대소 유역으로부터 얻은 실제 단위도를 해석하여 얻은 것 이므로 유역의 특성에 관계없이 적용할 수 있는 장점이 있다.

유역의 하천흐름은 강우특성과 지형학적인 유역특성과 밀접한 관련이 있다. 유출특성은 유출량의 시·공간적인 분포와 관련이 있다. 수문에서 지형학적인 특성분석은 유역출구지점에서의 강우의 이동경로와 하천망 분석이 주류를 이룬다. 강우유출모형의 가장 단순한 방법이 단위유량도(unit hydrograph)이다. 미계측지역에 대한 단위유량도를 작성하기 위해 GIUH(Geomorphological instantaneous Unit Hydrograph : 지형학적순간단위유량도)가 Rodriguez-Iturbe와 Valdes(1979)에 의해 개발되었다.

GIUH에서 과잉우량은 하천망을 통하여 유역출구에 도달하는 흐름을 가지며 기본 차수는 3차수

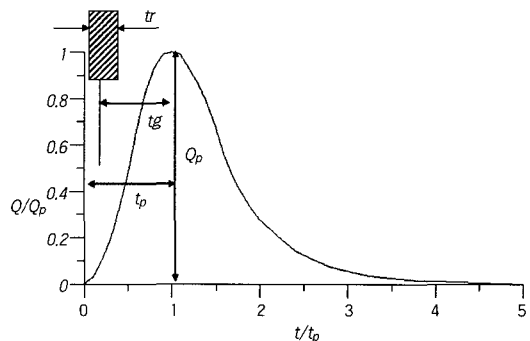


Fig. 1. Soil Conservation Service synthetic unit hydrograph.

로 가정한다. 고차수는 하천망에 의해서 추출되지만, 어떠한 지점의 하천차수에서의 침투유량(Q_{pg})와 침투도달시간(T_{pg})은 식(1), 식(2)에 의해서 정의되어진다(Rodriguez-Iturbe, 1993).

$$Q_{pg} = 1.31 \times R_L^{0.43} \left(\frac{V}{L_\omega}\right) \quad (1)$$

$$T_{pg} = 0.44 \times R_L^{-0.38} \left(\frac{R_B}{R_L}\right)^{0.55} \left(\frac{L_\omega}{V}\right) \quad (2)$$

여기서, 하천분기율은 $R_B = \frac{N_{\omega-1}}{N_\omega}$ 로 나타내며 이것은 차수 $\Omega - 1$ 의 하천분기율의 평균이 R_B 개라는 것을 나타내고 있다. 하천길기와 하천면적의 법칙에 대한 개념은 각 절점에 대한 하천수의 법칙, 길이비 R_L 와 면적비 R_A 로 구성되는 연속비와 같다. 하천의 ω 차수에 대한 각각의 길이 L_ω 와 각 차수에 대한 평균 하천 면적 A_ω 은 식(3), 식(4)과 같다.

$$\overline{L_\omega} = \frac{1}{N_\omega} \sum_{i=1}^{N_\omega} L_{\omega i} \quad (3)$$

$$\overline{A_\omega} = \frac{1}{N_\omega} \sum_{i=1}^{N_\omega} A_{\omega i} \quad (4)$$

$L_{\omega i}$ 는 하천차수 ω 의 길이, N_ω 는 ω 의 차수 개수, $A_{\omega i}$ 는 하천차수 ω 와 지류의 유출에 기여하는 면적이다. 예를 들어 $\overline{A_\Omega}$ 는 유역의 총면적이다. 따라서 Horton의 법칙에 따른 하류개수 R_B , 길이비 R_L 와 면적비 R_A 는 각각 식(5), 식(6) 그리고 식(7)로 계산되어진다.

$$\frac{N_{\omega-1}}{N_\omega} = R_B \quad (5)$$

$$\frac{\overline{L_\omega}}{\overline{L_{\omega-1}}} = R_L \quad (6)$$

$$\frac{\overline{A_\omega}}{\overline{A_{\omega-1}}} = R_A \quad (7)$$

일반적으로 R_B 의 값은 자연유역에서 3~5의 값을 가지고, R_L 은 1.5~3, R_A 는 3~6의 값을 가진다고 알려져 있다(Smart, 1968).

3. EOC 영상으로부터 수치표고모형 생성

EOC 영상에서의 수치표고모형 생성은 한 쌍의 입체모형을 형성하고 영상의 자동정합으로 자료를 추출한다. 본 연구에는 Fig. 2와 같은 단계로 수치표고모형을 생성하였다. 그리고 에피폴라영상을 생성하여 스테레오 영상의 대응점을 구한 후 센서 모델링결과를 이용하여 고도 정보를 계산하고 수치표고모형을 생성 및 보간을 실시한다.

부산광역시 수영강 철마천 소유역을 연구대상 지역으로 하였다. 분석결과 50% 이상이 산악지형이므로 부산광역시의 도시화와는 달리 산업화, 도시화 등에 따른 지형도, 토지이용도, 위성영상자료 등의 자료원의 변형에도 위치 변화가 거의 발생하지 않은 지역이다. 따라서 위성영상자료와 수치지도로부터 발생하는 자료의 생성시기에 따른 오차를 최소화 하여서 자료로부터 추출된 수치표고모형의 오차가 지형의 변형으로 인한 발생이 거의 없는 것으로 판단된다. 그리고 수영강 및 회동댐 유역의 수자원 관련정보는 미비하지만 산악지와 주거지의 분포가 적절하게 분포 되어있기 때문에 위성영상 및 지형정보를 이용한 지형학적 유역특성분석에 관한 연구로는 적절할 것으로 판단된다.

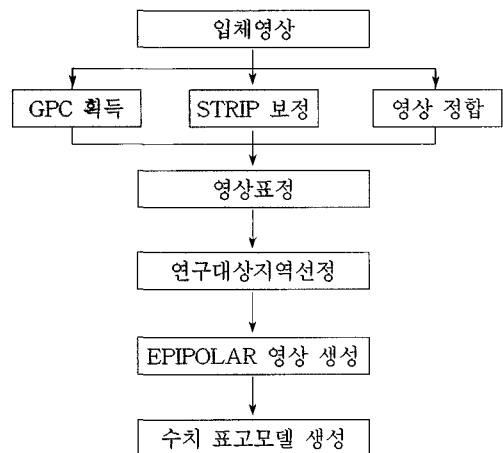


Fig. 2. Flow chart for extracting DEM from EOC images.

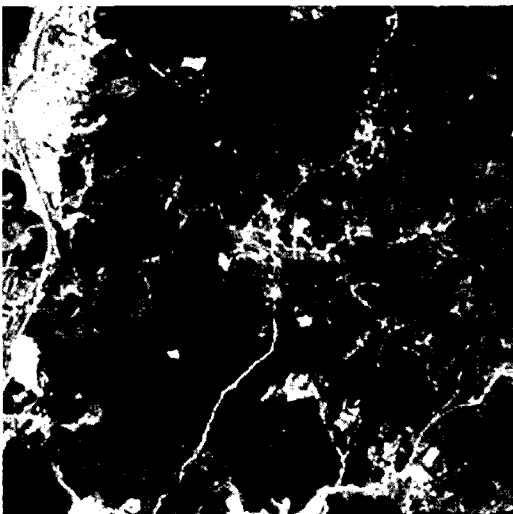
수영강 본류 및 지류에는 공식적인 강우 관측소가 없으며, 회동댐 수원지의 저수량은 상수공급원임에도 불구하고 수문자료에 대한 축적은 극히 열악하다. 회동댐 수원지 상류유역은 상수원 보호구역이기 때문에 보전이 상당히 잘 되어있다.

본 연구에 이용된 영상은 2001년 3월 11일(좌측 영상)과 2001년 3월 15일(우측영상)을 이용하였다. 촬영경사각은 좌측 -19.427° , 우측영상은 19.260° 로 나타났다. 지상기준점 선정을 위해서 좌우 기준점은 각각 27개와 25점으로 선정하였다. 좌우영상자료로부터 수치표고모형을 생성하기 위해서 기준점 좌표를 먼저 설정해야 하므로 TM 투영좌표계를 기준으로 처리하였다. 에피폴라 입체영상은 동일한 대상물이 동일라인에 위치하도록 영상을 재배열하는 것으로, 본 연구에서 추출된 에피폴라 영상은 Fig. 3과 같다. 수치표고모형 생성을 위해 에피폴라 입체영상을 생성하였으며, 입체영상에서 공액점들을 선정하고, 웨도표정요소 계산결과와 기하학적 모델링을 통하여 공액점들의 3차원 위치를 계산한 후, 일정한 격자간격으로 고도 값을 보간 함으로써 수치고도모형이 제작된다. 수치표고모형을 생성하기 위해 초기 격자간격은 10m로 하였으며 매칭 상관관계는 0.98로 하였다.

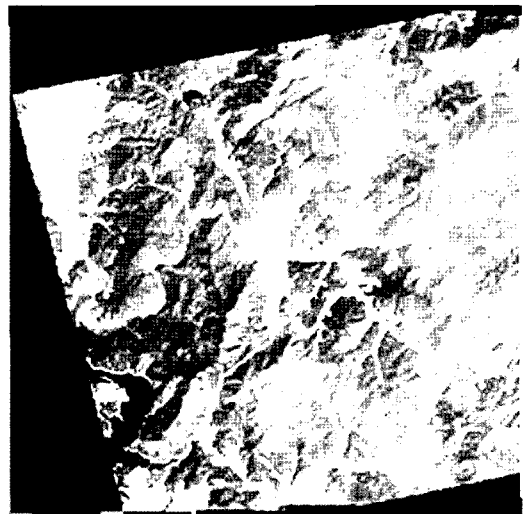
영상정합 과정으로 얻은 결과를 모델링에 사용한 수식을 적용하여 지상위치를 결정하는 후방회사의 과정이 필요하며, 이렇게 결정된 좌표들은 불규칙하게 분포되어있다. 이와 같이 불규칙하게 분포하는 자료를 정규격자형태의 자료로 만들기 위해 일반적으로 사용하는 알고리즘은 크리깅법을 이용하였다.

4. 유역해석을 위한 지형 특성분석

Fig. 4는 EOC 영상에서 생성된 수치표고모형을 나타낸 것이다. 격자간격에 따라서 하천차수는 최소 4차수에서부터 최대 7차수로 나타났다. 1차 하천망에 대한 유역면적은 최소 $28,670\text{km}^2$ 에서부터 최대 $29,744\text{km}^2$ 로 약 1km^2 정도의 차이를 보이며 격자크기의 증가에 따라서 선형적인 증가를 보였다. 1차 하천망의 하천길이에 대한 길이는 최소 $10,267\text{km}$ 에서부터 최대 $11,697\text{km}$ 로 유역면적은 약 $28\text{km}^2 \sim 30\text{km}^2$ 으로 파악되었다. 1차 하천망에 대한 주하천길이 경사는 격자크기에 따라 0.62% 0.88%로 나타났으며 큰 차이를 보이지 않았다.



(a) left image



(b) right image

Fig. 3. Epipolar constraint between two images.

1) 유역특성분석

유역특성 중 면적, 하천길이, 유역 경사 등은 유출량에 많은 영향을 미치므로 정확한 유역특성분석이 필수적이다. Fig. 5는 EOC 영상으로부터 추출된 수치표고모형의 격자크기에 따른 거리 선형 그래프로서 $Y = -0.027X + 12.145$ 를 나타내는데 격자크기에 따른 하천길이는 선형적으로 감소함을 알 수 있었다.

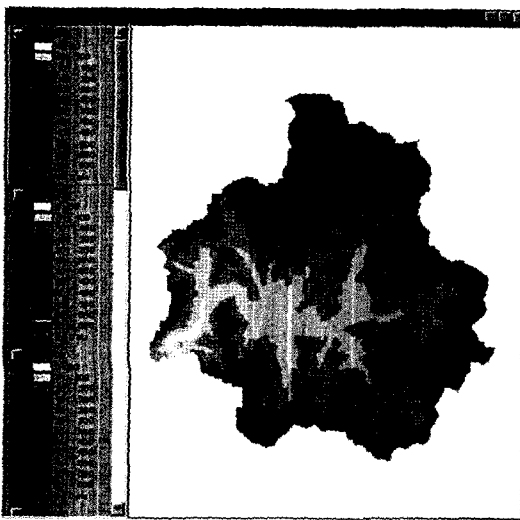


Fig. 4. Digital Elevation Model from EOC images.

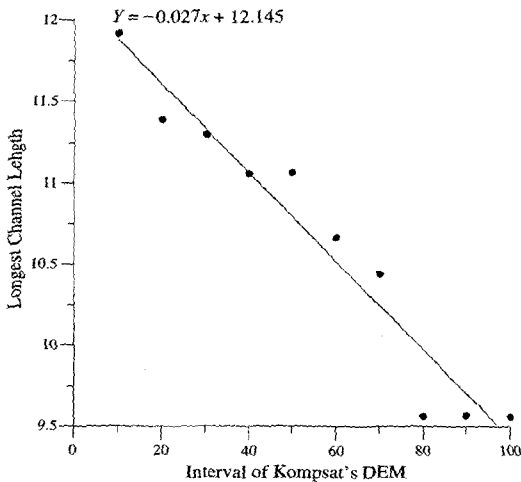


Fig. 5. Distribution of catchment length according to interval GRID.

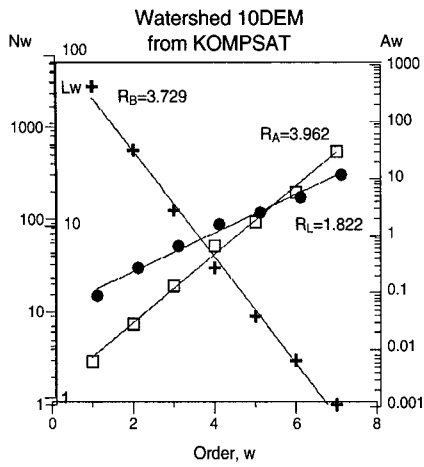
Table 1은 격자크기에 따른 하천의 지형특성을 나타낸 것으로서, 격자크기별로 최대하천길이, 유역면적, 하천경사를 나타낸 것이다. 하천길이는 11.697km~9.267km로 선형적인 감소를 보이며, 유역면적은 29.744km²~28.670km², 하천경사는 0.471%~0.340%로 격자크기에 따라서 선형적으로 감소함을 알 수가 있었다. Table 2는 격자크기에 따른 하천분기율, 길이비와 면적비에 대한 변화를 분석한 결과 하천분기율은 3.637~4.496, 면적비는 5.027~3.238, 길이비는 2.195~1.805로 EOC에서 추출된 하천분기율, 길이비 그리고 면적비의 변동폭이 다소 크게 나타남을 알 수가 있었다. Fig. 6은 EOC 영상의 10m~100m 격자간격에 대한 누가유역별 Horton 차수도를 나타내고 있으며 하천분기율, 길이비, 면적비의 기울기가 격자간격에서는

Table 1. Catchment area, length and slope of GRID interval.

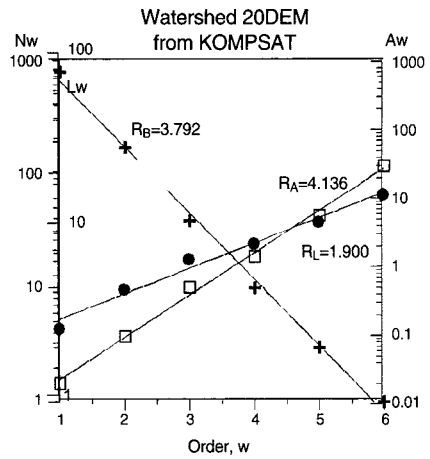
격자간격(m)	하천길이(km)	유역면적(km ²)	하천경사(%)
10	11.697	29.744	0.471
20	11.324	29.645	0.460
30	10.928	29.275	0.414
40	10.770	29.272	0.410
50	10.451	29.115	0.414
60	10.447	29.153	0.388
70	10.417	29.101	0.344
80	10.459	29.165	0.340
90	9.563	28.731	0.322
100	9.267	28.670	0.340

Table 2. Grid interval versus Law of stream numbers, lengths and areas.

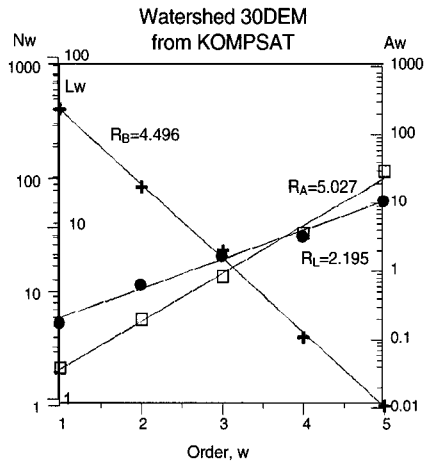
격자간격	EOC image		
	RB	RA	RL
10	3.729	3.962	1.822
20	3.792	4.136	1.900
30	4.496	5.027	2.195
40	3.952	4.426	1.961
50	3.741	4.077	1.805
60	3.398	3.616	1.742
70	3.083	3.283	1.672
80	4.011	4.586	1.893
90	3.908	4.45	1.89
100	3.637	4.162	1.839



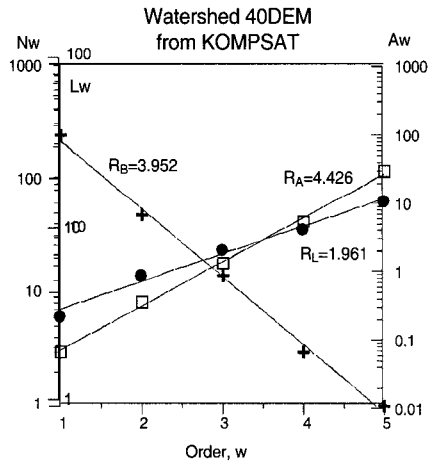
(a) 10m



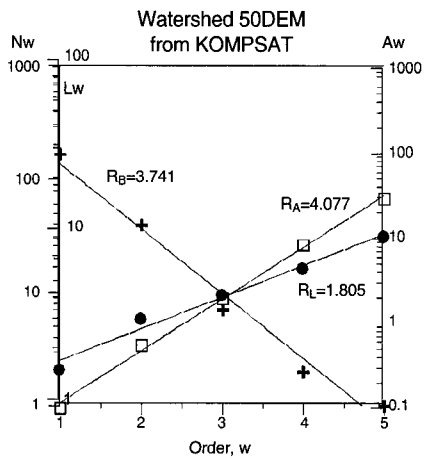
(b) 20m



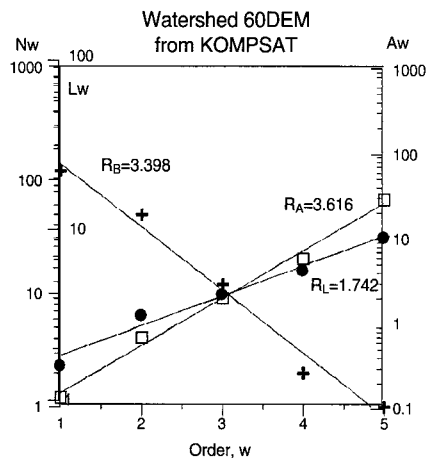
(c) 30m



(d) 40m



(e) 50m



(f) 60m

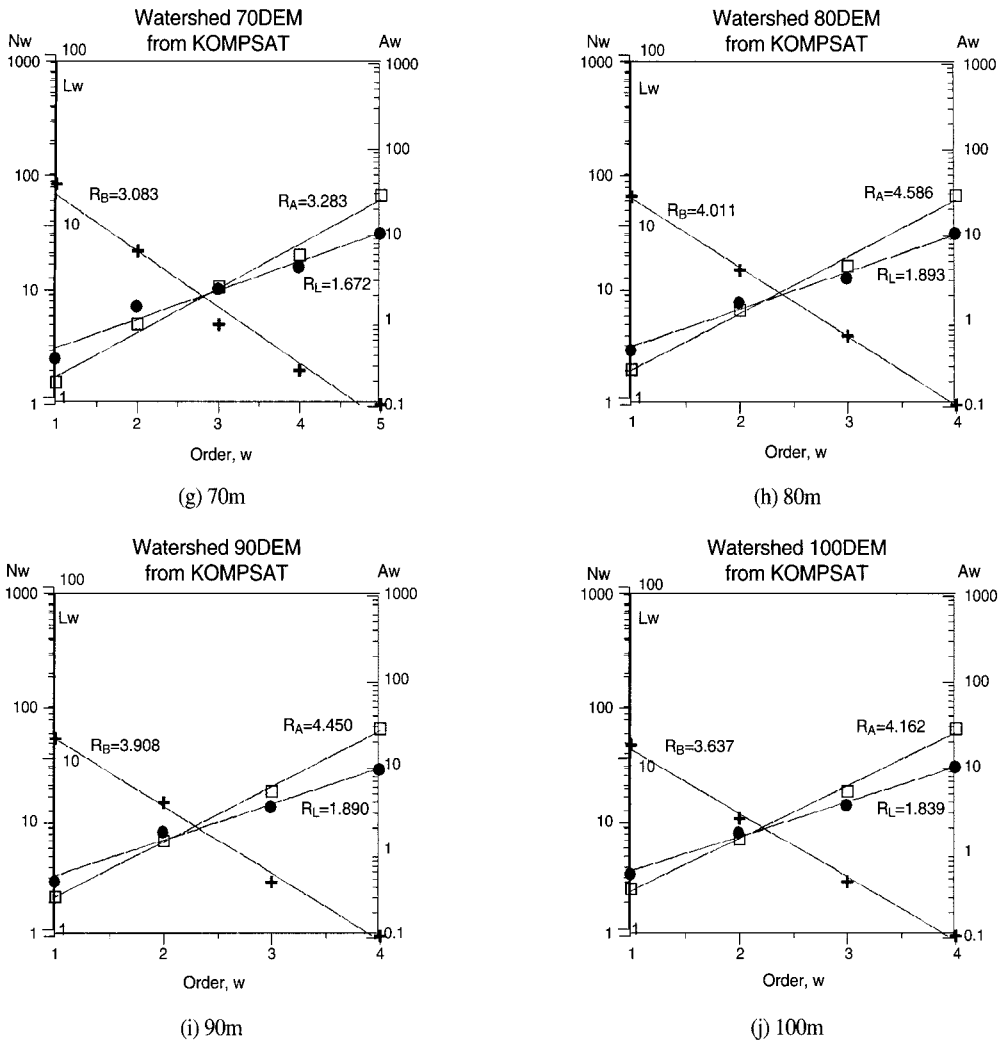


Fig. 6. Stream number, lengths and areas versus stream order illustrating horton's laws for the chulma basin in Busan.

큰 차이를 나타내지 않았다. Fig. 7은 EOC에서 추출된 하천차수에 따른 하천길이 분포를 나타내며 Fig. 8은 EOC에서 추출된 하천차수에 따른 유역면적 분포를 나타낸 것으로 격자크기에 따 하천길이 및 유역에 대한 초기 지수는 증가하지만 기울기는 거의 비슷하게 변화된다는 것을 알 수가 있었다.

2) 지형공간정보 특성

고도에 따른 유역면적분포는 지형학적 유역특성분석에서 많은 영향을 미친다. Fig. 10은 EOC

영상에서 생성된 10m 수치표고모형에 대한 고도별 면적분포를 나타내는데, 10m~20m에서 유역면적이 많이 분포됨을 알 수가 있으며, 자료원별로 유역분포가 비슷하게 나타났다.

유역면적은 30m 격자크기에서 0.045km²이고 80m격자간격에서 0.524km²로 편차가 가장 크게 나타났으며, 하천길이는 90m에서 편차가 0.006m로 나타났으며, 80m에서는 0.899m로 가장 크게 나타났다. 총 유역에 대한 유역면적은 최소 28,488km²에서부터 최대 29,406km²로 격자간격에 따른 유역면적의 차이가 최대 1km² 정도 차이가 났으며 자

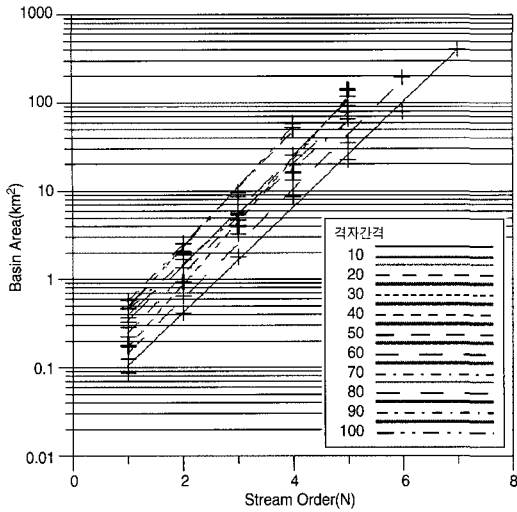


Fig. 7. Relationship between catchment length and basin of order.

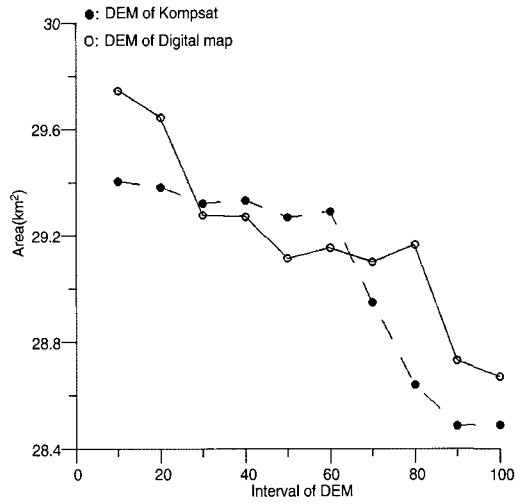


Fig. 9. Distribution of catchment area according to GRID interval.

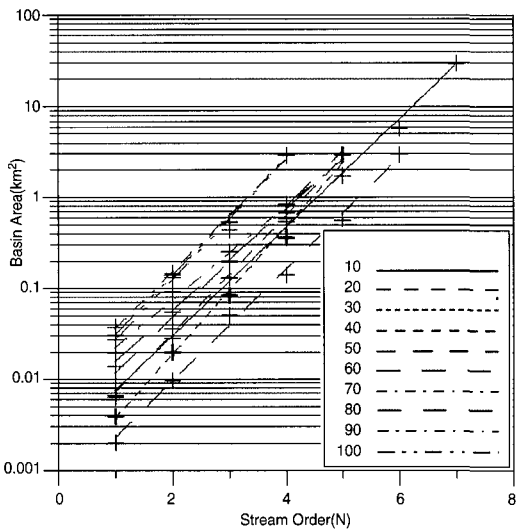


Fig. 8. Relationship between catchment areas and basin of order.

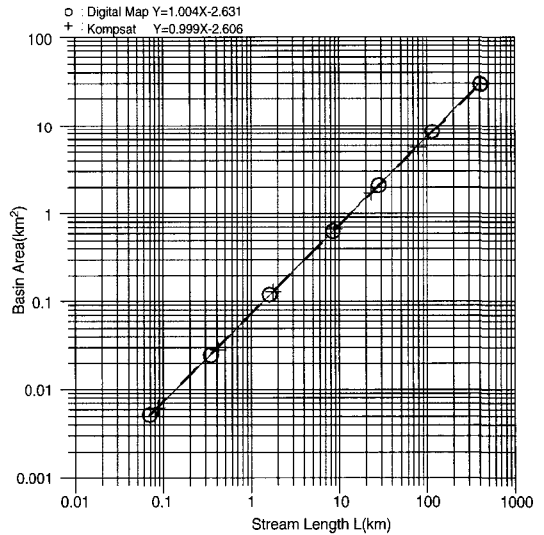


Fig. 10. Relationship between catchment area and catchment length.

료원별 유역면적 크기는 최소 0.004km²에서 최대 0.524km²로 큰 차이를 보이지 않았다. 자료원에 따른 격자크기별로 유역면적의 변화를 분석한 결과 유역면적 20m~40m에서 유역면적의 변화가 적었으며 수치지도에서 추출한 유역면적의 결과 값이 다소 높게 나타났다. 이것은 자료원의 차이라도 격자크기에 따라서 유역결과 값이 달라질 수 있음을 의미하기 때문에 해당지역에 대한 정확한 유역

정보의 구축이 필요하다. 격자크기가 클수록 유역면적은 대략 선형적으로 감소하지만 격자크기는 유역면적에 커다란 영향을 미치지 않음을 알 수가 있었다.

Fig. 10은 자료원에 따른 유역밀도를 비교 분석하였는데, 생성된 수치표고모형 격자에 대한 유역밀도 선형식 $Y = 0.999X - 2.606$ 으로 유역밀도도 거의 비슷하게 나타났다. 자료원에 따른 유역면적,

하천길이 그리고 유역밀도의 기울기가 비슷하다는 것은 자료원에 따른 수문학적 유역특성이 비슷하다는 것을 의미한다. 유역밀도(drainage density)는 해당유역의 총면적으로 모든 차수의 흐름을 통한 총 하천길이를 나누어서 계산되며, 강수량의 정도, 강수의 패턴, 강수의 강도, 기반암의 종류, 식생의 종류와 밀도에 따라 결정된다(Dunne, et al., 1980; Gregory et al., 1998). 유역밀도는 하천길이의 흐름과 평균경사거리의 1:2를 나누기 위해 사용될 수 있다. 본 연구에서는 수치지도로부터 생성된 10m 격자의 1차수에 대한 유역밀도는 1.378(1/km)이었으며, EOC 영상에서 생성된 10m 격자의 1차수에 대한 유역밀도는 1.377(1/km)로 차이가 거의 없었다.

3) 지형학적 순간단위유량도 분석

지형학적 순간단위유량도는 수치표고모형과 GIS를 이용하여 원격탐사기법이나 수치지도를 이용한 자료로부터 단위유량도의 추출이 가능하다. EOC 영상에서 생성된 격자별 유역특성을 이용하여 침투유량과 침투도달시간을 유속 $V(m/s) = 1, 2, 3$ 에 따른 결과는 Table 3에서 나타내고 있는데, 유속이 증가할수록 침투유량은 커지면서 도달시간은 줄어들고, 유역면적이 증가할수록 침투유량은 감소하고 도달시간은 증가함을 알 수가 있었다. 이는 수치표고모형의 격자크기에 따라서 지

형학적 단위유량도의 차이가 있음을 의미한다.

Fig. 11은 수치표고모형 생성 자료에 따른 유속이 1m/s일때 격자크기에 따른 유역면적 변화에 따른 침투유량을 분석하였는데 소유역 분석은 격자크기가 커질수록 침투유량이 점진적으로 증가함을 알 수가 있었으며 자료원에 따른 침투유량 분포는 다소 크게 나타나고 있었다.

EOC 영상과 수치지도를 이용한 지형학적순간

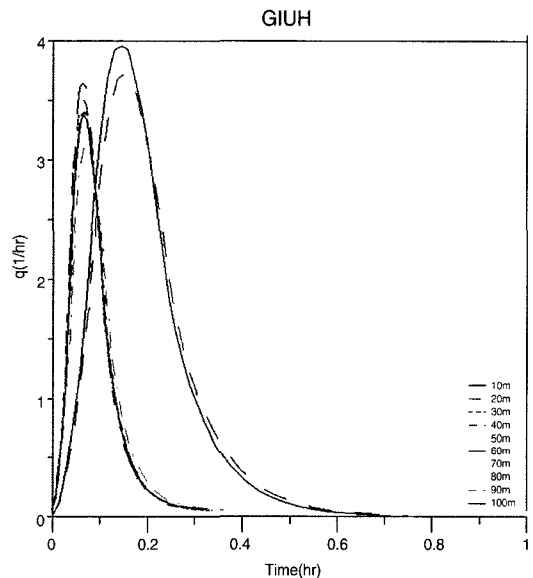


Fig. 11. Changes in the geomorphologic instantaneous unit hydrograph when the velocity is kept constant and geomorphologic properties vary.

Table 3. The estimation of the peak and time to peak of the GIUH for grid interval.

DEM(m)	$Q_{pg}(1/hr)$			$T_{pg}(hr)$		
	1m/s	2m/s	3m/s	1m/s	2m/s	3m/s
10	0.145	0.290	0.435	3.963	1.982	1.321
20	0.152	0.305	0.457	3.722	1.861	1.241
30	0.168	0.336	0.504	3.354	1.677	1.118
40	0.162	0.325	0.487	3.447	1.724	1.149
50	0.162	0.323	0.485	3.504	1.752	1.168
60	0.159	0.318	0.478	3.598	1.799	1.199
70	0.157	0.314	0.471	3.642	1.821	1.214
80	0.165	0.330	0.494	3.354	1.677	1.118
90	0.180	0.360	0.540	3.076	1.538	1.025
100	0.166	0.332	0.498	3.326	1.663	1.109

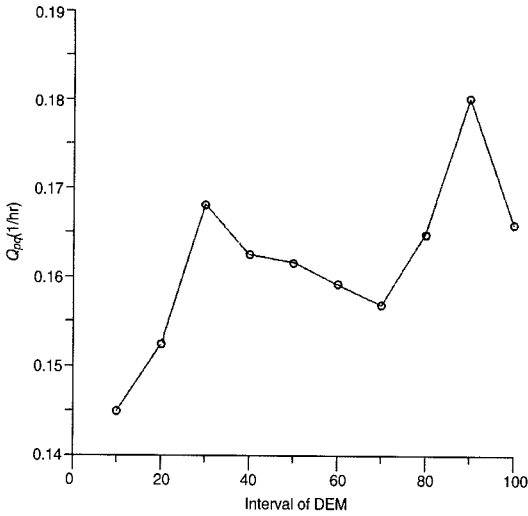


Fig. 12. Comparison of the peak discharge(Q_{pg}) according to GRID interval.

단위유량도 분석은 거의 비슷한 결과를 나타내고 있기 때문에 지형정보자료가 확보되지 않은 미계측 지역에서 수문 해석을 위해 EOC 영상이 이용 가능할 것으로 판단된다.

지형학적 순간단위도의 침투 유량과 도달시간은 그림 Fig. 12와 Fig. 13에서 보는바 같이 격자 크기에 따라 비선형적으로 변화한다. 이는 기존의 수문곡선에서 일반적으로 나타나는 비례증첩의 원리가 적용될 수 없다는 것을 의미하며 격자크기는 침투도달시간과 유량의 중요한 수문지형학적 인자 중의 하나임을 알 수가 있었다.

5. 결론

본 연구는 지형학적순간단위유량도 분석을 위해 EOC 스테레오 영상 활용으로 홍수 및 유출량 해석을 위해 위성영상의 활용가능성을 나타내었다. EOC 영상으로부터 생성된 수치표고모형을 이용한 유역특성분석에서 하천차수는 최소 4차수에서부터 최대 7차수로 나타났으며, 1차 하천망에 대한 유역면적은 최소 28,670km²에서부터 최대

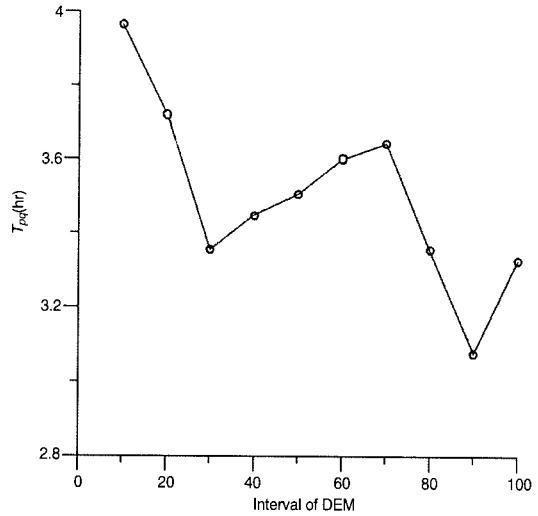


Fig. 13. Comparison of the time to the peak discharge according (T_{pg}) to GRID interval.

29,744km²로 약 1km² 정도의 차이를 보이고 있으며 격자간격에 따라 선형적인 증가를 보였다. EOC 영상에서 추출된 수치표고모형의 하천길이 분포는 10,267km에서부터 최대 11,697km로 유역면적은 약 28km²~30km²으로 나타났으며, 격자간격에 따른 하천분기율은 3.637~4.496, 면적비는 5.027~3.238, 길이비는 2.195~1.805로 적절한 것으로 나타났다. 유역밀도를 분석결과 선형식은 $Y = 0.999X - 2.606$ 으로 이며 유역밀도는 1.377(1:km)로 나타났다. 지형학적 순간단위도의 침투 유량과 도달시간은 유역인자외에 격자 크기에 따라 비선형적으로 변화하는데 격자크기는 침투도달시간과 유량의 중요한 수문지형학적 인자 중의 하나임을 알 수가 있었다.

유역해석을 위한 기존의 위성영상은 토지이용도 작성, 분류도 작성 등 기초적인 활용에 국한되었다. 본 연구에서의 유역 밀도 및 도수분포에 대한 검토결과 EOC 영상을 활용한 유역해석의 가능성이 높음을 알 수가 있었다. 따라서 실시간 유출해석에 관한 연구를 수행하기 위해서 위성영상을 활용한다면 산사태 및 홍수 등 자연재해에 대한 효율적인 대응이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 성동권, 조기성, 2002. BurnDEM을 이용한 유역 및 하천망 추출에 관한연구, 대한토목학회 논문집, 22(2-D): 293-301.
- 윤용남, 1997. 공업수문학, 청문각.
- 이효성, 송정현, 김용일, 안기원, 2003. 위성영상의 DEM 생성을 위한 영상분할 방법의 적합성 평가" 대한원격탐사학회지, 19(2): 149-157.
- 차상화, 이순탁, 2002. GIS-SUS 모형을 이용한 강우-유출해석, 대한토목학회논문집, 22(5-B): 689-700.
- Ackermann, F., 1978. Experimental investigation into the accuracy of contouring through DTM, *Proceedings of Digital Terrain Modelling Symposium*, St. Louis MO., pp.165-192.
- Allam, A. MM., 1978. DTM application in topographic mapping, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 44(12): 1513-1520.
- Dunne, T., W. E. Dietrich, and M. Brunengo, 1980. Simple, portable equipment for erosion experiments under artificial rainfall, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25: 1-8.
- Forstner, W., 1986. A feature based correspondence algorithm for image matching. *Intern. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing*, 26(3/3): 150-166.
- Ru-no, G., A. Moccia, and S. Esposito, 1997. DEM generation by means of ERS tandem data, *Proceedings of the 'Fringe 96' Workshop on ERS SAR Interferometry*, Vol. II, 15p.
- Greenfeld, J., 1988. Stereo matching without an operator's intervention, *Proceedings of the 1988 ASPRS Annual Convention*, St. Louis MO., 3: 56-65.
- Peucker, T. K., 1978. Data structures for digital terrain modules: discussion and comparison, In Dutton, G. (Ed.) *Harvard Papers on Geographic Information Systems*, Addison-Wesley: Reading, MA.
- Quinn, P., K. Beven, P. Chevallier, and O. Planchon, 1991. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models, *Hydrological Processes*, 5: 59-79.
- Rodriguez-Iturbe, I. and J. B. Valdez, 1979. The geomorphologic structure of hydrology response, *Water Resources Research*, 15(6): 1409-1420.
- Rodriguez-Iturbe, I., 1993. *The Geomorphological Unit Hydrograph*; Chapter 3, Channel Network Hydrology, Edited by K. Beven and M. J. Kirby, John Wiley & Sons Ltd.
- Small, D., 1998. *Generation of Digital Elevation Models Through Spaceborne SAR Interferometry*, Ph. D. Thesis, Remote Sensing Series, Vol. 30. University of Zurich, Switzerland.
- Smart, J. S., 1968. Statistical properties of stream lengths, *Water Resources Research*, 4(5): 1001-1014.
- Thierry, T., 2003. Error Tracking in Ikonos Geometric Processing Using a 3D Parametric Model, *Photogrammetric Engineering & Remote sensing*, 69: 43-53.