

# SWAT 모형을 이용한 저해상도 DEM 사용으로 고해상도 DEM 지형 인자 추출 모듈 개발

## Development of High Resolution DEM Topographic Feature Extraction Module from Low Resolution DEM Using SWAT Model

김종건\*, 박윤식\*\*, 김남원\*\*\*, 장원석\*\*\*\*, 임경재\*\*\*\*\*

Jonggun Kim, Younshik Park, Namwon Kim, Wonseok Jang, Kyoung Jae Lim

### 요 지

Soil and Water Assessment Tool(SWAT) 모형은 DEM(Digital Elevation Model)을 사용하여 지형인자를 추출하고 이를 바탕으로 수문 및 수질 모의가 이루어진다. 지형인자의 추출시 DEM 격자크기에 따라 상이한 결과를 초래할 수 있다. 그리하여 정확한 수문 및 수질 모델링에 있어 가능한 고해상도의 DEM을 사용하도록 권장하고 있다. 그러나 넓은 유역에서의 적용시 고해상도 DEM 사용에 따른 컴퓨터 처리 용량과 프로그램 실행 시 소요되는 시간상의 문제는 그 효율성에 있어서 문제시될 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 소양강댐, 임하댐 유역을 대상으로 SWAT 모형에서 저해상도 DEM 사용으로 고해상도 DEM의 지형인자를 추출하여 자동 입력될 수 있는 모듈을 개발·적용하였다. 본 연구의 결과 소양강댐 유역을 대상으로 격자크기 20m DEM과 100m DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 83.8%의 큰 차이가 발생한 반면 격자크기의 20m DEM과 본 모듈을 적용하여 20m DEM의 지형인자로 자동 보정된 100m DEM을 사용하였을 때의 연평균 유사량이 4.4%로 차이가 상당히 줄어든 것을 볼 수 있었다. 임하댐 유역의 경우는 격자크기 10m DEM과 100m DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 43.4% 큰 차이가 발생하였다. 반면 격자크기 10m DEM과 본 모듈을 적용하여 10m DEM의 지형인자로 자동 보정된 100m DEM을 사용하였을 때의 연평균 유사량이 0.3%로 차이가 크게 줄어든 것을 확인 할 수 있었다. 또한 본 모듈의 검정을 위해 소양강댐 유역의 지형 자료와 유사한 충주댐 유역을 대상으로 본 모듈을 적용하여 검정을 실시하였다. 그 결과 연간 평균 유사량이 격자크기 20m와 100m의 DEM을 이용하였을 때 98.7%의 큰 차이가 발생한 반면 격자크기 20m와 본 모듈을 적용하여 보정된 경사도 값의 100m DEM을 사용하였을 때 20.7%로 차이가 크게 줄어든 것을 볼 수 있었다. 그리하여 본 연구의 결과를 통해 SWAT 모형에서의 개선된 지형인자 추출 방식을 사용하여 저해상도의 DEM 사용으로 고해상도 DEM 사용의 효과를 볼 수 있을 것이고 이로 인해 넓은 유역에서 저해상도 DEM 사용으로 컴퓨터 사용용량과 프로그램 지연 시간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 향후 여러 유역을 대상으로 보정, 검정하여 보다 정확하고 통합적으로 적용될 수 있는 모듈의 개선이 필요할 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 고해상도 DEM, 저해상도 DEM, 평균 경사도, SWAT 모형

\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : [kimjg23@gmail.com](mailto:kimjg23@gmail.com)

\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : [caron-ys@nate.com](mailto:caron-ys@nate.com)

\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · E-mail : [nwkim@kict.re.kr](mailto:nwkim@kict.re.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : [sabal81@nate.com](mailto:sabal81@nate.com)

\*\*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 지역건설공학과 조교수 · E-mail : [kjlim@kangwon.ac.kr](mailto:kjlim@kangwon.ac.kr)

## 1. 서론

DEM은 컴퓨터를 이용하여 지형을 표현하는데 대표적인 기법이라 할 수 있다. DEM 자료는 지형의 표현과 수문학적 과정의 모의에서 편리성을 제공하고 있다. 그러나 DEM 자료의 서로 다른 격자 크기는 유역 형상이나 면적 그리고 유출발생 등의 수문학적 모의에서 상이한 결과를 초래할 수 있으므로 격자의 크기는 수문모형의 수행에 있어서 중요한 요소가 된다(정 등, 2002). 기존의 DEM을 활용한 연구에서는 넓은 지역의 수질 및 수문 모델링에 있어 컴퓨터 처리 용량의 문제와 프로그램 실행 시 소요되는 시간으로 인해 100m 혹은 그 이상의 저해상도 DEM을 사용하여 왔다(한 등, 2003; 김 등, 2005). 대표적인 수질 및 수문 모델링으로는 Soil and Water Assessment Tool (SWAT)모형이 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. SWAT 모형 또한 DEM을 이용한 지형의 형상 및 하천의 형상을 결정한다. SWAT 모형에서 격자 크기 100m 혹은 그 이상의 저해상도 DEM 사용으로 크게 지형을 왜곡시켜 지형인자 추출에 오류를 가져올 수 있으며 이로 인해 유역의 수문 및 수질 모의 결과에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 김 등(2008)의 연구결과에 의하면 SWAT 모형을 이용한 수문 및 유사 모의시 최소 격자 크기 20m이하를 사용하도록 권장하고 있다. 그러나 소양강댐 유역, 임하댐 유역과 같이 넓은 지역의 수질 및 수문 모델링에 있어 격자 크기 20m이하의 고해상도 DEM 사용시 컴퓨터 처리 용량과 프로그램 실행 시 소요되는 시간상의 문제로 그 효율성에 있어서 문제시될 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 SWAT 모형을 이용한 수문 및 유사 모의시 저해상도 DEM 사용으로 인한 왜곡된 지형인자 추출의 오류를 개선하고 100m 격자크기의 DEM을 사용하여 10m 혹은 20m 격자크기의 고해상도 DEM 사용 효과 모듈을 개발하여 그 적용성을 평가하는데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구지역 선정

본 연구에서는 일반적으로 SWAT 모의시 100m이상 DEM을 이용하여 유역의 수문 및 비점오염 연구가 수행되어 온 소양강댐 유역과 임하댐 유역을 연구대상지역으로 선정하였다. 소양강댐 유역과 임하댐 유역은 대부분 산악지로 구성되어 있으며 상당한 면적의 농경지들이 하천 주변에 분포되어 있다. 본 연구에서는 소양강댐 유역과 임하댐 유역을 대상으로 본 모듈을 개발하였으며 모듈의 적용성 평가를 위해 소양강댐 유역의 지형특성과 유사한 충주댐 유역에 적용해 보았다.

### 2.2 DEM 생성 및 저해상도 DEM을 이용한 고해상도 지형인자 추출 모듈(STOPFEE) 개발

본 연구에서는 DEM 격자크기별 평균 경사도 분석을 위해 각 유역별 14개의 DEM(10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m, 50m, 55m, 60m, 65m, 70m, 75m, 80m, 85m, 90m, 95m, 100m)을 생성시켰다. 여기서 소양강댐 유역은 구축된 등고선 자료의 한계로 최소 DEM 격자크기를 20m로 하였다. 이를 바탕으로 소양강댐 유역과 임하댐 유역에 대하여 DEM 격자 크기에 따른 소수계별 평균 경사도를 비교한 결과 Fig. 1, 2와 같이 나타났다. 이를 통해 소양강댐 유역과 임하댐 유역에서 DEM 격자크기가 커질수록 소유역별 평균 경사도가 감소하는 것을 알 수 있다. 이를 통해 소유역별 DEM 격자크기에 따라 유역의 평균 경사도가 변하는 유형을 파악하여 100m DEM 격자크기에 해당하는 유역 평균 경사도를 이용한 10m DEM 격자크기에 해당하는 유역 평균 경사도의

산정이 가능할 것으로 판단된다. 즉, 소양강댐 유역과 임하댐 유역에 대해서 100m 격자크기의 DEM으로 산정된 소유역의 평균 경사도에 대해 그에 해당되는 10m 격자크기의 DEM으로 산정된 평균 경사도를 적용하여 이에 따른 차이를 비교분석한 것이다. 또한 본 연구에서는 100m 격자크기의 저해상도 DEM 지형인자를 10m 혹은 20m 격자크기의 고해상도 DEM 지형인자로 자동 보정하는 ArcView GIS Extension을 개발하여 SWAT 모형과 함께 사용가능한 SWAT Topographic Feature Extraction Error (STOPFEE) 모듈을 개발하여 적용하였다.

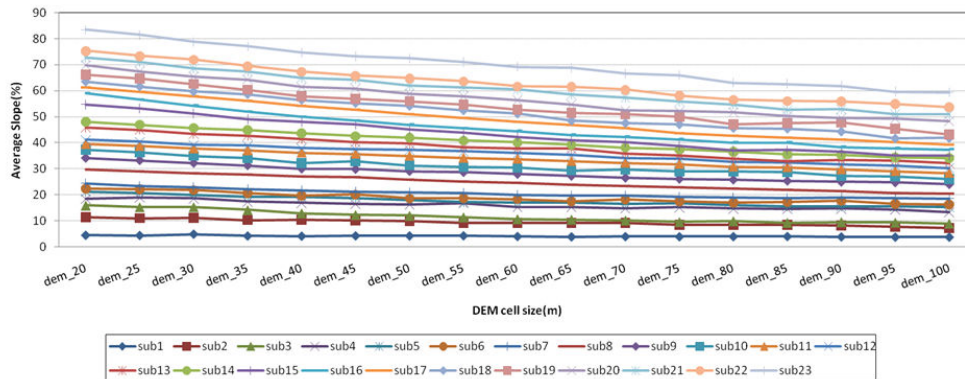


Fig. 1. Comparison of average slope for various DEM cell size in Soyanggang-dam watershed

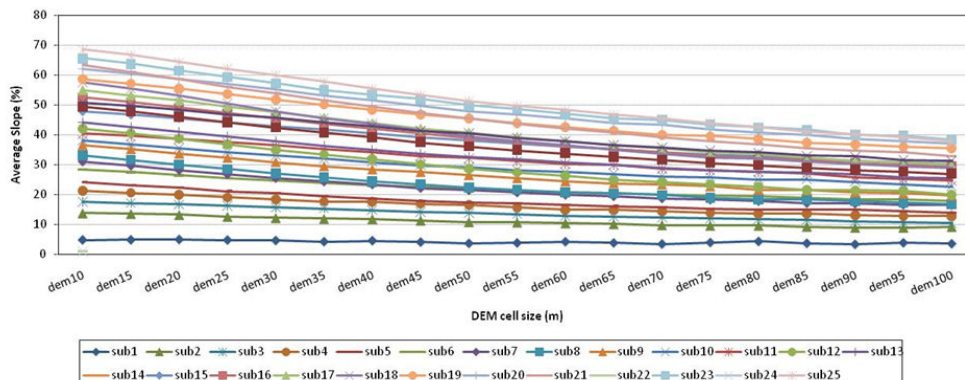


Fig. 2. Comparison of average slope for various DEM cell size in Imha-dam watershed

### 2.3 SWAT 모형을 이용한 지형인자 추출 오류 개선 평가방법

본 연구에서는 SWAT 모형으로 소양강댐과 임하댐 유역에 대해 100m DEM을 이용하여 수계 구분을 하였고 각 소유역별 평균 경사도를 Fig. 1, 2를 이용하여 소양강댐 유역은 20m DEM 값으로 보정하였고 임하댐 유역은 10m DEM 값으로 보정하였다. SWAT 모형에 필요한 입력 자료로는 소양강댐 유역과 임하댐 유역에 대한 지형도, 토양도, 토지이용도 그리고 기상자료가 사용되었다. 또한 본 연구에서 개발된 저해상도 DEM을 이용한 고해상도 DEM 지형인자 추출 모듈(STOPFEE)에 대한 적용성 평가를 위해서는 검정의 단계가 필요하다. 그리하여 본 연구의 대상유역 중 소양강댐 유역의 지형 자료와 유사한 충주댐 유역을 대상으로 SWAT 모형을 이용한 본 모듈에 대한 검정을 실시하였다. 충주댐 유역 격자크기 100m DEM으로 SWAT 모형에서 수계 분할 후 각 소유역별 평균 경사도를 산정하고 본 연구에서 개발된 STOPFEE 모듈을 적용하여 Fig. 1을 바탕으로 20m 평균 경사도를 자동 입력하였다. STOPFEE 모듈로 자동 보정된 경사도 값의 100m DEM을 이용하여 산정한 월별 평균 유사량과 20m DEM을 이용하여 산정한 월별 평균 유사량을 비교분석하여 본 모듈의 적용성을 평가하였다.

### 3. 결과

본 연구에서는 SWAT 모형을 이용한 소유역별 평균 경사도 산정시 격자크기 20m DEM, 100m DEM 그리고 20m DEM에 해당되는 소유역별 평균 경사도로 보정한 100m DEM을 사용하였을 때의 월별 평균 유사량을 비교 분석하였다. 그 결과 소양강댐 유역의 경우 Fig. 3에서와 같이 20m DEM에 해당되는 소유역별 평균 경사도로 보정한 100m DEM의 월별 평균 유사량이 20m DEM을 이용한 월별 평균 유사량과 상당히 유사하게 나타난 것을 볼 수 있었다. 임하댐 유역의 경우 Fig. 4에서와 같이 10m DEM 사용시 소유역별 평균 경사도로 보정한 100m DEM의 월별 평균 유사량이 10m DEM을 이용한 월별 평균 유사량과 상당히 유사하게 나타난 것을 볼 수 있었다. 저해상도 DEM 자료를 이용하여 고해상도 DEM 자료의 경사도 추출 모듈에 대한 검정을 위해 소양강댐 유역의 지형 자료와 유사한 충주댐 유역을 대상으로 SWAT 모형을 이용한 월별 평균 유사량을 비교하였다. 연간 평균 유사량을 비교한 결과 격자크기 20m와 100m DEM을 이용하였을 때 98.7%의 큰 차이가 발생한 반면 격자크기 20m DEM과 본 모듈로 보정된 경사도 값의 격자크기 100m DEM을 이용하였을 때 20.7%로 차이가 크게 줄어든 것을 볼 수 있다.

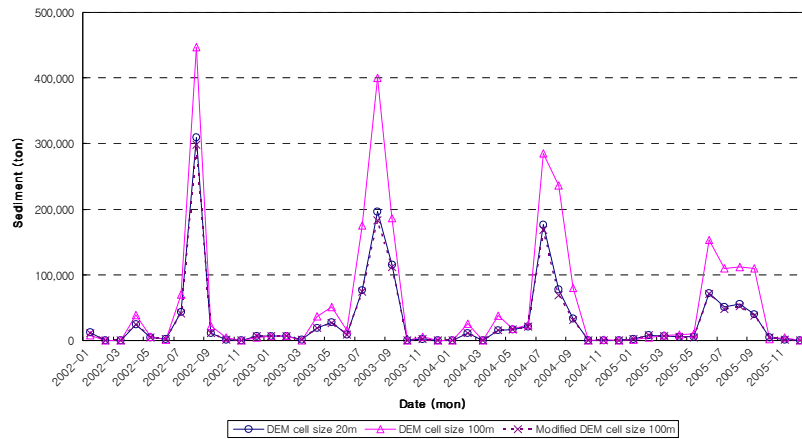


Fig. 3. Comparison of simulated sediment for DEM cell size 20m and 100m in Soyanggang-dam watershed

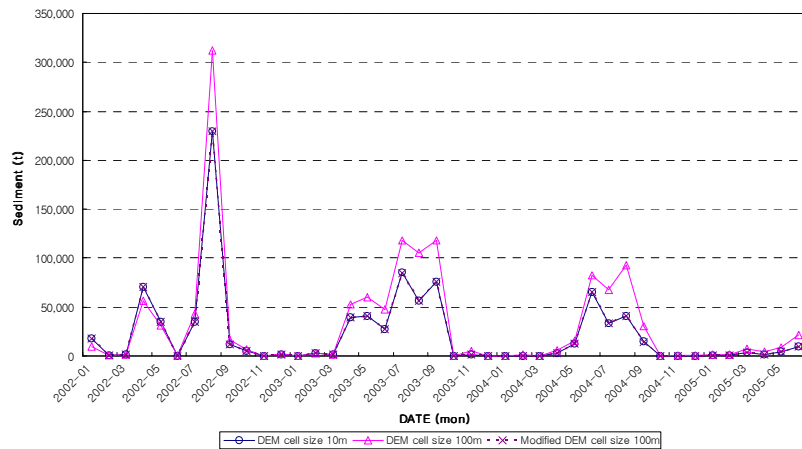


Fig. 4. Comparison of simulated sediment for DEM cell size 10m and 100m in Imha-dam watershed

#### 4. 결론

본 연구에서는 저해상도의 DEM 사용으로 인한 지형 인자 추출 오류를 개선할 수 있는 STOPFEE 모듈을 개발하였고 SWAT 모형을 이용한 그 적용성을 평가해 보았다. 소양강댐 유역을 대상으로 기존 20m 격자크기의 DEM과 100m 격자크기의 DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 83.8% 큰 차이가 발생하였다. 반면 기존 20m 격자크기의 DEM과 소유역 평균 경사도를 수정한 100m 격자크기의 DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 4.4% 로 그 차이가 상당히 줄어든 것을 볼 수 있다. 임하댐 유역의 경우는 기존 10m 격자크기의 DEM과 100m 격자크기의 DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 43.4% 큰 차이가 발생하였다. 반면 기존 10m 격자크기의 DEM과 소유역 평균 경사도를 수정한 100m 격자크기의 DEM을 사용하였을 때 연평균 유사량이 0.3%로 그 차이가 상당히 줄어든 것을 볼 수 있다. 또한 STOPFEE 모듈의 적용성 평가를 위해 소양강댐 유역과 지형인자가 유사한 충주댐 유역을 대상으로 검정한 결과 연간 평균 유사량이 격자크기 20m와 100m의 DEM을 이용하였을 때 98.7%의 큰 차이가 발생하였고 격자크기 20m와 수정된 경사도 값의 100m DEM을 이용하였을 때 20.7%로 차이가 크게 줄어든 것을 볼 수 있다. 그리하여 본 연구의 결과를 통해 SWAT 모형에서의 개선된 지형인자 추출 방식의 사용하여 저해상도의 DEM 사용으로 고해상도 DEM 사용의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 넓은 유역에서 저해상도 DEM 사용으로 컴퓨터 사용용량과 프로그램 지연 시간의 제약을 줄일 수 있을 것이다. 그러나 여러 유역을 대상으로 적용하기에는 아직까지 오차가 발생하는 것으로 보아 향후 여러 유역을 대상으로 보정, 검정하여 통합적으로 적용될 수 있는 모듈의 개선이 필요할 것으로 사료된다.

#### 사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 2-2-3)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 김종건, 박윤식, 허성구, 임경재, 신용철, 김기성, 최중대, SWAT ArcView GIS Extension Patch를 활용한 SWAT 예측유사량 분석, 한국농공학회지, 심사중.
2. 김철겸, 김남원, 이정은, SWAT 모형을 이용한 소양강댐 유역의 비점오염 모델링, 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2005).
3. 정인주, 이정민, 김상용, 이종출, DEM에 의한 지형인자 추출에 따른 격자크기의 영향에 관한 연구, 한국지형공간정보학회, 10(2), pp. 67-75 (2002).
4. 한건연, 이수현, 이창희, GIS 자료를 이용한 수문모델링에서의 적정 해상도 도출, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(II), pp.971-974 (2003).