

# 토지이용도의 공간해상도에 따른 모의 유출량 비교

## Comparison of Simulated Runoff According to Spatial Resolution of Landuse

이길성\*, 성진영\*\*, 박경신\*\*\*, 김상욱\*\*\*\*

Kil Seong Lee, Jinyoung Sung, Kyungshin Park, Sang Ug Kim

### 요 지

본 연구에서는 물리화학적 모형에서 사용되고 있는 토지이용도를 이용하여 공간적인 해상도의 차이에 따른 유출량의 변화를 비교해 보았다. 현재 수문모형에서 주로 사용되고 있는 토지이용도는 국가 수자원관리종합정보 시스템 (WAMIS)에서 제공하고 있는 위성영상을 기반으로 한 토지이용자료이다. 이 토지이용 자료는 공간적으로 30 m × 30 m의 해상도를 갖고 있어 소유역에 대해 세밀한 분석을 위해서는 보다 세밀한 토지이용 자료와의 비교·검토가 필요하다. 이에 본 연구에서는 WAMIS에서 제공하고 있는 2000년도 토지이용도와 개별적으로 제작한 정밀한 토지이용도를 이용하여 학의천 유역의 유출량을 비교해 보았다. 정밀한 토지이용도는 2000년에 작성된 수치지도와 1 m × 1 m의 공간해상도를 갖는 Ikonos 위성영상을 바탕으로 제작되었으며, 유출량 모의는 토지이용도를 반영할 수 있는 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran) 모형을 이용하였다. 본 연구에서 HSPF 모형을 통하여 모의한 유출량에 있어서는 토지이용의 해상도의 따른 차이는 거의 발견할 수 없었다.

**핵심용어 : 토지이용도, 공간해상도, 학의천 유역, HSPF**

## 1. 서 론

현재 수문모형에서 주로 사용되는 토지이용도는 국가 수자원관리종합정보 시스템 (WAMIS)에서 제공하는 30 m × 30 m의 해상도를 갖는 LANDSAT 위성영상을 기반으로 한 토지이용자료이다. 수문모형에 의한 소유역의 세밀한 분석을 위해서는 위의 위성영상을 이용한 토지이용도보다 세밀한 토지이용 자료의 비교·검토가 필요하다. 본 연구에서는 고해상도의 위성영상을 통해 제작한 토지이용도의 사용에 따른 소유역에서 수문모형의 유출량과 WAMIS에서 제공하는 토지이용도 사용에 따른 수문모형의 유출량을 비교하였다. 고해상도의 토지이용도는 미국 Space Imaging사에 의해 1999년 9월 발사된 최초의 1 m × 1 m의 공간해상도를 갖는 상업용 Ikonos 위성영상과 2000년도에 작성된 1:5000 수치지도를 바탕으로 제작하였다. 대상유역은 안양천의 지천으로 지방2급 하천인 학의천이고, 토지이용에 따른 물순환을 비교하기 위해 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran) 모형을 이용하였다.

\* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설·환경공학부 교수 · E-mail : [kilselee7@snu.ac.kr](mailto:kilselee7@snu.ac.kr)

\*\* 서울대학교 공과대학 건설·환경공학부 석사과정 · E-mail : [blackleo83@snu.ac.kr](mailto:blackleo83@snu.ac.kr)

\*\*\* 서울대학교 공과대학 건설·환경공학부 석사과정 · E-mail : [diploma@snu.ac.kr](mailto:diploma@snu.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 서울대학교 BK21 SIR 사업단 박사 후 연구원 · E-mail : [plethor1@snu.ac.kr](mailto:plethor1@snu.ac.kr)

## 2. HSPF

HSPF는 유역에서 발생하는 수량과 수질을 모의하기 위해 설계된 종합적(comprehensive), 개념적(conceptual), 연속적(continuous) 유역 모의 모형으로 1966년 Crawford와 Linsley에 의해 개발된 스탠포드 유역 모형(stanford watershed model)에 기원을 하고 있다. 현재의 HSPF는 1980년 미국 환경청에서 개발한 것으로 기존의 HSP (Hydrocomp Simulation Programming), ARM (Agricultural Runoff Management), NPS (NonPoint Source), SERATRA (Sediment and Radionuclides Transport) 모형들에서 수행되는 다양한 모의 모듈(module)을 새롭게 수정하여 보완한 프로그램이다.

HSPF 모형의 개요는 그림 1과 같다.

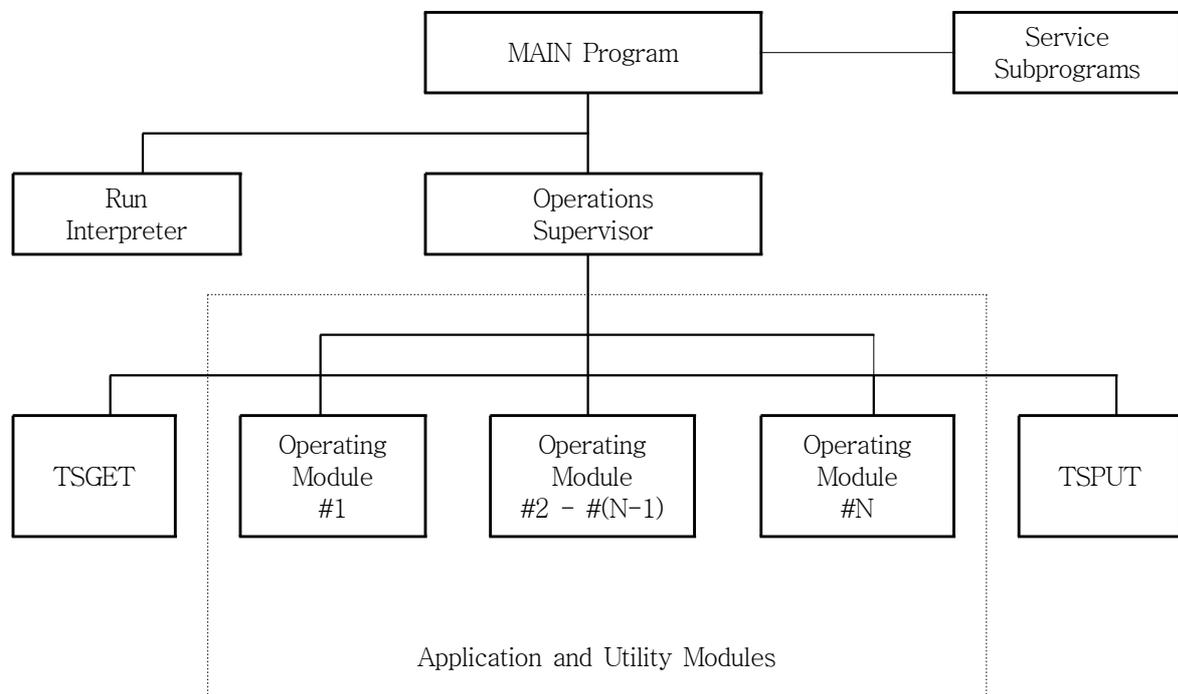


그림 1. HSPF의 개요 (Bicknell et al., 2001)

Run Interpreter"는 입력자료인 'UCI (Users Control Input)'를 읽고 해석하여 프로그램의 실행 순서를 결정하며, 'Operations Supervisor'는 'Run Interpreter'에 의해 제공되는 정보를 바탕으로 'Operating Module'을 실행한다. 'Operating Module'은 유출과 오염부하량 등을 실제로 모의하는 'Application Module'과 이를 구동하기 위해 지원되는 'Utility Module'로 구성되어 있다. 'Service Subprograms'는 시계열자료의 입출력을 담당한다. 'TSGET (Get Time Series)'와 'TSPUT (Put Time Series)'는 오직 시계열자료의 처리와 저장에 연관된 모듈로서 TSGET는 모형에 필요한 기상자료를 불러들여 실행한 결과를 사용자가 지정한 시간간격으로 TSPUT에 입력하는 역할을 하고 있다. HSPF 모형의 유출, 수질 모의 등 핵심부분은 'Application Module'로, 투수지형(pervious land)에 대한 PERLND 모듈, 불투수지형(impervious land)에 대한 IMPLND 모듈, 하천이나 호소 구간에 대한 RCHRES 모듈로 구성된다. 각각의 모듈은 다시 수문, 수질, 토사 유출 등을 모의하기 위한 항목(section) 별로 구성되어 있다.

### 3. 적용 및 결과

#### 3.1 대상구역

학의천은 안양천의 제1지류로 지방 2급 하천이고 유역의 위치는 동경 126° 57' ~ 127° 03', 북위 37° 21' ~ 37° 23'이고 면적은 44.58 km<sup>2</sup>이다. 학의천의 지류는 갈현천과 청계사천이 있으며, 안양시와 의왕시 그리고 과천시를 관류한다. 학의천은 경기도 의왕시 학의동에서 발원하여 경기도 안양시 비산동으로 유하하여 안양천과 합류한다(이길성, 2009). 본 연구에서는 해상도에 따른 토지이용의 변화가 적은 상류 유역은 동일한 토지이용도를 사용하였으며 고해상도의 토지이용분류는 안양시 구간에만 적용하였다. 작성방법이 다른 유역의 토지이용분포는 그림 2와 같고 전체면적은 22.88 km<sup>2</sup>이다.

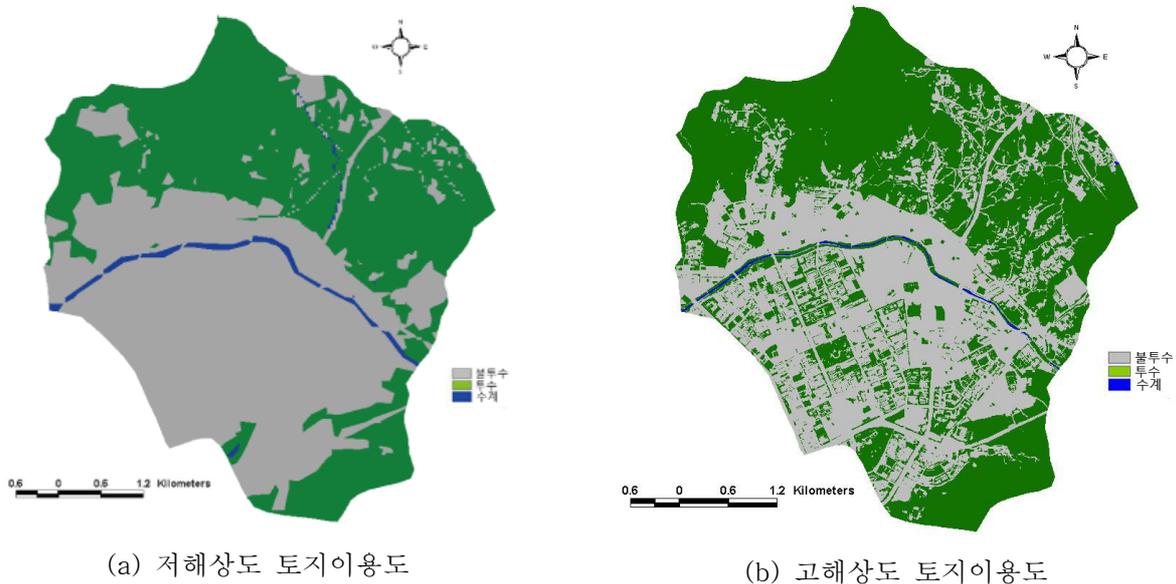


그림 2. 대상 유역의 토지이용도 (학의천 안양시 일대)

WAMIS에서 제공하는 토지이용도에서의 불투수면은 10.83km<sup>2</sup>로 전체의 47.3%, 투수면적은 12.01km<sup>2</sup>, 52.5%이고 수계는 0.04km<sup>2</sup>로 0.2%이다. 이에 비해 Ikonos 위성 영상을 이용한 토지이용도에서 불투수면적은 9.84km<sup>2</sup>로 전체의 43.0%, 투수면적은 12.95km<sup>2</sup>, 56.6%이고 수계는 0.09km<sup>2</sup>로 0.4%이다. 두 토지이용도를 비교해보면 고해상도인 Ikonos 위성 영상을 이용한 토지이용도가 불투수면적은 0.99km<sup>2</sup> 감소, 투수면적과 수계면적은 각각 0.99km<sup>2</sup>, 0.05km<sup>2</sup> 증가했다.

표 1. 각 토지이용도의 비교

구 분	투수면 (km <sup>2</sup> )	불투수면 (km <sup>2</sup> )	수계 (km <sup>2</sup> )	합계 (km <sup>2</sup> )
WAMIS	12.01	10.83	0.04	22.88
Ikonos	12.95	9.84	0.09	22.88
증감	+ 0.94	- 0.99	+ 0.05	0.00

### 3.2 모형의 적용

학의천의 토지이용에 따른 유출량의 변화를 비교하기 위하여 안양천 전체의 유역을 HSPF 모형으로 구축하였으며 모의기간은 1975년부터 2007년까지 약 30년이다. 모의를 위한 모형의 매개변수는 저수량 기준으로 모형의 보정과 검증을 수행한 김경태(2008)의 결과를 이용하였다.

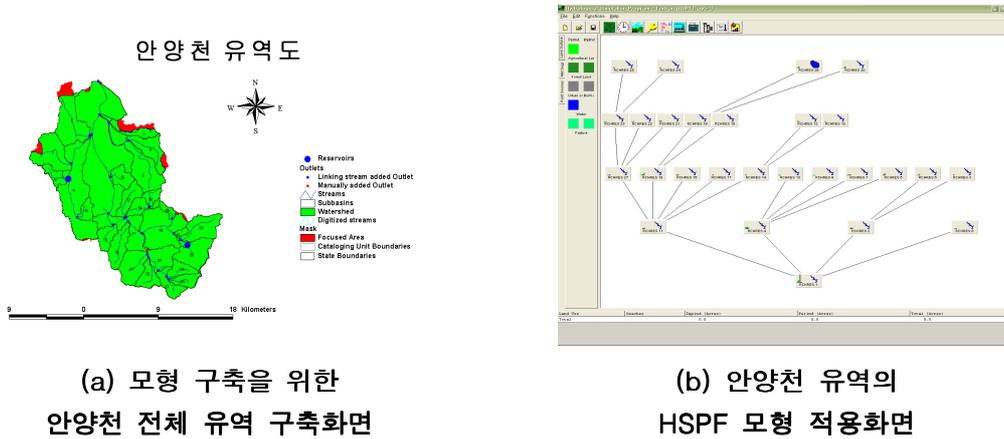


그림 3. 모형의 적용

### 3.3 적용결과

총 2회에 걸친 토지이용변화에 따른 모의 결과는 그림 2와 같으며 연평균 유량과 월평균 최소·최대 유량을 비교한 결과 고해상도의 토지이용도를 적용하는 경우가 저해상도의 토지이용도를 적용하였을 때보다 월평균 최소 유량이 큰 것으로 나타났다. 그러나 전체 기간에 대하여 차이를 가늠할 수 있는 결정계수( $R^2$ )로 비교해본 결과 결정계수의 값이 약 0.99로 전체적인 유량 변화에는 해상도에 따른 차이가 거의 없었음을 알 수 있었다(표 2). 고해상도의 연평균 유량은  $4.622 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 저해상도의 토지이용도를 사용한 경우에 비하여  $0.142 \text{ m}^3/\text{s}$ 만큼 증가하였으며, 월평균 최소 유량은  $0.079 \text{ m}^3/\text{s}$ 로  $0.076 \text{ m}^3/\text{s}$ 만큼 증가하였다. 월평균 최대 유량의 경우 두 모의 결과 모두  $52.408 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 같음을 알 수 있다.

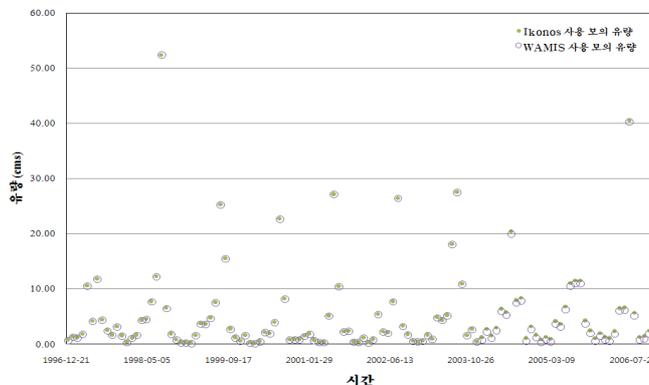


그림 4. 각 모형의 모의 유출량의 비교

표 3. 각 모형의 모의 유출량 비교

	연평균 유량 (cms)	월평균 최소 유량 (cms)	월평균 최대 유량 (cms)	$R^2$
WAMIS	4.480	0.003	52.408	0.999
Ikonos	4.622	0.079	52.408	

#### 4. 결론

본 연구에서는 소유역에서의 공간해상도의 차이에 따른 토지이용도가 유역의 유출량에 미치는 영향을 알아보기 위해 유출 모의를 하였다. 안양천의 제1지류인 학의천을 대상으로 WAMIS에서 제공하는 30 m × 30 m 해상도의 LANDSAT 위성영상을 이용하여 제작된 토지이용도와 상업용 위성인 1 m × 1 m 해상도의 Ikonos 위성영상과 1:5000 수치지도를 기반으로 하여 제작된 토지이용도를 사용하여 HSPF의 유출량을 비교하였다. 비교결과 고해상도의 경우가 저해상도의 경우보다 연평균 유출량이 0.142 m<sup>3</sup>/s 큰 것으로 나타났다. 이는 저해상도에서 나타내지 못했던 도시지역의 투수층을 반영하여 나타난 결과라고 판단되며 고해상도와 저해상도 토지이용도의 투수면적과 불투수면적의 차이는 1 km<sup>2</sup>로 나타났다. 고해상도와 저해상도에 따른 유출량의 변화를 찾을 수는 있으나 적용 면적이 클수록, 도시화율이 높은 곳일수록 해상도 차이에 따른 유출량의 변화를 더 잘 표현할 수 있을 것이라 판단된다. 또한 해상도에 따라 투수·불투수의 면적이 달라지므로 이에 따른 수질의 변화 연구가 필요하다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-3)의 서울대학교 공학연구소를 통한 연구비 지원(30 %)와 서울대학교 BK21 안전하고 지속가능한 사회기반건설사업단의 연구비 지원(70 %)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

#### 참 고 문 헌

1. 김경태 (2008). 우리나라 수질오염총량관리제도의 적용 및 개선, 석사학위논문, 서울대학교
2. 이길성 (2009). 안양천 유역현황 보고서. 과학기술부.
2. Bicknell, B.R., Imhoff, J.C., Kittle, J.L. Jr., Jobs, T.H., and Donigan, A.S. Jr. (2001), *Hydrologic Simulation Program - Fortran (HSPF) User's Manual for Version 12*. U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory, Athens, GA.