

# 유역모형 파라미터 산출을 위한 KBASIN-HSPF 시스템 개발

## Development of KBASIN-HSPF system for estimating parameter of watershed based model

박대희\*, 하성룡\*\*  
Dae Hee Park, Sung Ryong Ha

### 요 지

환경모델링 기법은 비선형 오염유출현상을 구조화하여 배출특성 규명 및 정책대안의 영향예측 도구로서 활용도가 증가하고 있다. 반면 복잡한 입력 파라미터의 구성은 모형운영에 있어 비정량적 수치를 적용할 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 이러한 한계성을 극복하기 위해 최근 들어 GIS와 정보기술의 연계를 통한 자료관리 및 모형 매개변수 산출을 위한 연구들이 활발히 진행 중에 있다.

GIS-모델링 분야의 기술적 성장에도 불구하고 정보구축의 시점, 주기, 구축 형태 등의 통일화가 이루어지지 않았다. 따라서 BASINS과 같은 기 구축된 정보 분석체계를 사용하고자 할 때 단위사업별로 구축된 공간정보의 구조해석을 다시 수행해야 하는 문제를 지니고 있다. 이는 구축된 정보를 사용하여 해석하고자 하는 주체가 분명하지 않고, 분석모델에서 요구하는 입력 자료의 구조를 명확하게 해석할 수 있는 정보기술과 분석기술의 연계부족으로 발생한 문제이다.

이에 본 연구의 목적은 NGIS사업을 통해 축적된 지형공간 데이터베이스와 GIS의 공간분석기능을 연계하여 유역 오염원·기상·공간정보의 관리, 유역 오염유출모형인 HSPF(Hydrologic Simulation Program-Fortran)의 운영정보 생성을 지원하는 지능형 정보관리시스템을 개발하는데 있다.

주 연구내용은 시스템 분석 및 설계, 기초 데이터 수집과 DB 구축, 지형 매개변수 산정을 위한 GIS-HSPF의 통합 인터페이스 구축이다. 개발된 KBASIN-HSPF는 EPA에 의해 개발된 BASIN의 유역분할, 하천망생성, 지형특성계수 산정 기능과 함께 우리나라의 지형·오염원·기상정보의 저장구조를 고려한 데이터 모델링, Tissen망에 준한 강우자료 생성 그리고 HSPF 모형운영정보 산정 및 전환기능을 포함하고 있다.

KBASIN-HSPF는 유역기반 점·비점오염원 정보를 통합 관리하고자 하는 오염총량관리제의 기술적 정보 관리 환경으로 활용가능하며, 기존의 오염유출모델링을 위해 자료준비부터 정보연계, 모형운영까지 분산된 환경에서 수행되었던 것을 통합환경하에서 진행함으로써 정보의 질적보장과 정보전환의 표준화방안을 제시하는 정보분석시스템이다.

**핵심용어 : 유역관리, HSPF, GIS, 환경모델링, 정보기술**

## 1. 서론

환경모델링 기법은 비선형 오염유출현상을 구조화하여 배출특성 규명 및 정책대안의 영향예측 도구로서 활용도가 증가하고 있다. 반면 복잡한 입력 파라미터의 구성은 모형운영에 있어 비정량적 수치를 적용할 수 있는 가능성을 내포하고 있다.

이러한 한계성을 극복하기 위해 최근 들어 GIS와 정보기술의 연계를 통한 자료관리 및 모형 매개변수 산출을 위한 연구들이 활발히 진행 중에 있다(Leon 등(2000)).

\* 정회원·주)로커스솔루션 대표이사E-mail : expert@expertgis.net

\*\* 정회원·충북대학교 도시공학과 교수E-mail : simplet@chungbuk.ac.kr

미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 수질오염총량관리(Total Maximum Daily Load: TMDL)를 효율적으로 수행하기 위하여 표준화된 공간정보 기반 하에 분석모형의 전처리과정을 지원하는 BASINS(Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Source)을 개발하여 제공하고 있으며, Basso 등(2000)은 지리정보체계와 원격탐사자료를 사용하여 농경구역의 환경민감도를 평가하였고, Besio 등(1998)은 오염영향도의 개편과 분석기술을 GIS 기술과 연계하여 제시한 바 있다.

우리나라의 연구결과로는 김경탁 등(2000, 2003)이 수행한 국산 GIS 엔진을 활용한 하천 네트워크 분석 및 지표추출시스템의 개발과 하성룡 등(1996)의 최적 상수관망노선선정을 위한 GIS 연계기술 개발 등 다수의 연구가 진행 중이다.

그 외에 최철관 등(2001)은 GIS와 연계하여 모형의 입력자료 작성 및 해석결과의 가시적인 출력이 가능하도록 하며 결과자료의 변환, 합성 및 가공을 모델링의 입력자료 생성에 중점을 두어 연구를 수행하였다.

이처럼 GIS-모델링 분야의 기술적 성장은 오염기동 해석분야에 직접적인 영향을 미치며 해석결과에 대한 시공간적 신뢰도를 향상시키고 있다. 우리나라 역시 NGIS사업을 통해 구축한 전 국토의 디지털 정보화는 오염의 이동과정을 모의하는 수리수질모형의 복잡한 입력정보의 구축을 가능하게 하고 있다.

그러나 기 구축된 공간정보를 직접 오염해석모형에 적용하는 것은 입력정보의 저장구조의 비표준화로 인해 아직은 그 한계성을 보이고 있다. 따라서 막대한 자원투자로 구축된 공간정보를 원활히 활용하기 위해서는 기본정보의 고급정보로의 전환을 위한 전문가 지식기반의 표준화된 인터페이스를 필요로 한다.

이에 본 연구에서는 준분포형 유역모형인 HSPF의 사용을 위해 시스템 분석 및 설계, 기초 데이터 수집과 DB 구축, 지형 매개변수 산정을 위한 GIS-HSPF의 통합 인터페이스 개발하여 일련의 과정을 통합하는 전문가 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. KBASIN-HSPF 설계

### 2.1 설계방향

본 시스템은 누적된 기초정보를 유역 환경해석 모형에서 인식할 수 있도록 전환해 주는 인터페이스의 개발과 이를 이용한 모형의 기본 운영정보 생성과정을 개발하는 것을 설계 범위로 한다.

정보의 조회기능은 타 정보시스템에서 기 개발되어 운영되고 있으며, 그 기술 구현에 있어 필요한 정보기술이 어느 정도 범용화 되어 있으므로 본 시스템의 설계에서는 제외하였다.

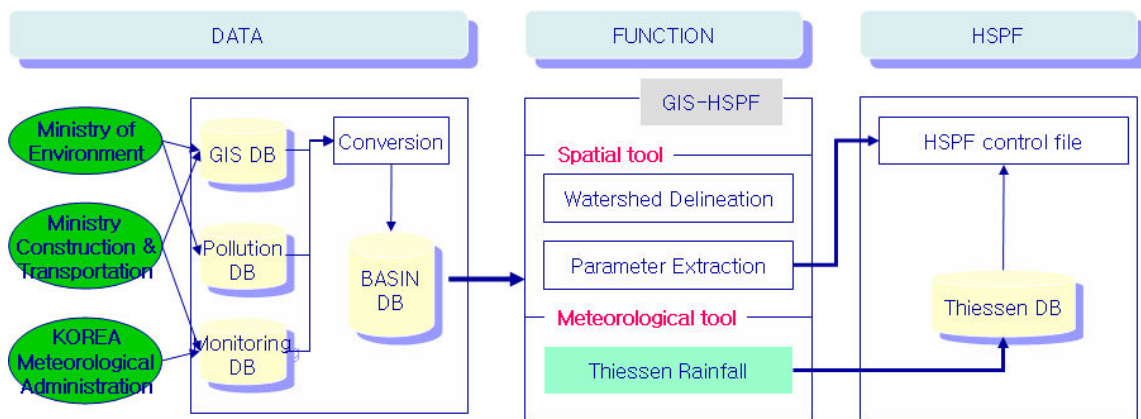


그림 1. KBASIN-HSPF의 정보흐름

본 시스템의 개발에 사용된 언어는 ArcView내에 포함되어 자체 GIS 엔진이 지니고 있는 유용한 함수의 적용이 용이하며 객체지향 프로그램 언어이므로 타 프로그램과의 원활한 연계성을 지니고 있는 AVENUE를 사용하였다.

## 2.2 데이터 모델링

KBASIN-HSPF는 환경자료를 사용하여 오염원의 영향을 해석하는 분석모형을 운영하기 위한 모형 운영 정보를 생성하는 기능을 수행한다. 이를 위해서는 유역 특성을 분석하기 위한 지형공간정보와 오염원의 위치 및 오염배출 특성을 제공하는 오염원 정보, 수질의 상태 변화 확인 및 모형 검·보정의 비교자료로 사용되는 측정망 정보 그리고 강우 및 온도 등을 제공하는 기상정보를 필요로 한다.(표 1)

표 1. KBASIN 운영을 위한 기본정보 분류

대분류	소분류	내용
환경지리정보	환경 지리 정보	환경관련 공간지리정보(벡터, 래스터)
환경오염정보	환경 측정 정보	수위, 유량, 수질, 측정정보
	오염원 정보	점오염원 및 오염부하자료
환경기상정보	기상 정보	강우, 온도, 풍속, 이슬점 증발산 자료

이상의 복잡한 기본정보들은 관계형 데이터베이스 구조로 전환하여 테이블 형태의 저장구조로 전환하였으며 이들 정보간의 상호 연결성은 다음 그림과 같이 구성하였다. 모든 정보는 공간정보와 속성정보를 동시에 지니고 있는 Geo-DB형태로 구조화 되었으며 각각 유역, 하천, 분기점, 유량수질측정지점 및 기상 및 오염테이블로 분류되었다.

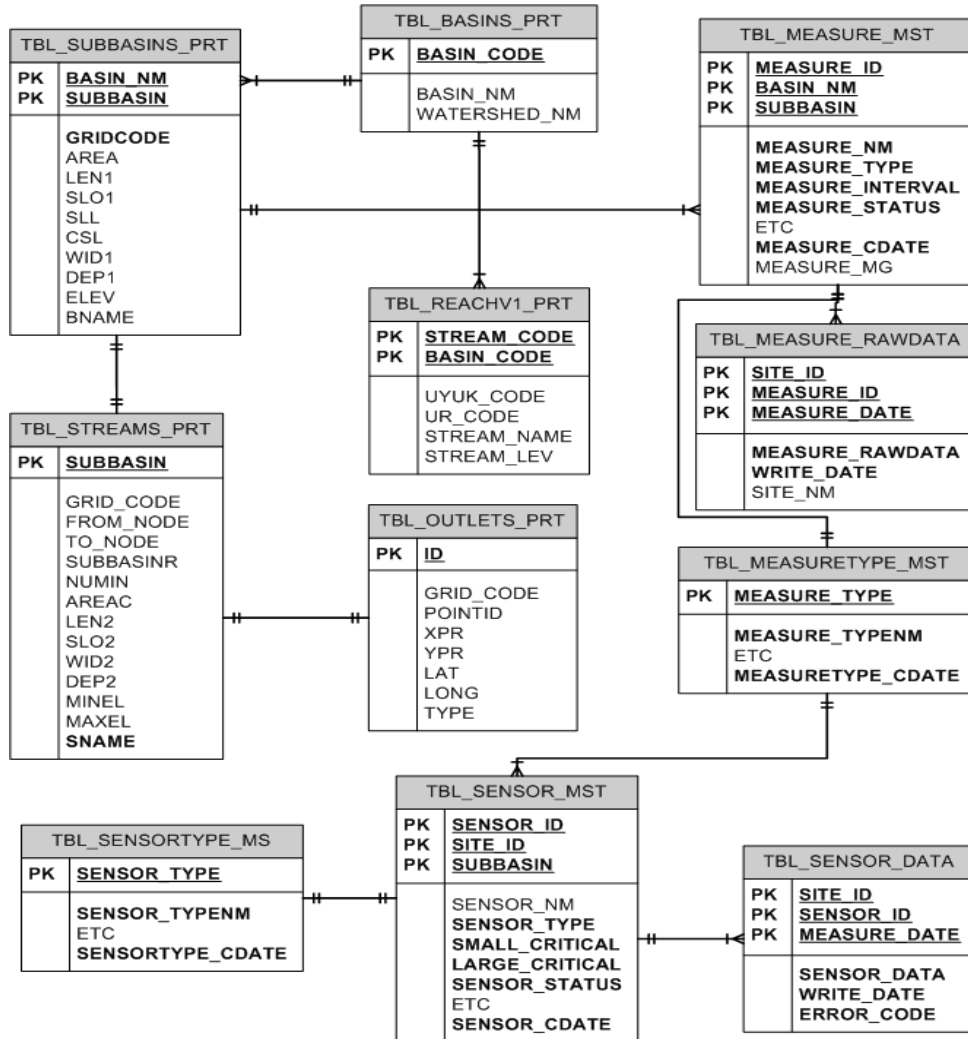


그림 2. KBASIN-HSPF 데이터간의 상호연계성

### 2.3 주요기능 및 인터페이스 설계

본 시스템의 주요 기능은 분석DB선정 및 보정기능, 소유역 구분기능, 유역특성분석 및 모형지원기능으로 구분되며 세부기능은 다음 표와 같다.

표 2 KBASIN-HSPF 세부기능

주요기능	세부기능	세부기능 설명
분석DB선정 및 보정기능	DEM 선정	유역의 수치고도정보를 포함하는 공간DB
	Mask Grid 선정	유역분할의 공간적 한계를 정의
	Burn-in Network 선정	하천망 생성의 기준 네트워크 정의
	도출/함몰 보정	DEM의 fill-sink 정보 보정
소유역 구분기능	유역분기점 생성	임계치 지정 후 유역분기점 자동 생성기능
	유역분기점 조정	유역분기점의 추가, 삭제
	소유역 분할	유역분기점을 기준으로 한 소유역 분할
유역특성분석 및 모형지원기능	소유역 특성분석	소유역의 면적, 폭, 경사 등 분석
	하천망 특성분석	하천망의 길이, 경사, 연결구조 분석
	Thiessen 강우생성	소유역별 적용되어야할 Thiessen 강우 생성
	HSPF모형정보생성	HSPF 매개변수 생성 및 전환

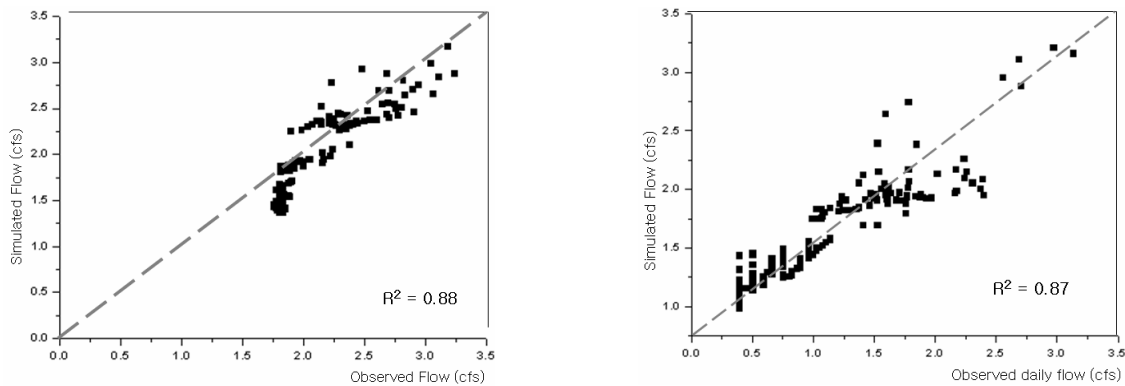
### 3. 시스템 적용

본 연구에서 개발된 KBASIN-HSPF 시스템은 금강상류 대청댐 유역에 적용되어 유역으로부터 유출된 유량 및 수질정보의 변화를 모의하는데 적용되었다. 모형에 적용할 소유역의 분할기준은 하천함류부와 상시관측소의 위치, 군 행정구역 경계, 전국 배수구역도(환경부, 1997) 그리고 오염총량 수질목표지점을 준하였다. 소유역의 토지이용 변화가 하천에 미치는 영향을 평가하기 위해 금강상류를 20개 배수구역으로 분할하였으며, 이중 보청천 배수구역은 5개(항진천, 삼가천, 보청상류, 보청중류, 보청하류)로 세분할 하여 상류 소유역이 하류 소유역에 미치는 영향을 평가하는데 사용하였다.

본 연구는 2000년 1월부터 2003년 12월까지 보청천 유역 내 설치되어 있는 수위관측소의 일평균 유량 및 수위자료와 수질측정망의 수질자료 그리고 2003년 8월부터 2004년 2월까지 실시한 5개 지점에서의 유량 및 수질조사 자료를 이용하여 시행착오 방법에 의해 보정을 실시하였다.

모형의 보정과정은 유량관련 매개변수를 실측자료와 비교하여 보정한 후, 토사유출과 관련된 매개변수와 BOD, N, P 관련 매개변수의 순으로 보정하였다.

다음 그림의 (a), (b)는 모의치와 관측치간의 상관성을 확인하고자 한 상관그래프이다. 모의 결과는 기저 유량 92%, 강우시 85% 상위유량 97%의 유의수준을 만족하였다.



(a) 보정기간중 모의치와 실측치간의 상관성 (2001)      (b) 검증기간 중 모의치와 실측치간의 상관성 (2002)

그림 3. KBASIN-HSPF 를 통한 금강유역 유출모의

#### 4. 결론

유역과 하천·저수지의 수리·수문·수질을 모의하는 모형을 운영하기 위해서는 지형, 기상, 관측, 오염원 조사 등과 같은 여러 가지 정보의 종합적인 관리를 필요로 한다. 이러한 정보관리의 세부적인 내용으로는 기초자료의 저장과 모형운영을 위한 2차 정보의 생성 그리고 모형정보로의 변환과정을 포함한다. 또한 과학적 모형을 통해 분석된 결과와 오염원의 시공간적 변화를 확인할 수 있는 사용자 그래픽 환경을 필요로 한다.

KBASIN-HSPF는 유역과 수체의 수질변화를 모의함에 있어 발생했던 이상의 단점을 해결하기 위해 최근 소프트웨어 기술과 자료 관리기술 그리고 컴퓨터 활용기술을 적극 수용하여, 정보의 질적 보장과 정보전환의 표준화 방안을 제시하는 정보 분석시스템이다. 본 연구의 시스템 개발결과는 다음과 같이 요약된다.

1) 우리나라에 산재 되어 있는 유역 오염유출 해석을 위한 공간·속성정보들의 저장구조를 분석하여 GIS기반의 KBASIN-HSPF모형의 데이터모델을 설계하였다. 설계된 데이터 모델에 준하여 표준유역도, 하천망도, 기상·수위·수질관측지점도, 점오염원위치도 그리고 행정구역도는 Shape파일 형태로 전환하고 토지피복도와 수치지도모형은 Raster 저장구조로, 오염정보와 기상정보 그리고 측정정보들은 DBASE 형태의 데이터베이스로 전환하였다.

2) 표준화된 데이터 모델을 이용하여 KBASIN-HSPF의 DB 구조를 설계하고, GIS 정보전환기능과 공간분석 기능을 활용하여 소유역 분할, 하천망 생성, 소유역 지형특성정보 연산, 하천망 하도 특성정보 생성, Thiessen 강우 분석기능을 수행할 수 있는 AVENUE 기반 인터페이스를 개발하였다.

3) KBASIN-HSPF의 인터페이스는 유역 장기오염유출모형인 HSPF의 물리적인 구조를 형성하고, 나아가 모형 운영정보를 자동 생성하도록 설계하였다. KBASIN-HSPF로부터 생성된 HSPF 운영정보는 소유역별 토지 이용, 지형특성지표, 하천특성지표, 유역분기점-소유역-하천망의 연계정보를 포함한다.

본 연구를 통해 개발된 KBASIN-HSPF는 HSPF모형을 구축하고자 하는 모형 분석가에게 유역이 지니는 특성정보를 자동 연산되도록 지원하는 기능을 수행한다. 이는 기존의 장기간의 시간과 노력을 필요로 했던 모형구축시간을 단축하는 효과와 함께 모형 분석가의 임의성이 배제된 지형정보의 산출을 가능하게 하였다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 건설기술연구원의 수자원 확보 및 최적관리기술 사업 중 통합수자원관리 세부과제인 시공간자료활용기술개발 사업의 지원으로 이루어졌습니다. (1-1-2)

#### 참 고 문 헌

1. 최철관, 이을래, 배덕효, 한건연(2001). 수량 및 수질통합모형의 GUI 시스템 구축, 2001년 한국수자원학회 학술발표회 논문집(II), pp.1032-1037
2. 김경탁, 이홍래, 김동구 (2000). 하천정보의 관리와 활용을 위한 지리정보시스템 개발, 한국수자원학회 논문집, 제33권S1호, pp.961-966.
3. 김경탁, 최윤석, 박동선, 이정일 (2003), Network 컴포넌트 구현을 통한 수자원시스템 개발에 관한 연구, 한국수자원학회 2003 학술발표회논문집(2), pp.951-954.
4. 하성룡, 김주환(1996). 광역상수도 관로노선 및 수도시설의 적지선정 시스템 구축, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.605-610.
5. Bhuyan, S. J., Koelliker, J. K., Marzen, L. J. and Harrington, J. A.(2003). An Integrated Approach for Water Quality Assessment of a Kansas Watershed. Environmental Modelling & Software. Vol. 18. pp. 473 ~ 484.
6. León, L. F., E.D. Soulis, N. Kouwen, G.J. Farquhar,(2001). Nonpoint source pollution: a distributed water quality modeling approach. Water research. Vol. 35. pp. 997 ~ 1007.
7. Mine Albert, Ulker Baknr Ogutveren and Erdem Albek,(2004). Hydrological modeling of Seyyah Suyu watershed(Turkey) with HSPF. Journal of Hydrology. vol. 285. pp. 260 ~ 271.