

HSPF 모델을 적용한 GIS기반의 영산강 유역 수질모의 시스템 개발에 관한 연구

이 성 주* / 김 계 현**+ / 이 철 용*** / 이 건 휘****

A Study on the Development of GIS Based Water Quality Simulation System using HSPF in Basin of Yeong-san River

Sung Joo Lee* / Kye Hyun Kim**+ / Chol Young Lee*** / Geon Hwi Lee****

요지 : 지난 반세기 동안 무분별한 산업 활동으로 인하여 유역환경은 심각하게 훼손되었다. 이를 관리하기 위한 요구는 증대되고 있으나 정량적으로 유역환경을 예측하여 판단하기 위한 시스템은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 유역 환경을 모의하기에 가장 적합한 HSPF(Hydrological Simulation Program-Fortran) 모델을 GIS기반 시스템에 적용하여 영산강 유역에 활용가능한 수질모의 시스템 개발에 관한 연구를 수행하였다. 이를 지원하기 위하여 HSPF 모델 모의에 필요한 입력 및 결과자료와 공간분석을 위한 GIS 공간자료를 수집하였다. 또한 GIS와 수질모델의 연계방안을 비교·분석 후, Loose coupling 연계방안을 적용하여 수질모의 시스템의 주요기능을 모듈단위별로 설계하였다. 최종적으로 설계단계에서 정의된 모듈단위 기능들을 Microsoft사의 VB.NET을 개발언어로 선정하고 ESRI사의 ArcObjects 컴포넌트를 이용하여 시스템을 개발하였다. 본 연구를 통해 개발된 GIS기반 영산강 유역 수질모의 시스템은 영산강 유역환경을 정량적으로 예측할 수 있으며, 문서형식의 모의 결과를 GIS 환경에 표출함으로써 사용자의 공간적 이해도를 높였다. 향후에는 HSPF 모의 결과를 통한 시나리오 수립이 진행되어야하며, 이는 의사결정지원시스템과 연계하여 의사결정자들로 하여금 미래 영산강유역 환경에 대한 진단 및 정책 수립에 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지리정보시스템, HSPF 모델, 느슨한 결합, 수질모의

Abstract : The basin environment has been seriously damaged by reckless development during the past half century. The demand for management in the basin has increased, but the system for prediction and management is not sufficient. Therefore, the aim of this study is to design a GIS-based water quality linkage system using the most suitable simulation, HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran) in this basin of South Korea. To achieve this, data of HSPF model for simulation and GIS data for spatial analysis is collected. And the system applied linkages of the water quality model and GIS such as Loose coupling. Also, the major function of the system was designed as a modular unit. Ultimately, the system is developed using development language of VB.NET from Microsoft and ArcObjects component from ESRI based on design for a module unit. The water quality simulation system can be supported to prediction and management for basin environment of Yeong-San River. In the future study, scenario will be established using the result of HSPF model And will be expected to support to situation of future basin and policy making.

Keywords : GIS, HSPF Model, Loose coupling, Water Quality Simulation

+ Corresponding author : kye Hyun Kim
* 정회원 · 인하대학교 석사과정 · E-mail : leejoo6638@inha.edu
** 정회원 · 인하대학교 교수 · E-mail : kye Hyun Kim
*** 비회원 · 인하대학교 박사과정 · E-mail : khsakura82@inha.ac.kr
**** 정회원 · 인하대학교 석사과정 · E-mail : Oiyu@inha.edu

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

지난 반세기 동안 자연 환경을 고려하지 않은 무분별한 개발은 오염원을 집중시켰고, 이에 따른 배출부하량의 증가는 우리나라 유역환경을 심각하게 훼손시키는 원인이 되었다. 특히 급격한 산업화는 오염원 및 부하량 증가의 결정적 원인이 되었으며, 최근 이슈가 되고 있는 이상기후현상은 수질오염을 특정 장소 및 시기에 집중시키는데 큰 영향을 미치고 있다. 이러한 시대적 흐름은 과거 수질측정 결과에 근거한 소극적인 수질 관리 방식에서 벗어나 장래 유역단위 수질 예측 및 이를 근거한 적극적인 수질 관리 방식 도입의 필요성을 강조하고 있다. 반면, 장래 수질 예측에 의한 적극적인 수질 관리를 지원할 수 있는 시스템 개발 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

유역의 수질문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 유역으로부터 유입되는 오염부하를 제거하여야 한다. 그러나 실제 모든 오염원을 제거함으로써 오염부하의 배출을 차단하는 것은 불가능하다. 따라서 대안으로써 오염물질의 이동특성을 파악하고 이를 근거로 하천 유입량을 최소화하는 방안을 강구하는 것이 필요하다. 수질모델 프로그램은 이러한 목적을 달성하기 위하여 사용될 수 있는 가장 효과적인 도구로써 유역내부 오염물질의 이동을 수치화하여 각종 오염원의 이동과정에서 일어나는 현상을 이해하고 판단하는 것을 지원한다. 즉, 수질모의는 인위적 또는 자연적 조건에 따라 유역의 수질을 평가하는데 가장 합리적인 대안이며, 향후 다양한 관리방안에 따른 수질환경 변화를 정량적으로 예측함으로써 의사결정자들에게 관리방안을 지원하는데 가장 유용한 수단이다.

그러나 수질모델의 모의 결과는 대개 오염원 속성과 위치, 시간 등의 문자나 수치로 도출됨으로써 사용자의 공간적 조회 및 관리가 어려운 문제점이 있다. 이러한 문제점에 대해서 GIS는 관계형 결합(relational join)을 통한 공간 및 속성정보

의 특징을 동시에 반영하여 해결할 수 있다. 이는 수질모델의 모의결과를 GIS 환경에서 공간적 조회 및 관리가 가능하게 함으로써, 앞서 제시된 문제점을 해결할 수 있다. 또한 GIS 기술과 수질모델의 연계를 통하여 고차원적인 분석도 기대할 수 있다는 장점이 있다.

반면에 GIS기반의 수질모의시스템은 영산강 유역의 수질환경을 모의하고 관리하는데 최적의 대안이지만 관련 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 관련 데이터를 수집하고, GIS와 모델간의 연계방안을 비교분석 후 모듈단위의 시스템 설계를 수행하였으며, 최종적으로 설계를 기반으로 GIS기반 영산강 유역 수질모의 시스템을 개발하였다.

1.2 연구목적과 범위

본 연구의 주요 목적은 미래 영산강 유역의 수질환경을 예측하고, 체계적인 관리를 위한 GIS 기반 수질모의 시스템을 개발하는 것이다. 이를 지원하기 위하여 시스템 관련 데이터를 수집하였으며, GIS와 수질모델간의 연계방안을 비교·분석 후 모듈단위 시스템 설계를 수행하였다. 적용 수질모델은 미국 환경보호청(United States Environmental Protection Agency)의 HSPF 모델로 선정하였다. 이는 연구지역의 방대한 면적을 고려하여 HSPF 모델이 계산 속도가 빠른 준 분포형(Semi-distributed) 모델이며, 토지피복도의 토지분류에 따라 모의결과를 산출하므로 연구 목적에 적합하다고 판단하였다. 최종적으로 수행된 설계를 바탕으로 시스템 개발을 진행하였다.

2. 국내외 연구사례

2.1 국내외 연구 사례

이성주 등(2011)은 GIS기반 하구역 통합 DB관리 시스템 구축 방법을 제시하였다. 이 연구에서 해수와 담수가 혼합되는 하구역을 관측한 자료와 GIS 자료를 수집하여 공간 및 속성자료를 구축하

였다. 또한 구축된 자료를 기반으로 하구역의 현 상황을 판단할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이를 토대로 하구역의 체계적인 자료 관리와 정책 제시를 가능하게 하였다.

고재영 등(2007)은 HSPF 모델을 이용하여 농촌유역에서의 점·비점 오염원에 의한 분변성 대장균 모의의 적용성을 평가하였다. 연구대상지역은 경기도 화성시 발안저수지 유역으로 선정하였으며, 대장균 부하량 모의를 위한 검증자료는 실측자료를 활용하여 보정하였다. 연구결과로는 봄(3월~5월), 여름(6월~8월, 가을(9월~11월), 겨울(12월~2월)에 따른 대장균 부하량을 산출하였으며, 갈수기, 홍수기를 비교하여 대장균 부하량은 강우에 의한 유출에 관계가 깊은 것으로 연구결과를 고찰하였다.

정팔진 등(2004)은 ESTRO5 모델을 사용하여 농업용저수지 유역의 수질관리방안을 제시하였다. ESTRO5는 WASP5의 부프로그램 중 하나이며, 일반 수질항목에 대한 도스형 프로그램이므로 모의가 완료된 결과자료(*.edf)를 윈도우상에 표출 할 수 없는 불편함이 있었다. 이를 WASP Builder를 사용하여 입력파일을 연계함으로써 사용자가 원하는 항목에 대해서 표출을 가능하게 하였다. 또한 연구대상지역인 경천저수지의 오염 부하량을 예측하여 상대적인 오염 밀집지역을 산정하였다.

미국의 체사피크만 프로그램은 만으로 유입되는 오염물질을 줄이고 생물체 복원을 목적으로 1983년에 수립되었다. 프로그램에서는 미국 환경보호청, NOAA, 다수의 대학연구소 등이 함께 통합모니터링, 수질모델링을 포함한 과학적인 연구가 진행 중이며, 만으로 유입되는 오염원의 경로 및 체사피크만 지류의 데이터 등을 공간정보로 제공하고 있다. 또한 통합모니터링 및 모델링의 결과를 GIS 시스템과 결합을 통하여 체사피크만의 현 상황 및 미래 상황을 판단해 시민들에게 보도함으로써 지역주민들의 자발적인 참여를 유도하는 등 성공적인 환경관리 사례로 뽑히고 있다.

Paul H. Martin 등(2004)은 내륙 수로 및 유역에

서 갑작스런 사고 및 고의적인 오염물질 유출을 관리하기 위한 SMS(Spill Management Information System) 구축 방안을 제시하였다. 이 시스템은 유입량, 유출량, 모의 관련 정보를 DBMS(Database Management System)에서 관리한 후 모의에 필요한 정보를 GIS기반 시스템 내부에서 수질 및 대기모델과 연계하여 모의를 수행함으로써 사용자에게 내륙 수로 및 유역의 환경에 대한 현실적인 의사결정을 지원한다. 적용된 수질모델은 CE-QUAL-W2이며, 대기 모델은 CAMEO를 사용하였다. 이를 통하여 오염물질 발생지점에 대한 예측이 가능하며 체계적인 관리방안을 마련하였다.

2.2 국내외 연구 사례 고찰

국외에서는 이미 GIS기반 시스템에서 사용자의 사용 목적에 부합하는 모델의 연계를 통하여 수질 관리지역의 예측 및 진단이 가능하였다. 또한 연구 결과를 기반으로 관리 정책을 수립하여 민간에서 자발적인 참여를 유도하였다. 더불어 DBMS를 활용하여 사용자에게 현실적인 의사결정을 지원하는 등 유역의 특색을 고려한 연구가 활발히 진행되고 있었다.

반면, 국내에서 이루어지는 수질모델 연구는 전문가를 대상으로한 시스템이 대부분이며, 수질모델의 모의결과가 문자 형태로 구성되어 사용자의 이해도가 떨어지는 단점이 있었다. 특히 모델의 부프로그램을 사용하여 사용자의 반자동적인 작업을 통해 결과를 표출하는 등의 문제점이 있었다.

따라서 본 연구에서는 GIS기술을 적용하여 시스템 상에서 자동적으로 수질모델을 연계해 미래 유역환경의 신뢰도 높은 예측 및 체계적인 관리를 지원할 수 있는 시스템 개발을 수행하였다.

3. 연구 내용

3.1 연구대상지역

연구대상지역은 영산강 유역으로 선정하였다. 영산강 유역은 영산권역에 속하며, 영산강, 섬진강,



그림 1. 연구대상지역

탐진강 등 3개의 주요수계와 479개의 지방하천으로 이루어져 있다. 또한 유역 내에는 광주, 목포 등 인구가 밀집된 대도시와 전라남도 최대 곡창지대인 나주평야가 위치하고 있어, 유역별로 수질오염의 정도가 다른 특징을 가지고 있다.

이에 본 시스템은 유역 경계를 영산강 본류와

연안의 합류점이 포함된 16개 중권역 규모의 데이터의 세트를 구성하고 세부적으로 139개의 표준유역으로 구성하였다. 이는 16개 유역에 대하여 독립적인 수질 예측이 가능하며, 향후 모의 결과가 하천 및 하구 모델의 입력 자료로 연계가 가능하도록 하기 위함이다.

3.2 데이터베이스 구축

영산강 유역의 미래 상황을 분석하기 위하여 HSPF 모델의 입력 및 결과 자료와 시스템 표출을 위한 도형 데이터를 구축하였다. HSPF 입력 및 결과 데이터는 HSPF 모델 형식에 맞추어 구축하였으며, 사용된 오염원 자료는 환경부에서 제공하는 2010년 점오염원 자료를 활용하였다. 또한 시스템 표출을 위한 도형데이터는 표 1과 같이 구성하였다. 육지지역의 하천은 국토해양부에서 제공하는 국가 및 지방 하천도를 이용하였으며, 도서지역의 하천은 항공사진 및 토지피복도의 수역을 디지털타이징하여 구축하였다. 유역도의 경우 표준유역, 총량단위유역, 유량 및 수질관측소의 위치를 고려하여 생성하였다. DEM의 경우 환경부에서 제공되는 DEM을 사용하였으며, 토지피복도는 농업지역을 논과 밭으로 세분화한 후 대부분류 항목으로 재구성하였다. 토양도 또한 그룹화하여 5개 항목으로 재구성하였다.

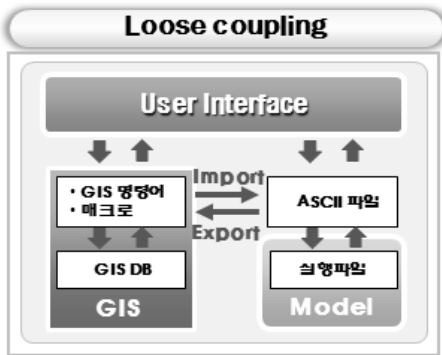
표 1. 도형데이터 구축내역

항목	데이터 형태		3차원 좌표	평면 좌표	제공기관
	형태	피처클래스			
하천도	Shape	Line	GRS 80	TM	국토해양부
유역도	Shape	Polygon	GRS 80	TM	국토해양부
DEM	Raster	Grid	GRS 80	TM	환경부
토지피복도	Shape	Polygon	GRS 80	TM	환경부
토양도	Shape	Polygon	GRS 80	TM	국립농업과학원

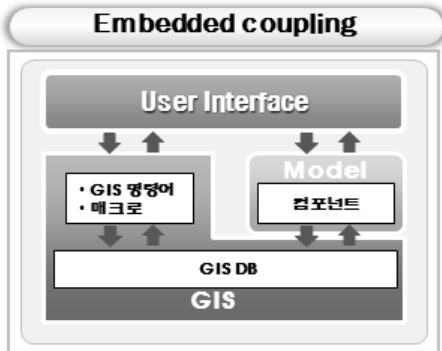
3.3 시스템 설계

3.3.1 연계방안 정의

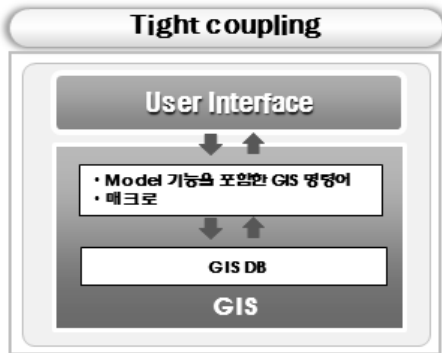
GIS와 수질모델을 연계하는 방법은 그림 2와 같이 Loose coupling, Embedded coupling, Tight coupling과 같이 3가지 형태로 구분될 수 있다.



(a) Loose coupling



(b) Embedded coupling



(c) Tight coupling

그림 2. 수질모의 연계방안

그림 2-(a)와 같은 Loose coupling 방법은 사용자가 시스템 외부에 존재하는 수질모형에서 필요한 데이터만을 GIS 시스템을 이용하여 추출하고, GIS와 수질모형 사이에 ASCII 파일 형태의 공통포맷을 사용하여 데이터를 Export 및 Import 기능을 통해 연계하는 방법이다. 또한 D.Z Sui 등 (1999)에 따르면 Loose coupling 연계방법은 전

세계에서 가장 많이 사용하는 GIS와 모델사이의 안정적인 연계방법이다. 여기서 Export란 최초 시스템 포맷에서 교환포맷으로 변환하는 것을 말하며, Import란 교환포맷에서 최초 시스템 포맷으로 변환하는 것을 말한다. 이 방법은 GIS와 수질모형사이에 사용자가 데이터를 Export 및 Import 시키는 별도의 작업이 요구된다.

관련 연구 사례로는 이철용 등(2012)이 TMDL 지원을 위하여 GIS기반 시스템 내부에서 사용자가 원하는 Input/Output Data를 교환 및 출력하고 모델을 외부에서 실행시켜 오염원 삭감시나리오 작성에 지원을 하는 시스템이 있다.

그림 2-(b)와 같은 Embedded coupling 방법 또한 GIS와 수질모형은 따로 존재한다. 그러나 데이터 교환은 매크로 언어나 C와 같은 언어로 GIS와 수질모형의 공통 인터페이스를 개발하여 연계하는 방법이다. 이 방법은 공통 인터페이스를 사용하여 사용자의 개입이 줄어드는 장점이 있으나, 개발자가 GIS 및 수질모형의 구조에 대한 이해도가 높아야 하며 많은 시간 및 비용이 요구된다는 단점이 있다. 관련 연구 사례로는 김창수 등 (2008)이 HEC-GeoRAS를 이용하여 낙동강 유역의 침수현상을 분석하였다. HEC-GeoRAS는 미공병단이 유량산출을 모의하기 위해 개발한 HEC-RAS모형에서 지형자료를 처리할 수 있도록 ESRI사에서 개발한 ArcGIS 컴포넌트형식의 확장형 모듈이다. 하지만 본 연구에서 적용한 HSPF 모델은 컴포넌트 형식의 확장형 모듈이 존재하지 않는 단점이 있었다.

마지막으로 그림 2-(c)와 같은 Tight coupling 방법은 GIS가 제공하는 매크로 언어나 기타 호환 가능한 언어를 이용하여 기존의 수질모형의 기능을 새롭게 구성해 GIS 내부에 완전히 내장시키는 방법이다. 이 방법은 GIS와 수질모형의 인터페이스 작업에 대한 필요성이 없는 장점이 있지만 GIS 내부에 수질모형을 내장하는 작업에 너무 많은 시간 및 비용이 요구된다. 따라서 이미 적합한 수질 모델이 존재한다면 Loose coupling이나 Embedded coupling 방법을 선택하는 것이 효율적이다. Tight

coupling 연계방법을 적용한 사례로는 김상혁 등 (2008)이 ArcGIS의 VBA(Application of Visual Basic)언어를 사용하여 하수도 및 하천도 등의 복잡한 지형형상을 침수모형에 직접적으로 적용한 사례가 있다. 이 사례에서 적용한 Tight coupling 연계방법은 단순히 침수모형 내부에 하천도 및 하수도만을 결합하였다. 따라서 GIS시스템 내부에 모델기능을 결합하는 기능을 갖는 본 연구와 비교한다면 개발 비용과 시간이 많이 소요된다는 단점이 있었다.

따라서 본 연구에서는 Loose coupling 방법을 채택하여 적용하였다. 이는 전 세계적으로 가장 많이 사용하는 안정적인 연계방법이며, 사용자가 필요한 항목만을 선정하여 수정이 가능하기 때문이다. 또한 익숙한 개발환경에서 모델실행이 가능하다는 장점과 함께 시스템 개발에 소요되는 비용이 가장 적다는 점을 우선적으로 고려하였기 때문이다.

3.3.2 세부 모듈 설계

세부 모듈 설계는 주요 작업절차에 따라 Input Data 조회, 입력자료 수정, HSPF 모델 실행, Output Data 해석, 레이어 표출 단계 순서로 순차적으로 진행하였다(그림 3).

Input Data 조회 단계에서는 HSPF 모델의 입력데이터인 ASCII 형태의 UCI(User Control Input)파일을 읽어온다. 이때, 구분함수를 활용하여 입력데이터의 전체 내용과 시스템 안에서 수정을 해야 할 부분으로 나누어 시스템 내부에 저장한다. 이는 수정가능 항목을 입력창에 표출하여 사용자의 목적에 따라 수정한 후 변환된 UCI파일을 생성하기 위함이다.

입력자료 수정 단계에서는 입력창에 표출된 수정인자를 사용자의 목적에 따라 수정한 후 저장버튼을 통해 변환된 UCI파일을 생성한다. 수정가능 항목은 PERLND 모듈의 유량인자, 수질인자 등을 선정하였다.

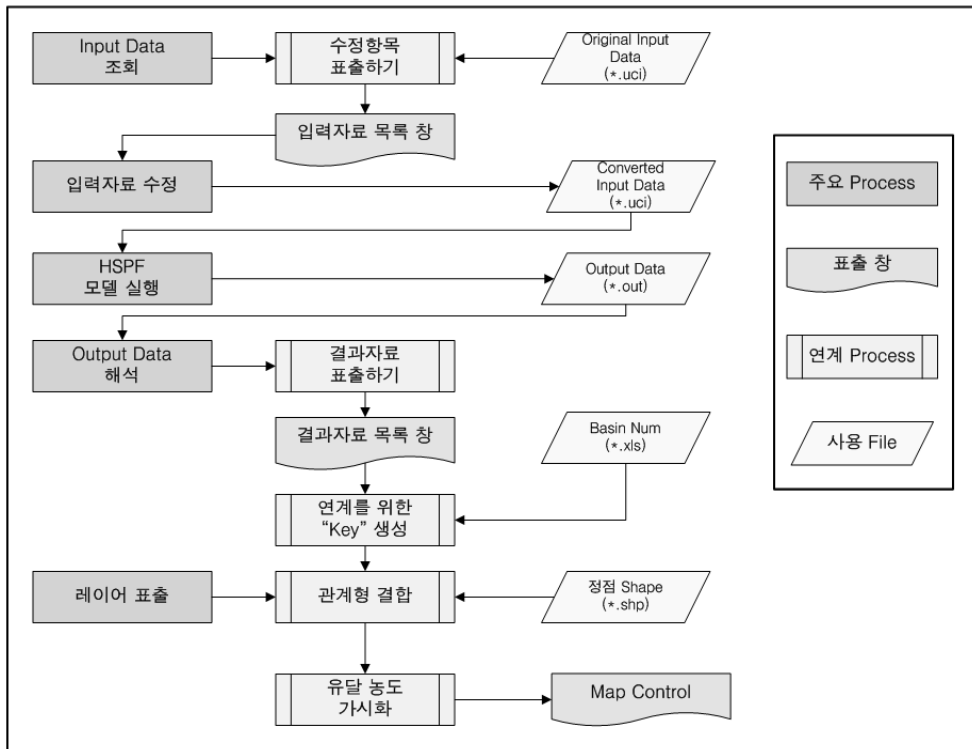


그림 3. HSPF 모델 세부 연계 순서

모델 실행 단계에서는 시스템 외부에서 HSPF 모델을 실행한다. 외부에서 프로그램을 실행할 때에는 일반적으로 비동기식 함수인 Process Start 함수를 사용한다. 하지만 비동기식 함수를 사용하여 16개의 유역을 동시에 실행할 경우 HSPF 모델 구조의 제약에 의하여 오류가 발생한다. 이를 해결하기 위해서는 동기식 실행 함수인 Diagnostics Process 함수를 사용해야한다. 여기서 동기식이란 실행을 완전히 종료한 후 제어권을 반납하는 것을 의미하며, 비동기식이란 실행이 종료되지 않아도 제어권을 반납하는 것을 의미한다.

Output Data 해석 단계에서 모의가 완료된 결과를 시스템의 지도에 표출하기 위해서는 관계형 결합이 필수적이다. 관계형 결합을 진행하기 위해서는 속성데이터와 도형데이터를 연결하는 Key생성이 필요하다. 본 연구에서 관계형 결합을 위해 사용되는 Key는 표준유역별 식별자인 Basin number이다. 하지만 16개의 유역에 대하여 독립적으로 모델이 실행됨에 따라 모델의 모의 결과별 식별자인 Reach number가 중복되어 Basin number로 변환이 어려운 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위해 16개 유역 파일명이 독립적이라는 특징을 이용하여, 파일명과 Reach number를 CK(Composit Key)로 활용하여 모의 결과별 Basin number를 생성하였다(그림 4).

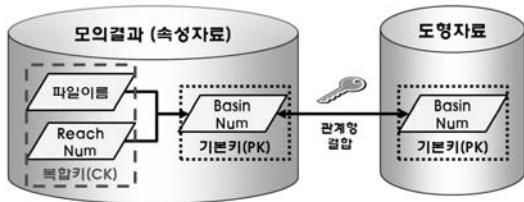


그림 4. 관계형 결합 모식도

레이어 표출 단계에서는 모델 결과에서 유량, T-N, T-P, BOD 등을 포함한 총 11가지 수질 항목을 산출할 수 있다. 이를 히스토그램을 통한 분류방법에 따라 지도기반에 Color Ramp 함수를 사용하여 표출한다. 특히, T-N, T-P, BOD는 환

정부에서 제시된 수질 기준에 맞추어 표출될 수 있도록 설계하였다.

3.4 시스템 개발

3.4.1 시스템 개발환경 정의

GIS기반 수질모의시스템의 개발환경은 기술지원이 용이한 Microsoft사의 Visual Studio VB.NET 2005을 개발언어로 선정하였으며, ArcObjects 9.3.1를 컴포넌트로 사용하였다(그림 5). ArcObjects는 ESRI사에서 제공하는 지리정보시스템에 대한 기능과 인터페이스를 구현할 수 있는 컴포넌트이다. 연계 수질 모델로는 미국 환경보호청의 HSPF 모델을 선정하였다. 마지막으로 모델과 시스템의 연계방식은 앞서 정의한 Loose coupling 방법을 채택하였다.

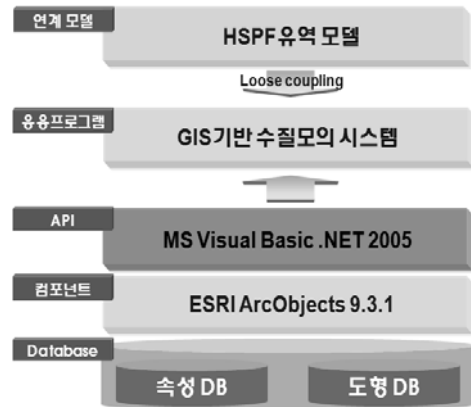


그림 5. 시스템 개발 환경

3.4.2 시스템 GUI

시스템 GUI는 그림 6과 같이 List view, Index map, 메뉴, Map control, 지도조작 영역으로 구성하였다. 메뉴 영역에서는 HSPF 모델 실행기를 호출하여 사용자의 목적에 부합하는 수질모의를 수행할 수 있으며, List view의 레이어를 표출하여 중첩분석이 가능하다. 또한 Map control과 Index map을 동기화하고 간단한 지도조작 기능을 첨부하여 사용자의 편의성을 높였다.

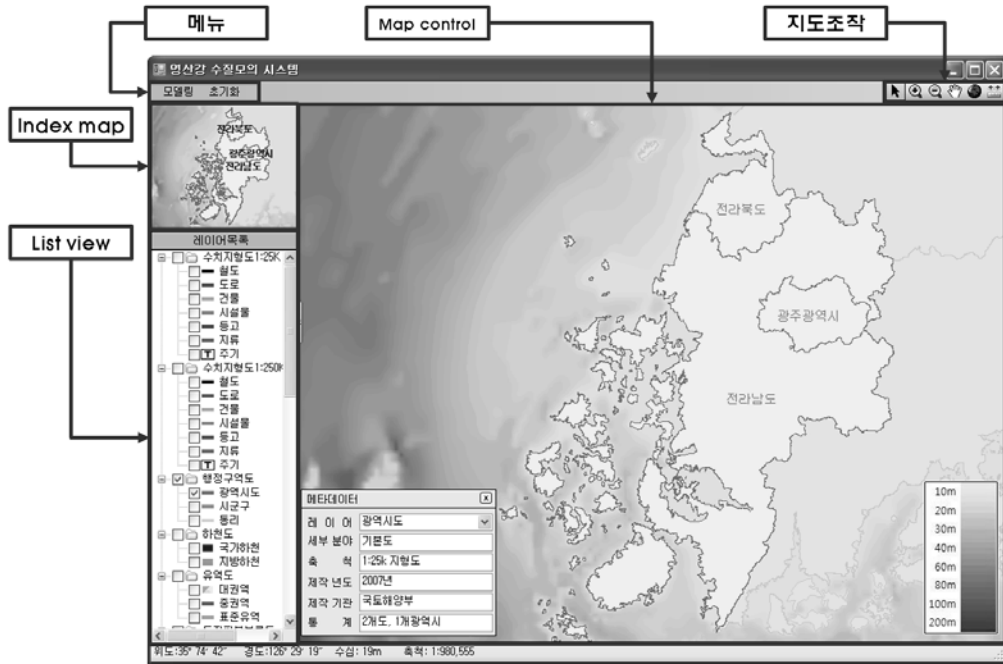


그림 6. 시스템 메인 GUI

3.4.3 시스템 주요 기능

그림 7은 모델의 입력 자료인 UCI파일을 시스템에서 자동적으로 읽어온 후 수정이 가능하도록 입력창에 표출한 화면이다. 사용자는 왼쪽 List view를 통하여 16개 중권역에 대하여 독립적으로 수정이 가능하며 모델 실행 버튼 클릭 시, 동기식 실행 함수를 사용하여 모델이 실행 가능하게 시스템에서 구현하였다. 또한 대상 유역 선택 시 Map control에서 해당 유역이 하이라이트 됨으로써 사용자가 쉽게 유역을 판단할 수 있도록 개발하였다.

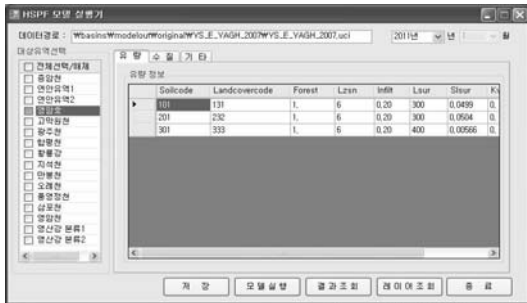


그림 7. HSPF 모델 수정기능

그림 8은 결과 조회 버튼을 클릭 시 문자 및 숫자형태로 해당 유역별 모의 결과를 결과 창에 나타낸 화면이다. 모의 결과는 유량, 수온, Sand, Silt, Clay, BOD, 질산성질소, 인산염인, T-N, T-P 등이며 도서지역의 경우 면적비를 적용하여 모의 결과를 산출하였다. 또한 월별 Combo box를 통하여 해당 월에 대한 모의 결과를 표출가능하게 구현하였다.

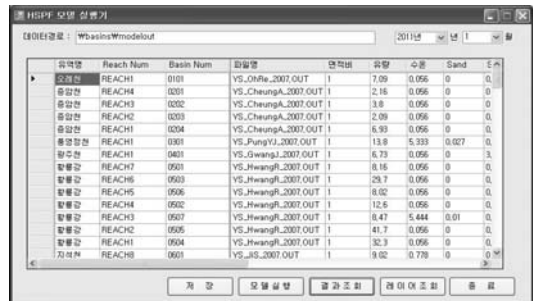


그림 8. HSPF 모델 표출기능(문자)

마지막으로 그림 9는 레이어 조회 버튼을 클릭

하여 유역별 모의 결과를 Color Ramp함수를 통하여 Map control에 표출한 화면이다. Color Ramp에 사용된 색인은 환경부에서 정의한 수질 색인표를 활용하였으며, ArcGIS에서 제공하는 Equal interval, Quantile, Jenks 등의 분류방법을 사용하여 사용자가 원하는 임의값을 시스템에서 표출이 가능하도록 구현하였다. 또한 하천도의 유달 지점에 포인트를 생성하여 모의 결과를 표출함으로써 향후 하천 하구 수질모의의 경계조건 생성 및 입력 자료로도 활용이 가능하도록 구현하였다.

3.5 연구내용에 대한 고찰

본 연구에서는 기존 국내외 연구사례를 분석하여 주요 세 가지 문제점을 도출하였다. 우선, 정팔진 등(2004)이 제시한 수질관리시스템의 경우 사용자가 모델의 부프로그램을 사용하여 반자동적인 수작업을 통해 모의 결과를 표출해야하는 번거로운 수반되었다. 아울러 시스템의 GUI가 전문가를 대상으로 구성되어 전공지식이 부족한 일반 사

용자는 사용상의 어려움이 존재하였다. 마지막으로 고재영 등(2007)의 연구의 경우 모의 결과의 표출은 가능하나, GIS 환경에서 지도위에 도식하거나 다른 주제도의 중첩을 통한 분석은 불가능하다는 단점이 존재 하였다.

이에 본 연구에서는 GIS와 수질모의의 연계 방법 중 Loose coupling방법을 사용하여 시스템과 수질 모델이 자동적으로 입력 및 결과 자료를 연계하여 사용자의 반자동적인 수작업이 필요 없는 시스템을 개발하였다. 또한 사용자가 관심이 있는 항목만을 선정하여 Windows기반에서 수정가능하게 시스템을 개발함으로써 사용자가 쉽게 시스템을 사용할 수 있었다. 더불어 모델의 모의결과를 GIS기반 시스템 환경에서 도형자료와 연계하여 표출하고 다른 주제도와 중첩을 통한 분석이 가능하여 사용자의 공간적 이해도를 높였다. 이를 통하여 GIS와 수질 모델의 연계를 통한 고차원적인 분석이 가능하였다.

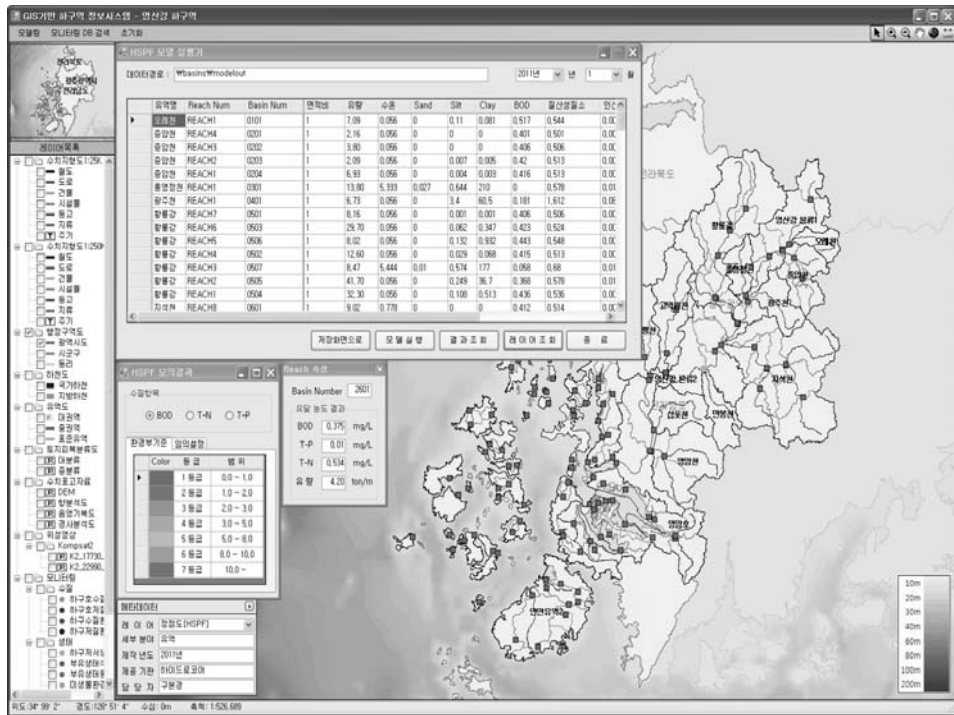


그림 9. HSPF 모델 표출 기능(도형)

영산강 유역을 모의한 결과를 갈수기(12월~4월)와 홍수기(7월~9월)로 분류하여 비교하였다. 홍수기의 경우 유역별 BOD, T-N, T-P의 수질 등급은 1~2등급 사이로 비교적 양호한 수치로 모의되었다. 이는 여름철 집중호우 및 장마로 인하여 유량이 풍부해 수질을 상대적으로 개선하였던 것으로 예상되었다. 하지만 갈수기의 경우 BOD, T-N, T-P의 수질 등급은 3~4등급 사이의 값으로 모의되어 상대적으로 홍수기와 대조됨을 알 수 있었다. 특히 2011년 4월의 영산강 본류 중 황룡

강과 광주천이 만나는 유달 지점(Basin Number: 2301) BOD의 경우 수질 등급에서 5등급에 해당하는 6.188 mg/L로 모의되었다(그림 10). 이는 광주천과 황룡강의 합쳐지는 유달 지점이며, 갈수기의 가뭄현상에 기인하여 유량이 감소되어 나타난 결과로 예측되었다. 따라서 광주천 및 황룡강의 오염삭감에 대한 관리가 시급하며 나아가 환경기초시설의 선정의 선정 근거로 제시될 수 있음을 확인할 수 있었다.

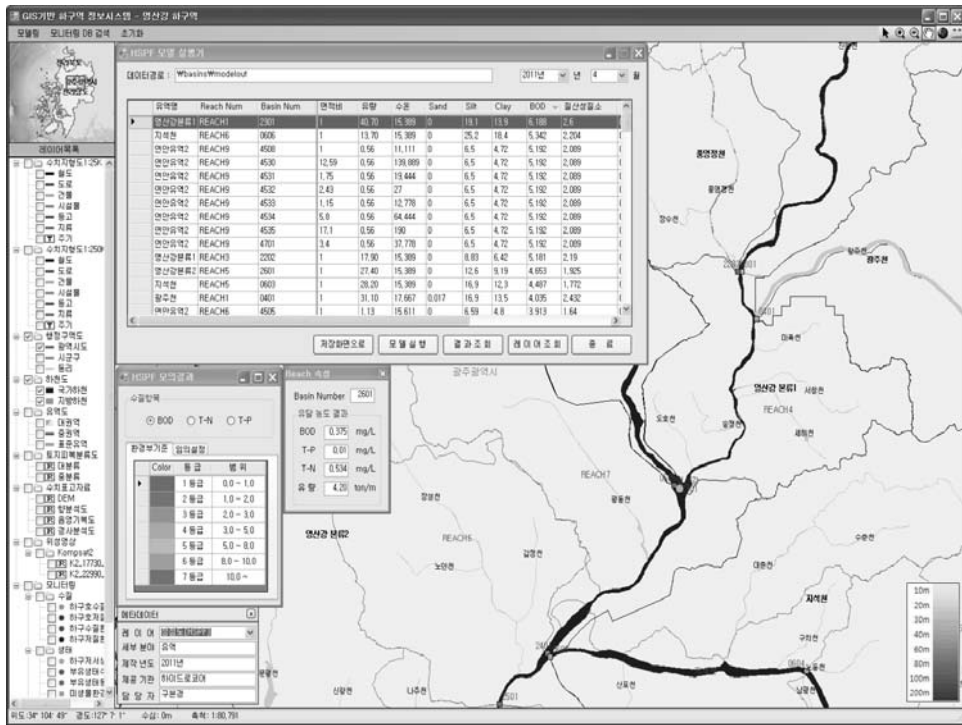


그림 10. HSPF 모델 모의 결과 적용

하지만 현재 개발된 GIS기반 수질모의시스템은 HSPF모델을 사용하여 유역환경만을 모의하는 한계점이 존재하였다. 영산강 권역을 일원적으로 모의하려면 하천 및 연안에 대한 수질모의가 필수적이다. 이를 해결하기 위해서는 향후 HSPF 모델의 모의결과 지점을 합류점으로 사용하여 EFDC 또는 QUAL2E 등의 하천 및 연안 수질모델과 연계가 가능한 GIS기반 통합 수질모의 시스템이 필요하다.

나아가 현재 구축된 시스템에서 고차원적인 공간분석기능 및 영산강 권역 수질 관리를 위한 시나리오를 작성하여 사용자에게 현실적인 대안을 제시하는 GIS기반 의사결정지원시스템이 개발되어야 한다. 이를 위해서는 지속적인 모델 입력 및 결과 자료의 갱신이 필요하며 GIS 기반의 분석기법에 대한 추가적 연구가 수행되어야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 영산강 유역의 수질변화를 예측함으로써 체계적인 관리가 가능한 수질모의 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 관련 자료를 수집하였으며, Loose coupling, Tight coupling, Embedded coupling의 연계방안을 비교분석하여 시스템에 적용하였다. 또한 적용된 연계방안을 통하여 Input data 읽어오기, 입력자료 수정, HSPF 모델 실행, Output data 해석, 레이어 표출 등 5 가지 모듈단위를 수립하여 순차적으로 시스템 설계를 수행하였다. 최종적으로 수행된 설계를 바탕으로 시스템을 개발하였으며, 사용자의 효율적인 작업환경을 고려하여 시스템 개발 환경 및 GUI를 구성하였다.

영산강 수질모의시스템이 개발됨에 따라 신뢰도 높은 미래 영산강 유역의 수질환경 예측이 가능할 것으로 사료된다. 아울러 GIS기반 수질모의 시스템과의 연계를 통하여 영산강 유역환경 연구에 활용하면 시너지 효과도 커질 것으로 판단된다. 또한 영산강 유역 수질모의 시스템은 기존의 문서형식의 모델 자료를 GIS기반 시스템 환경에서 표출함으로써 데이터 간의 상호이해도를 높이며 중첩 분석을 통한 공간적 상관관계나 패턴 분석이 가능하리라 예측된다.

감사의 글

이 논문은 국토해양부 해양환경기술개발사업의 일환인 “하구역 종합 관리시스템 개발연구(No. 20100051)”의 지원과 공간정보 전문 인력 양성 사업의 지원 및 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

1) Brian R. Bicknell, John C. Imhoff, John L. Kittle Jr. Thomas H. Jobses, Anthony S. Donigian JR, HSPF Version 12 User's

Manual, EPA, 2001

2) D.Z Sui, R.C. Maggio, "Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects", Computers, Environment and Urban Systems, Volume 23, pp 33-51, 1999

3) Paul H. Martin, Eugene J. LeBoeuf, Edsel B. Daniel, James P. Dobbins, Mark D. Abkowitz, "Development of a GIS-based Spill Management Information System", Journal of Hazardous Materials, Volume B112, pp 239-252, 2004

4) ESRI, "Introduction to Programming ArcObjects Using the Microsoft .NET Framework", 2010

5) Chesapeake Bay Program
http://www.chesapeakebay.net

6) 고재영, 장태일, 박승우, “HSPF 모형을 이용한 농촌 유역에서의 대장균 모의”, 대한토목학회, 제 27권, 제 3B호, pp 371-378, 2007

7) 김상혁, 최종인, “Tight GIS결합형 침수 모형에 관한 연구”, 2008 대한토목학회 정기학술대회, 2008

8) 김창수, 김종순, 이영대, “HEC-GeoRas를 이용한 서낙동강유역의 침수현상 분석”, 2008 대한토목학회 정기학술대회, 2008

9) 이성주, 김계현, 서정택, “영산강 하구역 생태·환경 관리를 위한 GIS기반의 통합 DB관리시스템 개발”, 한국습지학회, 제 13권, 제 3호, pp 593-602, 2011

10) 이철용, 김계현, “한강과 경기만 지역 GIS 기반 통합수질모의 시스템 개발”, 한국공간정보시스템학회, 제 10권, 제 4호, pp 77-88, 2008

11) 이철용, 김계현, 이혁, 유광현, “TMDL 지원을 위한 QUAL2E 모델을 이용한 GIS기반의 삭감시나리오 작성 지원시스템 개발에 관한 연구”, 대한환경공학학회지, 제 34권, 제 3호, pp 177-188, 2012

- 12) 정팔진, 고흥석, 현미희, 이은주, “WASP5 & WASP Builder을 이용한 농업용저수지 구역의 수질관리”, 한국물환경학회, 제 20권, 제 5호, pp 422-431, 2004
 - 13) 허천우, “GIS와 해수유동모델과의 연계에 관한 연구”, 석사학위 논문, 인하대학교, 2002
 - 14) 김계현, “GIS 개론”, 문운당, 2011
 - 15) 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)
<http://wamis.go.kr>
 - 16) 국토지리정보원 <http://ngii.go.kr>
 - 17) 환경부 공간정보서비스 <http://egis.me.go.kr>
 - 18) 환경부 물환경정보시스템
<http://water.nier.go.kr>
- 논문접수일 : 2012년 07월 13일
○ 심사의뢰일 : 2012년 07월 19일
○ 심사완료일 : 2012년 10월 31일