

NGIS자료와 연계한 수질모의 결과의 자동보정

Auto Calibration of Water Quality Modeling Using NGIS

한건연*, 이창희**, 김강모***

Kun Yeun Han, Chang Hee Lee, Kang Mo Kim

Abstract

The current industrial development and the increase of population along Nakdong River have produced a rapid increase of wastewater discharge. This has resulted in problem of water quality control and management. Although many efforts have been carried out, water quality has not significantly improved.

The goal of this study is to design a NGIS-based water quality management system for the scientific water quality control and management in the Nakdong River. For general water quality analysis, QULA2E model was applied to the Nakdong River. A sensitivity analysis was made to determine significant parameters and an optimization was made to estimate optimal values. The calibration and verification were performed by using observed water quality data for Nakdong River.

A water quality management system for Nakdong River was made by connecting the QUAL2E model to ArcView. It allows a Windows-based Graphic User Interface(GUI) to implement all operation with regard to water quality analysis. The modeling system in this study will be an efficient NGIS for planning of water quality management.

Key words: QULA2E model, Sensitivity analysis, Calibration, Verification, Graphic User Interface(GUI)

1. 서론

본 연구에서는 우선, QUAL2E모형과 GIS와의 연계를 실시하였다. GUI를 통해 입력자료 구축을 위한 메뉴, 모형의 보정 수행을 위한 메뉴, 계산 결과 도시를 위한 메뉴를 구축하여, 수질해석 프로그램의 입력 자료 작성 및 해석결과의 가시적인 출력이 가능하도록 하여 실무 종사자가 쉽게 모형 활용을 가능하도록 구성하였고, 모의결과를 통한 수질오염지도를 작성을 간편하게 할 수 있도록 하였다. 두 번째는 수질모형 보정·검증과정을 자동화 하는 방안을 모색하였다. 이를 위해 사용자 편의의 모형의 보정·검증과정을 위해 전문가시스템에 의한 매개변수 추론전략을 확립하였는데, 우선 매개변수들을 중심으로 해석 결과값에 미치는 영향을 분석하는 민감도 분석을 실시하여, 모형의 적용결과에 미치는 각 매개변수들의 중요성을 체계적으로 검토하였다.

2. QUAL2E 모형의 보정 및 검증

하천의 수질예측을 위한 수질모형의 이용에 있어서 매개변수의 결정은 현장 조사를 통해서 산출하고 검토하여 적정 값을 사용하여야 한다. 그러나 실험을 통한 모든 매개변수의 결정은 불가능할 뿐만 아니라 많은 시간과 노력을 필요로 하며 또한 많은 오차가 포함될 가능성이 크다고 할 수 있다. 일반적으로 많은 수질항

1) 정회원·경북대학교 토목공학과 교수·E-mail : kshanj@knu.ac.kr
** 정회원·경북대학교 토목공학과 박사과정·E-mail : lch9375039@hotmail.com
*** 경북대학교 토목공학과 석사과정·E-mail : asc19kim@hotmail.com

목 및 반응계수를 포함하는 복잡한 수질모형에서의 매개변수 추정은 실측치와 모형에 의한 계산치의 차이가 최소가 될 때까지 반복하는 방법과 같은 주로 경험에 의한 시행착오법에 의존하고 있는 실정이며 그림 1은 이러한 모형의 보정과 검증과정을 나타내고 있다. 모형의 보정은 모의 결과의 신뢰도를 향상시키기 위하여 하천에서의 실측치를 오차가 없는 기준 수질로 가정하고, 수질모의 결과치에 영향을 주는 반응계수를 포함한 수질영향인자를 조정하여 자연현상과 수학적 해석간의 차이를 최소화시키는 작업이다.

본 연구에서 사용된 QUAL2E 수질모형과 관련된 수질매개변수들이 결과값에 미치는 영향을 분석하기 위하여 민감도 분석을 실시하였다. 일반적으로 민감도 분석은 모형의 적용결과에 미치는 각 매개변수들의 중요성을 체계적으로 파악하려는 과정으로서 각 매개변수들을 적용범위내에서 변화시키면서 관측값과 모의값을 근사시키기 위한 시도를 반복적으로 수행한다.

수질매개변수의 추정을 위하여 우선 각 매개변수의 범위를 설정하였으며, 이는 QUAL2E 사용자 지침서 (Brown과 Barnwell, 1987)와 각종 하천특성 보고서에서 조사한 매개변수값들의 범위를 참조하였다. 이와 같은 범위로부터 상한치와 하한치를 산술평균하여 각 매개변수의 기준치로 계산하였다.

대상유역은 수리학적 특성이 급격히 변하는 남강 유입지점을 기준으로 왜관에서 남지, 남지에서 낙동강 하구연 두 부분으로 구분하여 민감도 분석을 실시하였다. 그림 2~3은 DO와 BOD에 대한 민감도 분석 결과이다.

한편, 수질매개변수 가운데 매개변수의 중요도 순위를 결정하고 중요한 매개변수를 구분하기 위해 모의 수질농도에 대한 각 매개변수가 미치는 기여도를 계산하였다. 표 1은 민감도 분석 결과를 이용하여 산출된 기여도를 나타내고 있으며 그 과정은 다음과 같다. 입력매개변수의 평균과 표준편차를 계산하고 그 후 각 입력매개변수에 대한 출력의 민감도를 구하여 식 (1)에 의해 오염물질의 분산을 계산하였다. 마지막으로 전체 분산에 대해 각 분산의 백분율을 기초로 하여 기여도를 산출하였다.

$$Var(Y_j) = \sum Var(X_i) \times \left(\frac{\Delta Y_j}{\Delta X_i}\right)^2 \quad (1)$$

여기서, $Var(Y_j)$ = 출력변수 Y_j 의 분산, $Var(X_i)$ = 입력변수 X_i 의 분산이다. 식 (1)에서와 같이 각 항은 입력변수 X_i 에 의하여 기여된 출력변수 Y_j 의 분산성분이다. 출력분산 성분인 $Var(Y_j)$ 는 입력에 대한 모형출력의 민감도인 $(\Delta Y_j/\Delta X_i)^2$ 에 의해서 입력분산 $Var(X_i)$ 의 가중치를 나타내고 있다. 이러한 절차를 통해서 구해진 기여도는 table 1과 같으며 이를 매개변수의 개선을 위한 가중치로 활용함으로써 수렴 조건의 횟수와 계산수렴시간을 줄이도록 하였다.

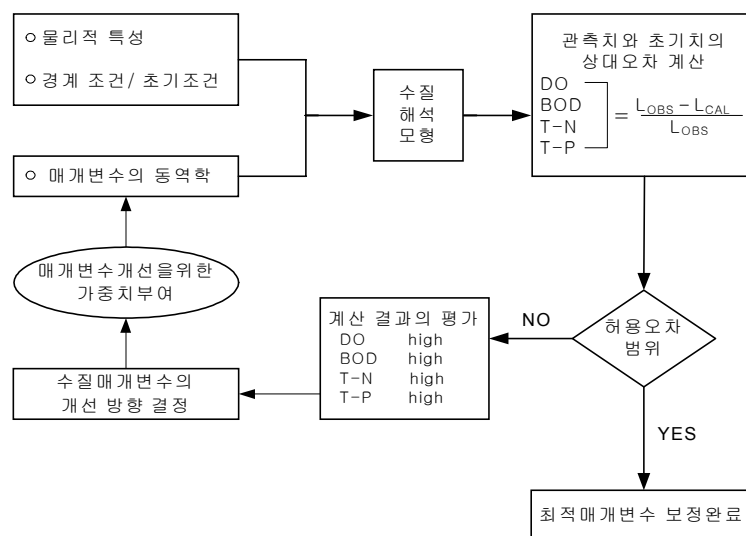
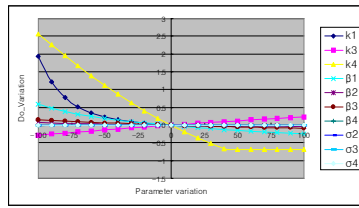
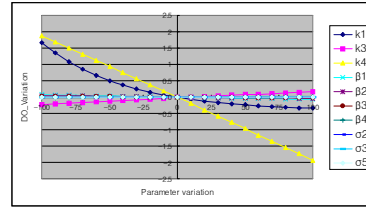


그림 1. 수질모형의 보정 및 검증과정

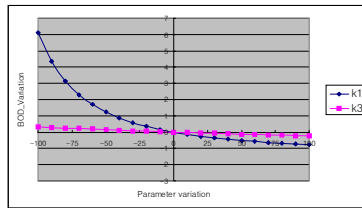


(a) 왜관~남지 구간

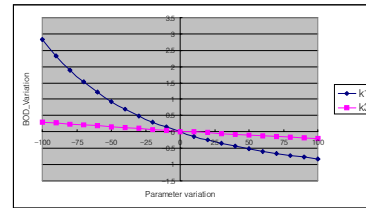


(b) 남지~낙동강 하구연 구간

그림 2. DO에 대한 민감도 분석



(a) 왜관~남지 구간



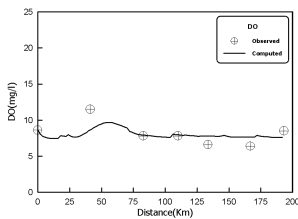
(b) 남지~낙동강 하구연 구간

그림 3. BOD에 대한 민감도 분석

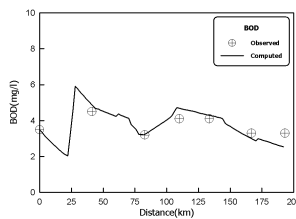
표 1. 입력 매개변수의 출력변수에 대한 기여도 계산

	DO	BOD	Org-N	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Org-P	Dis-P
K_1	22.397	68.912	-	4.343	0.333	4.015	-	-
K_3	21.749	40.780	-	19.031	7.801	10.638	-	-
K_4	69.384	-	-	15.327	11.645	3.644	-	-
β_1	38.932	-	-	30.573	9.481	21.014	-	-
β_2	7.216	-	-	3.299	46.460	43.024	-	-
β_3	19.831	-	39.662	28.059	7.489	4.958	-	-
β_4	10.870	-	-	8.696	-	4.348	40.580	35.507
σ_2	20.000	-	-	50.000	-	-	-	30.000
σ_3	30.769	-	-	46.154	23.077	-	-	-
σ_4	1.724	-	63.793	20.690	6.897	6.897	-	-
σ_5	15.385	-	-	-	-	-	61.538	23.077

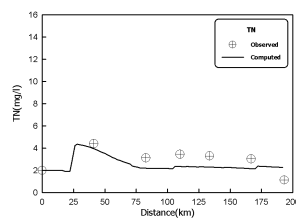
위 결과를 토대로 실제 유역에 적용하여 DO, BOD, T-N, T-P에 대한 보정 결과는 그림 4와 같다.



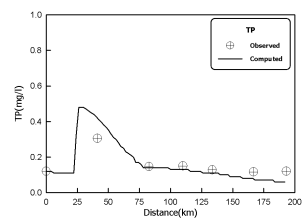
(a) DO



(b) BOD



(c) T-N



(d) T-P

그림 4. 모형의 보정 결과 (2001년 4월)

3. 적용모형에 대한 GUI 개발

본 연구에서는 NGIS자료를 ArcView에 이용한 하천 수질관리시스템을 개발하였고, 이를 실제 하천에 적용함으로써 체계적인 입·출력 처리와 가시화된 결과 제시가 가능하도록 구성하였다. 그림 5는 본 연구에서 개

발한 하천수질 모형을 위한 GUI 설계를 나타낸다. 수질모형인 QUAL2E와 GIS와의 연계는 그림 6과 같이 ArcView의 Avenue를 이용하여 구성하였고 QUAL2E에서의 지형자료를 포함한 복잡한 입력과정, 모의과정, 매개변수 산정과정, 출력과정 등을 Avenue를 통해 일괄 처리함으로써 사용자 편의기능을 가지도록 구성하였고 2차원 및 3차원으로 가시화할 수 있도록 구성하였다.

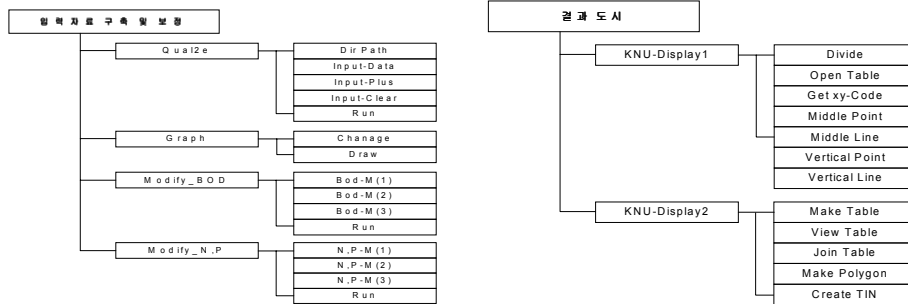


그림 5. 하천수질 모형을 위한 GUI 설계

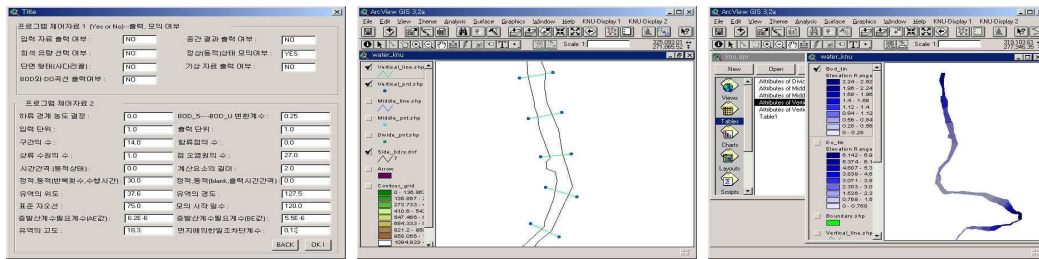


그림 6. ArcView/QUAL2E 입력자료 구축과 결과 도시

4. 결론

본 연구를 통해 기존의 QUAL2E 모형에서 GIS 적용성을 검토하였고, 수질모델링의 분석자료 표준화 및 HydroInfomatics의 기술확립을 위한 기초자료를 구현함으로써 1차원 하천수질해석에서의 시·공간자료 분석에 있어 NGIS 자료의 활용방안을 제시하고자 한다. 또한, 향후 수질관련 D/B와 연계함으로써 可視化 된 실제상황을 재현할 수 있도록 구성하고, 이를 통해서 오염물 총량규제를 위한 낙동강 유역의 최적 수질관리시스템을 구축하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학기술부 수자원의 지속적 확보기술개발사업의 시·공간자료 활용기술개발 과제(1-2-1)의 지원으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 한건연, 김상호, 배덕효 (2000). "GIS와 연계한 하천에서의 2차원 수질관리모형의 개발." 대한토목학회논문집, 제20권, 제5-D호, pp. 593-601.
2. 한건연, 박재홍, 이을래. (2001) "GIS와 연계한 한강 하류부에서의 동수역학적 수치모형의 개발." 한국수지원학회논문집, 제34권, 제2호, pp. 107-118.
3. 한건연등, "수공학익삼교재-하천, 호소 수질예측모형", 한국수자원학회, 1999.
4. Han, Kun-Yeun, Kim, Sang-Ho, and Bae, Deg-Hyo (2001) "A Stochastic Water Quality Analysis Using Reliability Methods", *J. of American Water Resources Association*, Vol.37, No.3, pp.695-708.