

# Web기반 통계형 수질예측 모형 구축을 위한 기초연구

안상진\* · 유병로\*\* · 연기석\*\* ○전계원\*\*\*

## 1. 서 론

도시화, 산업화가 가속화됨에 따라 수자원의 양적 배분문제와 더불어 수자원의 질적 문제가 대두되고 있다. 그 동안 수질관리 형태를 살펴보면 각종 환경 및 수자원 계획시 짧은 기간동안 수질 개선효과가 큰 하수처리장, 분뇨처리장 등 계획을 위하여 단기간의 수질예측 기법인 확률론적 방법이 주로 사용되어 왔다. 그러나 최근들어 환경관리 전문가시스템이나 의사결정 지원시스템 등에서는 확률론적 방법이 활발히 적용되고 있으며, 수질 및 수자원의 효율적 운영이나 계획, 설계 등을 위해서는 장기간의 월수질 및 수문자료에 대한 정확한 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 통계형 모형의 일종인 상태공간 모형과 지능형 모형인 신경망 모형을 이용하여 금강유역 중하류부에 위치한 공주, 부여 지역의 수질 예측을 수행하고 편리한 사용자 인터페이스 및 대규모 멀티미디어 정보 서비스 제공으로 인하여 현재 사용자가 폭발적으로 증가되고 있는 web 상에서 D/B를 구축하고 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 web 기반 수질예측 모형을 구축하는 것이 본 연구의 최종 목표이다. 이를 위해 1단계 연구로 대상유역인 공주 및 부여지점에 적합한 수질예측 모형을 선정하는 연구에 중점을 두었다.

## 2. 대상유역 및 자료

본 연구의 대상유역인 금강 본류의 공주지점 및 부여지점으로 유역면적은 각각 7531.2km<sup>2</sup>와 8261.2km<sup>2</sup>이며 그림 1은 대상유역을 나타내고 있다.

월 수질 예측을 위해 선택된 수질자료는 금강 중·하류부에 위치한 공주시 취수지점과 부여군 취수지점의 수질자료를 사용하였으며, 공주지점 및 부여지점의 12년간 관측된 월 평균 수질자료를 분석하여 D/B로 구축하여 사용하였다. 선택된 월 수질자료는 1991년 1월부터 2000년 12월 자료까지 자료를 예측을 위한 모형의 모수산정 및 학습자료로 사용하였고 2001년 1월부터 2001년 12월까지의 자료는 모형의 예측치와 비교하기 위한 검증자료로 사용하였다. 그림 2는 수집된 BOD 및 DO 자료를 나타내고 있다. 또한 표 1은 공주 및 부여지점 수질자료의 기초통계량을 나타내고 있다. 기초통계량 분석에서 알 수 있듯이 공주지역 BOD 농도 변화는 최대, 최소 일때 각각 6.2mg/l, 1.5mg/l로 분석되었고 DO 농도 변화는 최대 14.10mg/l, 최소 6.1mg/l를 나타내었으며 변동계수는 0.17를 나타내었다. 부여지역의 경우는 BOD의 최대 및 최소 농도는 6.8 mg/l, 1.4mg/l를 나타내었으며 이때 변동계수는 0.31로 분석되었다.

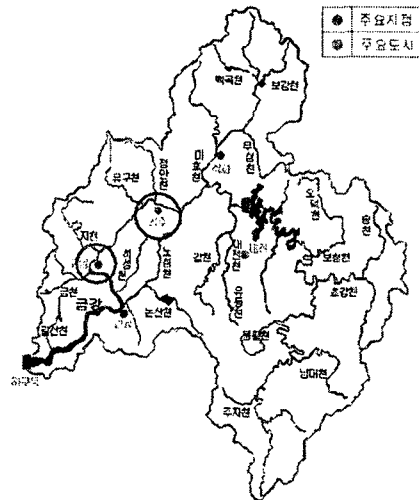
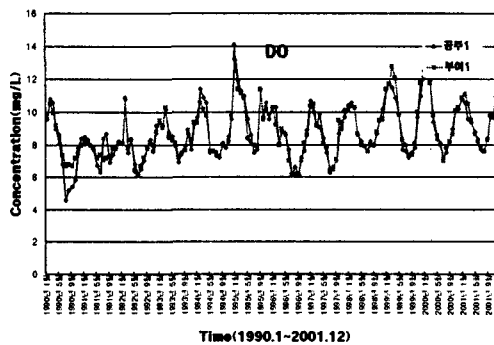
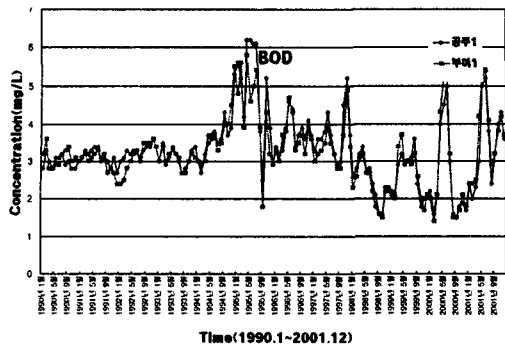


그림 1. 대상유역의 위치도

\* 정회원, 충북대학교 공과대학 교수  
 \*\* 정회원, 한밭대학교 토목·환경·도시공학부 교수  
 \*\*\* 정회원, 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정수료



구분	지점	최대	최소	평균	표준편차	변동계수
수온	공주1	30.00	2.00	15.41	7.91	0.51
	부여1	29.00	1.00	15.51	8.16	0.53
DO	공주1	14.10	6.10	9.07	1.58	0.17
	부여1	13.20	6.10	9.06	1.56	0.17
BOD	공주1	6.20	1.50	3.36	1.07	0.32
	부여1	5.80	1.40	3.28	1.01	0.31

구분	지점	최대	최소	평균	표준편차	변동계수
SS	공주1	77.80	2.00	13.43	9.72	0.72
	부여1	74.80	3.20	14.39	11.60	0.81
T-N	공주1	7.27	1.16	4.04	1.25	0.31
	부여1	6.90	0.93	3.91	1.17	0.30
T-P	공주1	0.46	0.04	0.15	0.08	0.51
	부여1	0.60	0.01	0.15	0.10	0.67

### 3. Web 기반 구축을 위한 기본모형 선정

Web 기반 모형을 구축하기 전에 본 연구에서는 1단계 연구인 상태공간 모형과 신경망 모형의 신뢰성 검증 및 예측시스템의 구축 가능성에 대한 검토를 수행하였다.

#### 3.1 모형의 구성

수질예측 모형을 구성하기 위해 시계열 형태로 구성된 공주, 부여 지점의 월 수질 자료를 사용하여 각 수질 항목별 상관분석, 교차상관분석을 하여 표 2와 같이 입력 및 출력자료를 구성하였다.

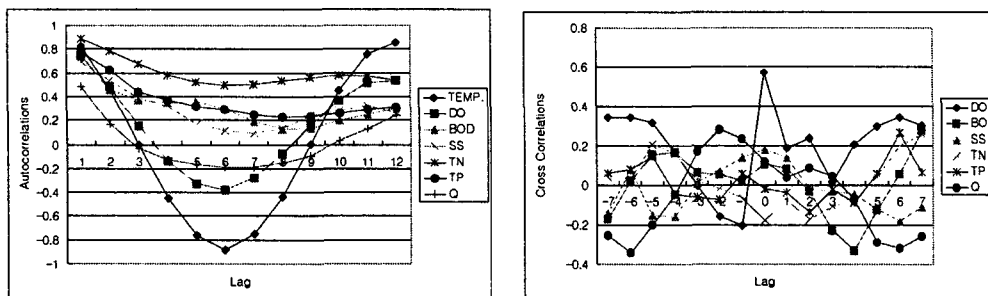


그림 3 공주지점의 수질항목별 상관, 교차상관 관계 분석

출력자료에 대한 입력자료의 지체시간에 따른 항목별 상관관계는 수질 항목별로 차이는 있으나 대부분 공주지점의 1개월 전의 자료가 현재의 공주지점의 자료와 가장 높은 상관관계를 보였으며 Lag-1에서 수온은 0.82, DO와 BOD는 0.75와 0.74를 나타냈으며 SS 0.69, 유량 0.49, TN과 TP는 0.88과 0.77로 나타났다. 특히 수온과 DO는 12개월의 뚜렷한 주기성을 가지고 있음을 알 수 있고 BOD와 TN, TP 등은 일정한 특성은 있으나 지체시간이 증가할수록 낮은 상관관계를 나타냈다.

표2 수질 예측을 위한 신경망 모형의 구성

항목	모형	입력층 노드수	은닉층 노드수	입력자료	출력자료
수온	MANN	1	2	$TEMP_t$	$TEMP_{t+1}$
		2	4	$TEMP_t, DO_t$	$TEMP_{t+1}$
DO	MANN	1	2	$DO_t$	$DO_{t+1}$
		2	4	$DO_t, TEMP_t$	$DO_{t+1}$
BOD	MANN	1	2	$BOD_t$	$BOD_{t+1}$
		2	4	$BOD_t, Q_t$	$BOD_{t+1}$
SS	MANN	1	2	$SS_t$	$SS_{t+1}$
		2	4	$SS_t, SS_{t-1}$	$SS_{t+1}$
TN	MANN	1	2	$TN_t$	$TN_{t+1}$
		2	4	$TN_t, TN_{t-1}$	$TN_{t+1}$
TP	MANN	1	2	$TP_t$	$TP_{t+1}$
		2	4	$TP_t, TP_{t-1}$	$TP_{t+1}$

시계열 형태로 구성된 수질예측 신경망 모형은 월 수질 자료를 이용하여 학습하고 예측하도록 되어있으며 시계열자료 분석결과에 따라  $t, t-1$  시점의 자료를 입력자료로 사용하여 향후  $t+1$  시점의 수질을 예측하도록 구성하였다.

### 3.2 모형의 적용

수질예측을 위해 구성된 신경망 모형과 상태공간 모형은 상관성이 비교적 크게 유지된다고 판단되는 1개월 예측을 고려하였으며 1990년 1월부터 2000년 12월까지의 자료를 적용한 신경망모형에 의한 학습결과는 그림 4~5에 나타내었다.

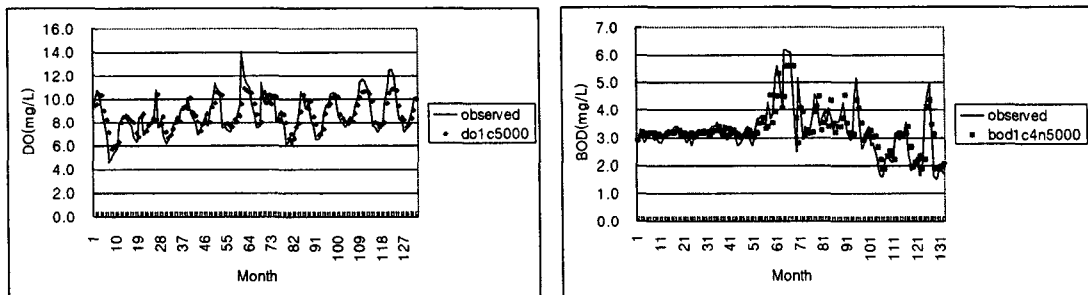


그림 4 신경망 모형에 의한 공주 지점의 DO, BOD 학습결과

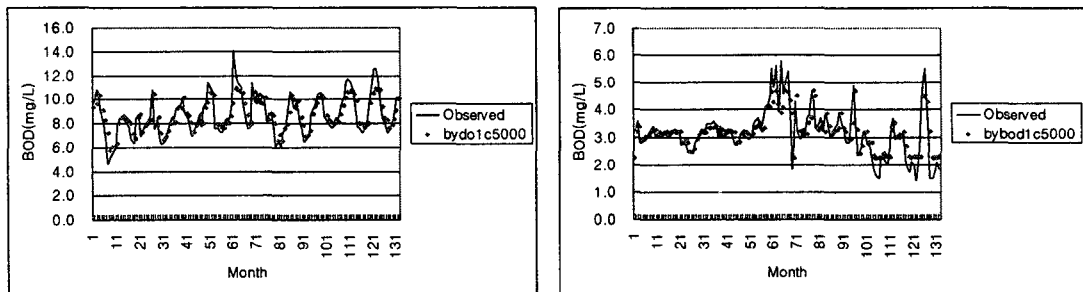


그림 5 신경망 모형에 의한 부여 지점의 DO, BOD 학습결과

각 지점의 수질항목별 학습에 의해 결정된 신경망 모형을 이용하여 2001년 1월부터 2001년 12월까지의 수질

을 예측하였다. 각 지점별 항목별 예측결과는 그림 6~7에 나타내었다.

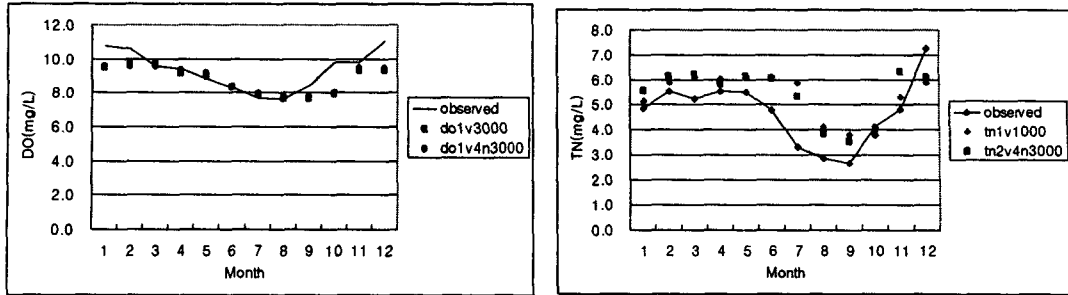


그림 6 공주지점의 모형별 DO, TN 예측 결과

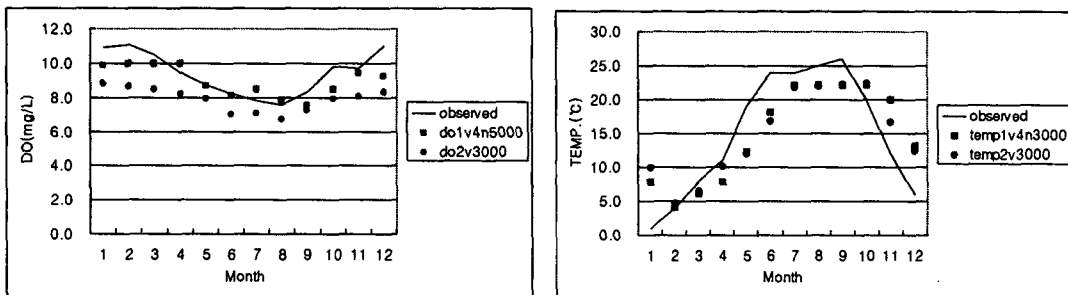


그림 7 부여지점의 모형별 DO, 수온 예측 결과

#### 4. 결과 및 논의

본 연구에서는 Web 상에서 통계형 수질예측 모형을 구축하기 위해 기초단계로 상태공간 모형과 신경망 모형의 입력자료 구성과 수질항목별 예측능력을 검증하였다. 수질예측 결과 신경망의 경우 학습회수와 은닉층의 수에 따라 예측능력이 변화를 나타냈으며 은닉층 노드수는 입력노드수(N)와 비교시 4N이상 증가시키면 오히려 예측치가 과다 추정되는 것으로 분석되었다. 따라서 앞으로 1단계에서 얻은 연구결과를 충분히 검토하여 2단계 연구에서는 Web 상에서 사용자가 쉽게 접근할 수 있는 화면출력 형태 및 입력 및 출력데이터의 표시형태를 결정하고 서버의 형태 결정시 사용자의 동시접속 가능 수 등을 고려하여 수질예측에 적합한 Web 기반 모형을 구축하는 연구가 진행될 것이다. 또한 사용자가 Web 상에서 구동 가능한 형태로 입력 및 출력데이터의 형태를 결정한 후 구축된 기본 데이터베이스를 이용하여 사용자가 Web 상에서 언제나 미래의 수질을 예측할 수 있도록 기본틀을 만들고 그 적용 가능성을 검토할 것이다.

#### 5. 참고문헌

1. 안상진, 연인성, 한양수, 이재경 (2001) 신경망 모형을 적용한 금강 공주지점의 수질예측, 한국수자원학회 논문집, 제34권, 제6호, 한국수자원 학회
2. 안상진, 전계원, 함창학, 한양수 (2001) ANFIS를 이용한 용존산소의 예측, 대한토목학회 학술발표회논문집, 대한토목학회.
3. 문현생 (2001) 웹 기반의 모형과 지리정보시스템을 이용한 통합적 수환경 관리기법, 박사학위논문, 강원대학교
4. Haykin, S., 1999, "Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition", Prentice Hall, pp. 1~317.
5. J.-S. R. Jang, C.-T. Sun, E. Mizutani, 1997, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall