

신경망을 이용한 달천의 수질예측 시스템 개발

A Development of System for Water Quality Forecasting at Dalchun using Neural Network

전계원*, 이원호**, 김진극***, 안상진****

Kye Won Jun, Won Ho Lee, Jin Geuk Kim, Sang Jin Ahn

요 지

하천에서의 수질예측은 하천 환경의 관리 및 운영 측면에서 매우 중요하다. 그러나 현재의 수질에 관련된 물관리 운영 체제는 물관련 기관을 대상으로 산재되어 있는 물 정보를 정리하여 D/B로 활용하는 수준에 머무르고 있어 실질적인 정보의 활용과 해석 및 실시간적인 예측기능을 수행할 수 있는 예측시스템의 개발이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 수질예측을 위한 시스템의 개발을 위해 신경망 기법을 활용하여 한강유역의 지류인 달천지점의 수질을 예측할 수 있는 지능형 모형을 구축하고 그 적용성을 검증하였다. 개발된 수질예측 시스템은 수자원의 효과적인 활용 및 하천의 중·장기 수질보존 대책 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 신경망, 수질예측, 지능형모형

1. 서 론

최근 기상이변에 따른 영향으로 여름철 홍수기에 집중호우와 태풍 등에 의한 많은 피해가 발생하고 있으며 봄, 가을에는 가뭄과 수질오염으로 많은 고통을 겪고 있다. 우리나라의 경우 하천의 수질관리를 위한 예측 기법으로 주로 확정론적 예측 기법을 사용하고 있고 단기적 영향모의를 중심으로 연구되어 왔으며 또 대부분 외국의 모형에 의존하여 왔다. 호수나 대하천의 경우 유입오염물질뿐 아니라 수역의 내부 생산력, 수문기상조건 등에 따라 수질 변동이 다르고 그 특성이 장기적으로 변화하므로 중·장기적인 예측을 위해서는 실시간 예측과 시계열형태의 예측이 가능하고 자기학습이 가능한 지능형 모형에 의한 예측이 필요하다. 본 연구에서는 신경망 모형을 이용하여 수질예측을 수행하고 실시간적 활용이 가능하도록 예측 시스템을 개발하고자 한다.

2. 신경망 이론

2.1 기본개념

신경망은 하나 또는 다수의 층들로 이루어지는데 일반적으로 가장 널리 사용되는 것은 3계층

* 정회원-강원대학교 방재기술전문대학원 전임강사E-mail : kwjun@kangwon.ac.kr

** 정회원-충주대학교 건설도시공학과 교수 · E-mail : whlee@gukwon.chungju.ac.kr

*** 정회원-충북대학교 시간강사E-mail : jinwon3@netian.com

**** 정회원-충북대학교 토목공학과 교수E-mail : hydrosys@chungbuk.ac.kr

신경망 구조이며, 3계층 신경망은 외부 입력을 받아들이는 입력층(input layer), 처리된 결과가 출력되는 출력층(output layer), 입력층과 출력층 사이에 위치하여 외부로 나타나지 않는 은닉층(hidden layer)의 3계층으로 구성되어 있다. 그림 1은 3개의 층으로 구성된 다층신경망의 기본구조를 나타내고 있다.

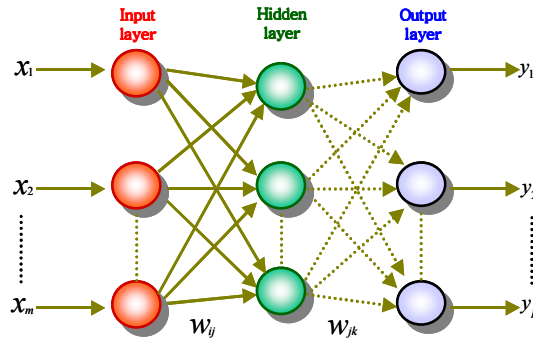


그림 1. 다층신경망의 구조

다층 구조의 신경망에서 각 층사이의 연결강도는 모형에 따라 미리 계산에 의해 주어지는 경우와 학습에 의해 결정되는 경우가 있으며, 본 연구에서는 각각의 입력에 대해 기대하는 출력과 동일하거나 유사한 출력을 얻기 위해 반복학습을 통하여 신경망의 연결강도의 값을 구하는 학습(learning)과정을 사용하였다. 또한 이러한 학습과정을 위해 본 연구에서는 역전파 알고리즘의 형태에 속도개선과 불안정한 학습결과를 개선하기 위해 모멘트법(moment)과 적응학습률(adaptive learning rate) 방법을 사용하였다. 모멘트법은 수렴 속도를 증진시켜 학습의 고속화에 유효한 것으로 알려져 있으며 간단하면서도 효율적이기 때문에 일반적으로 많이 사용되고 있다. 모멘트 계수는 학습과정에서 연결강도에 의한 오차의 진동을 막으면서 학습율을 크게 해주기 위하여 도입된 것으로 바로 전 연결강도의 변화량을 어느 정도 고려하여 현재의 연결강도 조정량을 계산하도록 한 것이며, 기본방정식은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta W_{jk}(t_n+1) &= \eta \delta_{pk} h_{pj} + \beta_1 \Delta W_{jk}(t_n) \\ \Delta W_{ij}(t_n+1) &= \eta \delta_{pj} h_{pi} + \beta_2 \Delta W_{ij}(t_n) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, t_n 는 반복횟수, δ_{pk}, δ_{pj} 는 처리소자의 오차, h_{pk}, h_{pj} 는 은닉층의 출력값, η 는 학습율이다.

적응학습율은 모멘트법과 병행하여 적응학습율 η 를 조절하며, 학습 속도를 향상시키는 방법으로 학습 후에 제곱오차 함수의 감소여부를 확인하여 크게 감소하였을 때에는 학습율을 일정 비율만큼 증가시키고, 반대로 오차 함수가 정해진 비율 이상으로 증가하였을 때에는 학습율을 정해진 비율만큼 감소시킨다. 기본식은 식(2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta(t+1) = \begin{cases} r_1 \eta(t), & E(t+1) < E(t) \\ r_2 \eta(t), & E(t+1) > r_3 E(t) \\ \eta(t), & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

여기서, r_1, r_2, r_3 는 적응학습율에 따른 매개변수, $E(t+1), E(t)$ 는 현 단계 및 전 단계의 오차를 나타낸다.

2.2 수질예측모형

본 연구에서는 남한강유역 달천지점의 수질예측을 위해서 각 지점별 수온, DO, BOD, COD, SS, TN, TP 등의 수질인자와 월유량 자료를 이용하여 하천수질예측 모형을 구성하였다.

하천수질예측의 모형화를 위해 시간의 흐름에 따른 비선형 수질예측 인자들의 관련성은 BOD 예측모형을 통하여 살펴보면 식(3)과 같이 정의할 수 있다.

$$BOD(t+1) = f[BOD(t-k_j), Q(t-k_j)] \text{ for } k_j = 0, \dots, n, k_j = 0, \dots, m \quad (3)$$

여기서, $BOD(t+1)$ 은 1시간 후의 예측 BOD이고, $Q(t-k_j)$ 는 k_j 시간 전의 유량, $Q(t-k_j)$ 는 k_j 시간 전의 유량, k_j, k_j 는 각각 n, m 개의 시계열이다.

3. 모형의 적용

3.1 달천지점의 학습을 통한 모형의 구성

신모형의 구성단계에서 구축된 신경망 모형을 대상지점에 적용하여 학습을 수행하고 각 지점에 적합한 연결강도를 찾아 예측을 위한 모형의 검정을 하였다. 달천지점의 1994년부터 2001년까지의 월수질 자료를 학습시켜 각 모형에 대한 최적의 연결강도를 구한 후 수질항목별로 구성된 신경망 모형에 의해 신경망의 학습조건을 달리하여 모의 후 결정된 신경망 모형의 선정모형에 의해 2002년 1월~12월의 월 수질자료를 예측하고 수질예측 모형으로서의 예측능력을 검토하였다. 훈련에 의한 학습결과는 표 1에 나타내었다

표 1. 달천지점의 수질예측 모형의 선정을 위한 학습결과

Index	Model	Average	Standard deviation	Skewness
DO	Observed	10.156	2.217	0.654
	DO(1)1n3000	10.156	1.619	0.367
	DO(1)6n1000	10.013	1.723	0.409
	DO(2)2n5000	10.160	2.138	0.592
BOD	Observed	1.118	0.548	1.825
	BOD(1)4n5000	1.107	0.493	1.512
	BOD(2)2n3000	1.155	0.385	1.347
	BOD(3)4n5000	1.125	0.512	1.796

3.2 신경망 모형의 수질예측 능력 검토

수질예측을 위한 Web기반 시스템의 수질예측 모듈을 구성하기 위해 검정된 신경망 모형을 이용하여 2002년 1월~12월의 월 수질자료를 예측하고 수질예측 모형으로서의 예측능력을 검토하였다. 그림 2와 그림 3은 학습과정에서 결정된 적정 연결강도를 갖는 신경망 모형에 의한 수질예측 결과를 나타내고 있다.

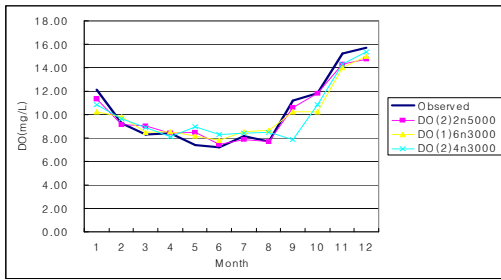


그림 3. 신경망 모형에 의한 수질예측 결과(DO)

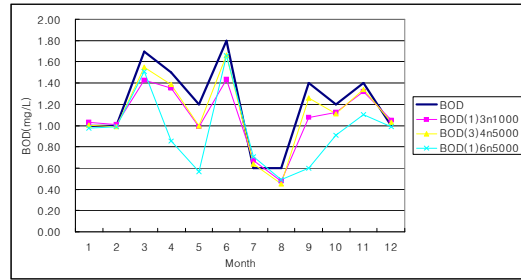


그림 3. 신경망 모형에 의한 수질예측 결과(BOD)

4. 수질예측을 위한 시스템 개발

4.1 예측시스템의 구성

수질 예측을 위한 기본시스템은 클라이언트-서버 모델(Client-Server Model)로 개발되었다. 클라이언트에서 사용자가 정보를 입력하고 수행할 명령을 서버에 전달하게 된다. 서버는 전달받은 명령과 정보에 따라 작업을 수행하고 결과를 클라이언트에 전송한다. 클라이언트는 웹 브라우저를 통해 최종 처리 결과를 사용자에게 표시한다. 그림 4는 기본 시스템의 서버-클라이언트 모델을 나타낸다.

4.2 예측시스템의 구현

본 연구에서는 FRF 데이터베이스 설계와 FRF 프로그램 설계과정을 완료한 후 Web상에서 시스템을 구현하였다. Web상에서 개발된 시스템은 크게 자료 모듈, 수질예측 모듈, 주민참여 모듈로 크게 구분되며 자료모듈의 경우 주요기간별로 월수질을 검색할 수 있으며, 유출예측 모듈에서는 홍수기에 실시간으로 홍수량을 예측할 수 있도록 모듈을 구성하였다. 그림 5는 사용자의 요구에 의해 수질자료를 데이터베이스에서 불러들여 Web상의 화면에 나타낸 것이다.

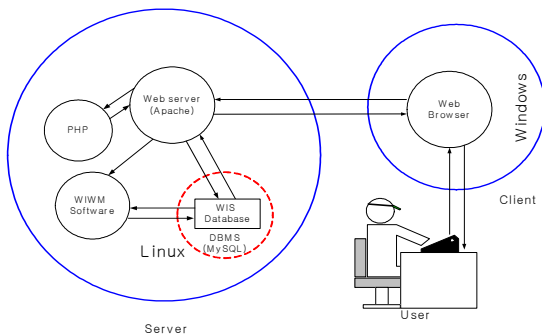


그림 4 홍수유출과 수질예측을 위한 서버-클라이언트 모델



그림 5. 수질 자료의 검색

4.3 수질예측시스템의 시험

수질예측 모듈의 경우 각 수질인자에 대한 학습, 검증 및 예측과정을 수행할 수 있다. 달천지점의 수질자료를 이용하여 학습 및 검증 후 장래예측을 수행하였다. 신경망 모형의 학습후 가중치 테이블에 연결강도가 저장된다. 그림 6은 저장된 연결강도가중치를 가중치 테이블에서 Loading후

2002년 1월 ~ 2003년 12월까지의 수질예측 수행한 검증 결과를 나타낸다. 그림 7은 2004년 1월부터 2006년 6월까지 달천지점의 장래 수질예측을 수행한 결과를 나타내고 있다. 장래 수질예측의 경우 수질데이터가 유관기관의 Web 서버와 같은 형태로 연동된다면 계속적인 예측이 가능하다.

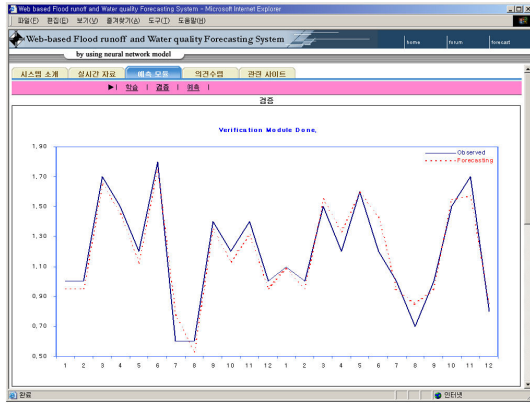


그림 6. 수질예측 모듈의 검증결과(BOD)

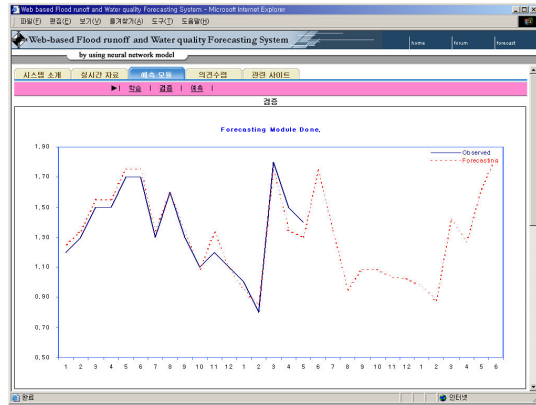


그림 7. 수질예측 모듈의 장래수질예측 결과(BOD)

5. 결 론

본 연구에서는 실시간 수질예측모형의 개발을 위해 신경망 모형을 이용하여 사용자 명령에 따른 결과를 개발모형이 인식할 수 있도록 PHP와 연계하여 Web상에서 홍수유출 예측을 수행할 수 있는 기초적인 시스템을 개발하여 예측자료의 활용성을 높이고자 연구를 수행하였으며, 수질예측 모듈의 경우는 월 수질 예측이 가능하도록 지점별, 수질인자별 학습, 검증이 가능하며 장래예측을 수행할 수 있도록 구성하였다. 개발된 Web기반시스템에 의해 Web상에서 구현된 수질예측 모듈을 한강수계 달천지점에 적용하여 학습 및 예측의 적합성을 확인하였다.

감 사 의 글

본 연구는 2005년도 충북지역환경기술개발센터 정책연구사업 연구비 지원 연구결과로 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 국립환경연구원(2000). 하천수질의 계절별 변화특성에 관한 연구(II), pp. 1-82
2. 안상진, 유병로, 연기석, 전계원(2003). "Web기반 통계형 수질예측 모형 구축을 위한 기초연구", 한국수자원학회 학술발표회논문집, pp. 883-886.
3. 전계원, 안상진, 유병로(2004). Web기반 홍수유출 및 수질예측 시스템의 개발(II), 대한토목학회 논문집, 제24권 제4호, pp. 333-339
4. Haykin, S.(1999). Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition, Prentice Hall, pp. 1-317.