

인공신경망을 이용한 유역 내 침수피해 예측모형의 개발

A New Model for Forecasting Inundation Damage within Watersheds

- An Artificial Neural Network Approach

정 경 진* / Chen, Huaqun** / Kim, Albert S.***

Chung, Kyung Jin / Chen, Huaqun / Kim, Albert S.

Abstract

This paper presents the use of an Artificial Neural Network (ANN) as a viable means of forecasting Inundation Damage Area (IDA) in many watersheds. In order to develop the forecasting model with various environmental factors, we selected 108 watershed areas in South Korea and collected 49 damage data sets from 1990 to 2000, of which each set is composed of 27 parameters including the IDA, rainfall amount, and land use. After successful training processes of the ANN, a good agreement ($R=0.92$) is obtained (under present conditions) between the measured values of the IDA and those predicted by the developed ANN using the remaining 26 data sets as input parameters. The results indicate that the inundation damage is affected by not only meteorological information such as the rainfall amount, but also various environmental characteristics of the watersheds. So, the ANN proves its present ability to predict the IDA caused by an event of complex factors in a specific watershed area using accumulated temporal-spatial information, and it also shows a potential capability to handle complex non-linear dynamic phenomena of environmental changes. In this light, the ANN can be further harnessed to estimate the importance of certain input parameters to an output (e.g., the IDA in this study), quantify the significance of parameters involved in pre-existing models, and contribute to the presumption, selection, and calibration of input parameters of conventional models.

key words : inundation damage, artificial neural network, forecasting model, temporal-spatial information, significance of parameters

요 지

본 논문에서는 유역 내 침수피해를 예측할 수 있는 실현가능한 수단으로써 인공신경망의 활용에 대해 제안하고자 한다. 유역 내 다양한 환경인자에 의한 침수피해 예측모형의 구축을 위해 108개 중유역을 대상으로 1990년부터 2000년 까지 강우량, 침수피해면적, 토지이용 등 총 27개의 매개변수를 선정하여 총 49개의 데이터 세트를 구성하였다. 연구결과, 침수피해는 강우량과 같은 기상정보 뿐 만 아니라 다양한 유역환경의 특성에 영향을 받는 것으로 나타났으며 인공신경망 모형에 의해 $R=0.92$ 수준에서 예측값과 관측값이 잘 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 인공신경망은 입력값들과 대응된 출력값들을 알고 있는 경우 과거와 현재의 시공간 정보를 활용하여 특정유역의 강우량에 따른 침수피해면적을 산정할 수 있으며, 복잡하고 비선형적 역동성을 지니고 있는 유역 내 환경변화에 대한 예측모형으로 활용이 가능하다고 판단된다. 또한 인공신경망은 입력자료의 중요도를 평가하는데 이용될 수 있으며, 기존 모형에서 다루어지는 매개변수중요도를 정량화 시킬 수 있어 다른 모형의 매개변수 추정이나 보정에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 침수피해, 인공신경망, 예측모형, 시공간정보, 매개변수중요도

* 정회원 · 하와이대학교 공과대학 토목환경공학과 Post-doc. 연구원 (e-mail : ckj007@hanmail.net)

** 하와이대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

*** 하와이대학교 공과대학 토목환경공학과 조교수

1. 서론

최근 우리나라는 지구환경변화에 따른 이상기후의 영향으로, 태풍 또는 집중호우 등에 의한 홍수재해, 가뭄과 물 관리 소홀로 인한 건천화, 비점오염원 유입에 의한 수질오염 등 유역 내 다양한 형태의 수해(hydrologic disaster)로 인해 매년 인명과 재산피해가 급증하고 있다.

특히, 홍수로 인한 침수피해의 경우 최근 몇 년간 발생빈도가 지속적으로 증가하는 추세에 있으며 피해규모도 거대화되는 경향을 보이고 있는데, 2002년 태풍 '루사' 등으로 사망 및 실종 270명, 피해액 6조1천억원, 복구액 9조4천억원의 수해가 발생한 바 있으며, 2003년 태풍 '매미'에 의한 수해는 사망 및 실종 131명, 피해액 4조2천억원, 복구액은 6조4천억원에 이르는 것으로 조사된 바 있다(과학기술부, 2004).

이와 같이 홍수, 가뭄, 수질오염 등, 유역 내에서 발생하는 수량 및 수질과 관련된 재난재해는 환경파괴는 물론 국가 경제발전 및 성장촉진의 장애요인으로까지 작용하고 있으며, 향후에도 수해로 인한 지속적인 인명과 재산의 피해가 발생할 것으로 예상되어, 기존의 정책적, 기술적 문제점의 보완과 새로운 방재패러다임의 필요성이 제기되고 있다.

본 연구에서는 피해복구의 개념에서 예측투자의 개념으로 전환하고 있는 최근의 방재패러다임을 지원하는 기술적 대안으로써, 국내에서 발생하는 재해의 대부분을 차지하는 홍수재해 가운데 침수피해를 대상으로 하여 인공신경망(Artificial Neural Network : ANN)을 이용한 침수피해 예측모형의 개발을 통해 유역의 방재대책 수립을 위한 기초 자료로서의 활용가능성을 모색해 보고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 유역환경정보 통합시스템의 필요성

최근 수년간 우리나라는 여름철 집중호우현상이 빈번히 발생하고 있어 강우유출에 대한 보다 정확한 규명이 필요하게 되었고, 국지적이고 기습적인 집중 강우로 상습적인 침수피해가 발생하고 있다는 점에서 기존의 기상예보 및 강우유출모형 만으로는 효과적인 대응이 어려운 단계에 이르렀다.

침수피해의 원인은 단순히 강우량이나 강우패턴으로만 결정되는 것이 아니며 그 발생경로가 다양하기 때문에 우수 및 하수배제시설과 같은 수공구조물의 구축을 위해 사용되는 단순 합리식 또는 상관 관계식에 의존하여서는 수해를 예측하는데 한계가 있다. 따라서

사용자에 의해 선발전 일부 매개변수에 의존하는 모형이 아니라 강우의 유출과 관련된 유역 내 중요한 환경정보가 수해예측과정에서 고려되어야 하며 이를 위해서는 유역환경정보의 통합시스템 구축이 선결되어야 한다.

현재 미국에서는 수계/하천시스템 관리 프로그램(Watershed and River Systems Management Program : WARSMP)을 사용하고 있다. 이것은 유역단위의 물과 환경자원 관리 목적의 분석도구로서 물리적 수문학적인 거동을 모의하는 수계모형, 하류의 물사용량을 고려한 저수지 운영 모형, 그리고 하천수리 및 상류 흐름조건에 따른 구간단위의 생화학적 모의모형들을 하나의 시스템으로 결합한 것이라 할 수 있다(Frevert 등, 2000).

이러한 시도는 유역 내 환경정보를 보다 포괄적이고 다양하게 수집, 분석함으로써 수리적 예측의 정확도를 향상시키려는 목적을 가지고 있으며, 장기적으로는 유역환경을 재난으로부터 보호하고 효과적인 복구대책을 수립하는 데 도움을 줄 수 있어, 유역환경의 통합시스템 구축의 필요성이 점차 강조되고 있음을 의미한다.

우리나라도 그동안의 단편적인 수자원관리와는 달리 새로운 개념의 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management : IWRM)를 준비하고 있으며, 유역단위에서 수량과 수질환경의 기술적, 제도적 통합조정관리와 함께 유역 내 수자원과 인접 토지자원의 통합관리, 그리고 지표수와 지하수의 통합관리를 통하여 국가 및 지역경제 전 분야의 물이용자들의 이해관계를 합리적으로 반영시키고자 노력하고 있다(고익환과 정세웅, 2002).

따라서, 향후 침수피해를 비롯한 수해예측은 수학적, 물리적 매개변수에 의존하는 기존의 강우유출모형과 더불어 유역 내 다양한 환경정보를 활용한 포괄적 개념의 매개변수가 결합될 수 있는 새로운 개념의 예측모형을 개발함으로써 가변적인 강우패턴에 대해 각 유역의 수해위험정도를 유연하게 평가할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 유역환경정보 통합시스템의 구축이 전제되어야 하며 통합된 정보는 신속한 의사결정, 예측과 대비를 통한 장기적인 재난방재 능력의 향상 등 효과적인 방재대책의 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다(그림 1).

2.2 기존 침수예측 및 강우유출모형의 연구동향

유역 내 침수예측에 관한 연구는 침수구역도 작성을 위한 수리학적 해석(한건연 등, 2003), 저지대 침수를 고려한 관거개량모형(이정호 등, 2004), 지형공간정

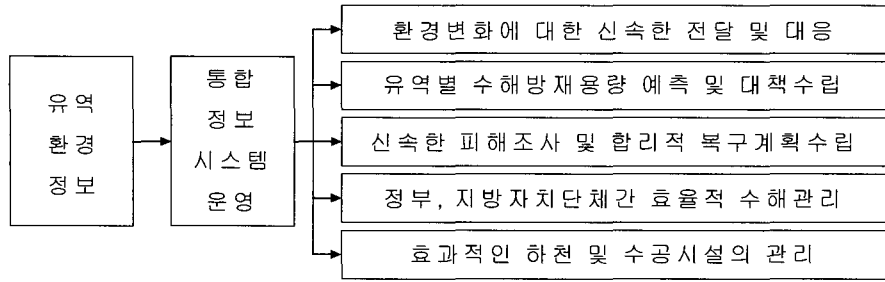


그림 1. 유역환경정보 통합시스템 구축의 효과

보체계를 이용한 상습침수지역의 관리 및 분석 (조용재 등, 2002 ; 김철 등, 2001), 하천제방붕괴로 인한 제내지 침수예측 (이종태 등, 1989), 내수침수와 역류량에 의한 침수면적산정 (안상진 등, 2002) 등의 연구가 진행된 바 있다.

그러나 기존의 연구는 특정 대상유역에 제한된 분석, 일부 수문학적 데이터에 의존한 매개변수 선정, 수치해석과 물리적 강우유출모형에 의존한다는 점에서 보다 다양한 접근방식이 요구되고 있다. 또한 기존의 모형이 홍수범람이나 침수와 같은 재해를 사전에 예측, 대비하는데 적합한 도구인지에 대한 재평가가 필요할 것이다.

현재 수문학 분야에서 사용하고 있는 개념적 강우유출모형 (Conceptual Rainfall-Runoff Model) 들은 실제 유역에 적용될 경우 모형의 특성에 따라 모형입력자료와 매개변수의 불확실성이라는 문제점들을 내포하고 있다. 모형의 적용은 목적에 가장 잘 부합하는 모형의 선정과 대상유역에 대한 매개변수의 최적화 작업이 선행되어야 한다. 따라서, 그 모형에서 취하고 있는 매개변수 추정방법의 특징과 제한사항들을 모형의 선택과정에서 선형적으로 고려하여야 한다 (한국수자원공사, 1997).

우리나라에서 사용하고 있는 대표적인 강우유출모형은 HEC-1, HYMO, SSARR, BRRL, SWMM, ILLUDAS 등을 들 수 있는데, 이러한 모형은 복잡한 수문현상을 분석하고 조합하여 현상에 따른 결과를 예측하게 할 수 있게 해주지만, 모형의 결과는 모형의 가정, 입력자료, 그리고 매개변수의 보정 (Calibration) 이 대상유역에 올바르게 적용될 경우에만 그 결과가 신뢰성을 인정받을 수 있다 (김충수, 2002).

따라서 기존 강우유출모형은 특정유역의 일시적인 강우사상과 유출량에 관한 정보, 연구자에 의해 선발된 매개변수에 의해 침투유량을 산정하고 수공구조물의 설계기준을 제시하는데 사용될 수 있지만, 방재측면에서 피해를 효과적으로 예측하기 위해서는 대상유역의 환경특성을 폭넓게 반영할 수 있는 새로운 개념

의 모형이 필요하다고 판단된다.

특히, 신속하게 변화하는 유역의 환경특성과 강우패턴의 상관분석을 통해 유역고유의 특성에 따른 침수방재용량을 홍수기 이전에 산정할 수 있도록 하는 과정은 사후복구가 아닌 사전대비를 가능케 한다는 개념적 측면에서 새로운 모형에 요구되는 중요한 요소라 할 수 있다.

이러한 관점에서, 인공신경망은 현재와 과거의 입력값들과 그것에 대응된 출력값들을 알고 있는 경우에 미래의 새로운 입력값들에 대한 출력값(예측값)들을 추정하는데 유용하게 이용되고 있는 방법이며, 유역규모에서 다양한 환경적 인자들을 인공신경망의 매개변수로 폭넓게 활용함으로써 기존 모형의 검증은 물론, 수문변화 및 수해예측을 위한 분석시스템의 구축과 예측모형의 정확도 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

2.3 인공신경망의 활용

수문학에서 사용되는 모형은 크게 다음의 3가지 카테고리 나눌 수 있다. 첫째, 경험적인 모형, 둘째, 지형기반적 모형, 셋째, 물리적인 모형이다. 경험적인 모형은 하나의 블랙박스 (black box) 로써, 유역 내 전반적인 수문학적 시스템을 다루며 강우, 기온 등의 시계열 입력자료와 하천에서 관측된 유역유출 관련 출력자료 사이의 관계를 구명하는데 도움을 준다 (Blackie and Eeles, 1985).

따라서 인공신경망은 수문학에서 사용하는 경험적 모형의 하나로 분류할 수 있으며 기존의 모형에 비해 변수의 선택과 활용이 자유롭고 동시에 많은 경로를 따라 정보의 이동을 허용하는 융통성이 있어 보다 발전된 대안적 모형이라 할 수 있다.

신경망 모형을 이용한 시계열 평가는 다중선형 회귀모형과 같은 기존의 통계적인 방법에 비해 우수하다고 알려진 바 있으며 (김호준 등, 2001), Zaghoul과 Kiefa (2001)는 SWMM의 EXTRAN 블록으로 유출모의를 하는 과정에서 인공신경망 알고리즘을 통해 매개변수를 보정한 바 있다.

인공신경망은 수학적 형태의 설명을 필요로 하지 않는다는 점을 제외하면 수문학에서 회귀를 기반으로 하는 다른 모델들과 유사하다. 하지만 기존 강우유출 모형에 사용되는 매개변수와 인공신경망의 구성을 위해 사용하는 매개변수와는 차이가 있다. 표 1과 같이 기존 강우유출모형의 입력자료는 부분적으로 환경정보를 포함하고 있지만 대부분 수문자료나 인공구조물 중심의 매개변수를 사용하고 있다 (Huber and Dickinson, 1988). 그러나 인공신경망의 경우 필요에 따라 유역을 구성하는 대부분의 환경정보를 매개변수로 사용할 수 있다. 또한 인공신경망은 중요도에 따라 입력자료를 새롭게 추가하거나 삭제해 나가는 보정작업을 통해 예측의 정확도를 지속적으로 향상시켜 나갈 수 있으며 과거의 경험자료를 최대한 또는 선택적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다.

3. 재료 및 방법

본 연구는 인공신경망을 이용한 침수피해예측모형의 구축을 위한 기초적 단계로, 수자원공사 수자원관리종합정보시스템 (<http://www.wamis.go.kr>)의 분류에 의한 전국 108개 중유역 (제주도 제외)을 대상으로 1990년부터 2000년 까지 조사된 침수피해정보와 유역환경정보를 이용하여 총 49개의 datasets를 구성하였다.

유역특성과 강우량, 침수피해의 관계를 파악하기 위

하여 일차적으로 유역면적이 유사한 4개의 유역 (춘천댐, 홍천강, 한강서울, 섬강유역)을 선발하여 침수피해 면적에 따라 5개 유형의 유역을 결정하고 침수피해 당해 7, 8, 9월의 월강우량 평균을 비교하였다.

또한, 유역정보를 이용한 침수피해예측을 위한 인공신경망의 활용가능성을 판단하기 위해 이미 수집된 중유역의 환경정보와 기존의 침수피해 경험자료를 매개변수로 하여 임의의 강우량에 대한 유역의 침수피해 예상면적을 예측할 수 있는 모형을 구축하였다. 데이터는 총 49개의 sets로 구성하였고 1 set는 1개의 출력자료 (유역별 해당연도의 침수피해면적)와 26개의 입력자료 (유역환경정보), 총 27개의 매개변수로 구성하였다 (표 2).

인공신경망의 구축을 위해, 총 49개의 datasets 가운데 홀수 번째의 25개 datasets는 역전파 (back propagation) 알고리즘을 이용한 신경망훈련 (neural network training)에 사용하였고 쓰이지 않은 나머지 24개의 datasets는 앞서 훈련된 네트워크에 입력자료로 사용하였다. 인공신경망 모형에 의해 얻어진 출력자료, 즉 예측값 (prediction value) P는 각 유역에서 예상되는 침수피해 발생가능면적이며, 이를 이미 알고 있는 원래의 관측값 (original measured data), 즉 각 유역에서 실제로 발생했던 침수피해면적과 비교함으로써 예측값과 관측값의 일치정도를 통해 인공신경망 모형의 정확도 및 활용가능성을 판단하였다 (그림 2).

표 1. 기존 강우유출모형과 인공신경망에 사용되는 자료의 비교

강우유출모형의 입력자료	인공신경망의 입출력자료
<ul style="list-style-type: none"> - 제어 매개변수 (control parameter) - 용설량 매개변수 (snowmelt parameter) - 강우량 조절 (precipitation control) - 강우량 자료 (precipitation data) - 증산 자료 (evaporation data) - 수로/도관자료 (channel/pipe data) - 보나 관거자료 (weir, orifice data) - 집수역 지표면자료 (subcatchment surface data) - 집수역 토양수분 및 지하수 (subcatchment soil moisture and groundwater) - 집수역용설량자료 (subcatchment snowmelt data) - 수질자료 (quality data) - 침식자료 (erosion data) - 유역속성자료 (subcatchment quality Data) 	<ul style="list-style-type: none"> • 입력자료 <ul style="list-style-type: none"> - 사상별 강우량 - 유역면적, 유역둘레, 유역평균폭, 유역평균경사, 표고, 평지비율 등 - 형상인자, 형상계수, 수계밀도, 수계빈도, 원형률, 세장률, 섬세비, 기복비 - 유로연장, 하천총길이 - 토지이용(시가화지역, 논, 밭, 초지, 산림, 습지, 수역, 나지 등) - 인구 및 인문사회환경자료 - 기존 강우유출모형의 입력자료 - 기타 수해에 영향을 주는 모든 유역 환경정보 • 출력자료 <ul style="list-style-type: none"> - 침수피해면적 - 기타 수해와 관련된 과거의 모든 경험자료

표 2. 인공지능경망 구축을 위한 대상유역과 입출력자료

대상유역		매개변수	
대유역	중유역	출력자료	입력자료
한강유역권 (14개소)	남한강상류, 평장강, 충주댐, 달천, 충주댐하류, 남한강하류, 춘천댐, 소양강, 의암댐, 홍천강, 청평댐, 한강서울, 한강고양, 안성천	침수피해면적	강우량, 유역면적, 유역평균표고, 유역평균경사, 유역평균폭, 형상인자, 형상계수, 유로연장, 하천총길이, 인구, 토지이용(시가화지역, 논, 밭, 초지, 산림, 나지, 습지, 수역), 세장율, 수계밀도, 수계빈도, 수계유지상수, 섬세비, 기복비, 상대기복, 기복수 총 26개 요소
낙동강유역권 (16개소)	안동댐, 임하댐, 안동댐하류, 내성천, 영강, 병성천, 낙동상주, 위천, 낙동구미, 감천, 낙동왜관, 회천, 낙동고령, 남강, 낙동밀양, 낙동강하구언		

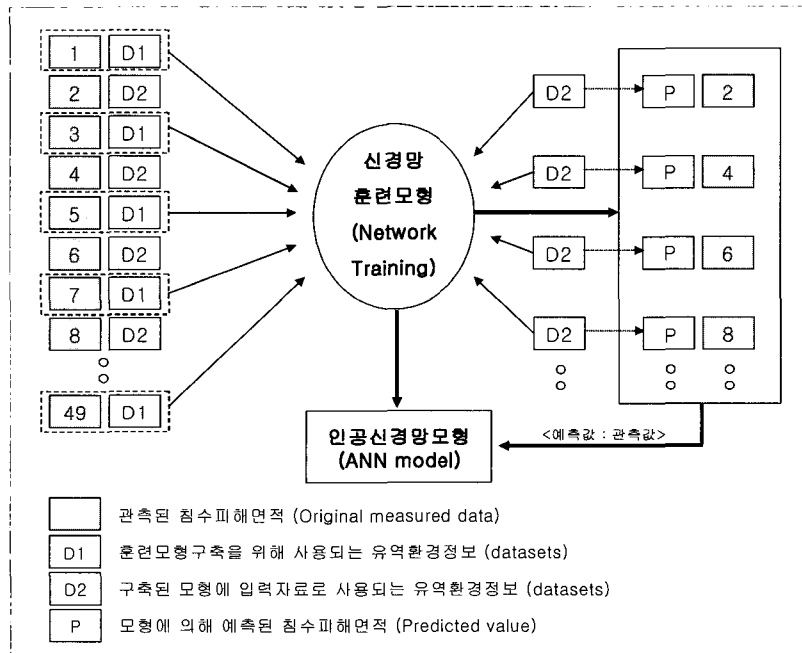


그림 2. 인공지능경망 네트워크 구성 모식도

4. 결과 및 고찰

그림 3은 한강과 낙동강 유역권의 30개 중유역을 대상으로 침수피해면적과 침수당시 7, 8, 9월의 면적평균 강우량을 비교해 본 결과이다. A는 약 1000-5000 ha의 침수피해가 발생한 6개유역의 평균값이며 B는 200-600 ha, C는 30-80 ha, D는 14-20 ha, 그리고 E는 0.1-0.5 ha의 침수가 발생한 유역이다. 조사결과 각 유역의 침수당시의 강우량은 대부분 300-380 mm의 유사한 범위 내에 있었음에도 불구하고 침수피해면적은 약 0.1 ha에서 5000 ha에 이르기 까지 유역에 따라 차이가 크게 나타남을 알 수 있었다.

이러한 결과는 침수피해가 단순히 강우량에 의해서 좌우되는 것이 아니라 유역의 환경특성과도 밀접한 관계가 있으므로 보다 정확한 수해예측과 대비를 위해서는 강우정보와 유역환경정보를 통합하는 보다 진보된 수해예측패러다임과 모형이 필요하다는 것을 의미한다.

전국 108개 중유역 가운데 1차적으로 30개 유역의 49개 datasets를 활용하여 인공지능경망을 구축한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 그림 4는 25개의 datasets를 이용하여 훈련된 인공지능경망이, 그 훈련에 사용되지 않은 24개의 datasets를 얼마나 잘 예상해 낼 수 있는지, 입력자료 매개변수의 개수를 변화시켜 가면서

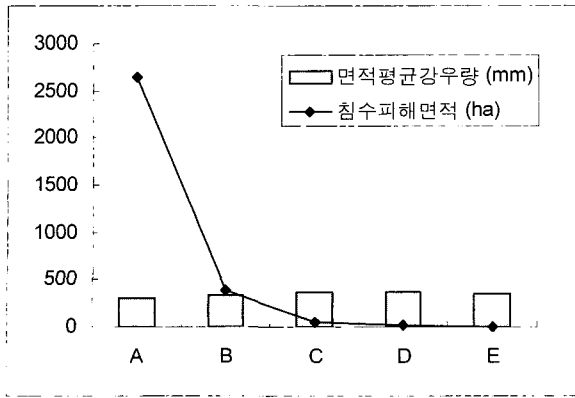


그림 3. 강우량과 침수피해면적의 비교

그 추세를 본 것이다. 입력자료 매개변수를 5, 10, 15, 그리고 26개를 써가면서, 신경망 실험을 해본 결과, 사용되어지는 변수의 숫자가 많을수록, 신경망의 훈련이 잘 이루어지며, 따라서 그 훈련에 쓰여 지지 않은 데이터들을 더 잘 예상해 낼 수 있는 것으로 나타났다.

특히 강조할 만한 것은, 첫째, 26개의 매개변수들에 의해서 결정되어 진다고 가정된 침수피해면적이 작은 값에서 부터, 상당히 큰 값들까지 R=0.92 수준에서 전체적으로 잘 예상되었다는 점이다 (그림 4(d)). 둘째는, 26개로 결정된 매개변수가 적은 수가 아님에도 비

교적 빠른 시간 내에 계산이 수행되었고, 차후에 또 다른 매개변수로 구성된 일정 수의 datasets를 쉽게 추가할 수 있다는 것이다. 셋째, 향후 중요하다고 판명될 수 있는 27번째, 28번째, 또는 그 이상의 매개변수들도 유연하게 추가하여, 인공지능망의 정확도를 지속적으로 향상시킬 수 있다는 것이다.

따라서 인공지능망을 이용한 예측모형은 침수피해를 비롯하여 유역 내 다양한 현상을 예상하는데 도움을 주며 Input Data의 중요도를 판단하는데 이용될 수 있다. 또한 기존 모형과의 비교를 통해 기존 모형에서 다루어지는 매개변수들의 중요성을 정량화시킬 수 있어 다른 모형의 매개변수 추정이나 보정에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같이 인공지능망은 입력값들과 대응된 출력값들을 알고 있는 과거와 현재의 경험자료를 활용하여 강우량에 따른 특정유역의 침수피해면적을 산정할 수 있다. 또한 다양한 유역환경정보를 입력하여 여러 가지 수해의 규모를 예측할 수 있어 복구비용이 아닌 방재투자의 개념에서 투자의 규모와 우선순위 등을 결정하는데 기초자료로 활용할 수 있으며 침수피해 이외의 홍수피해 유형에 대해서도 예측 및 대비를 통해 홍수시 피해를 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

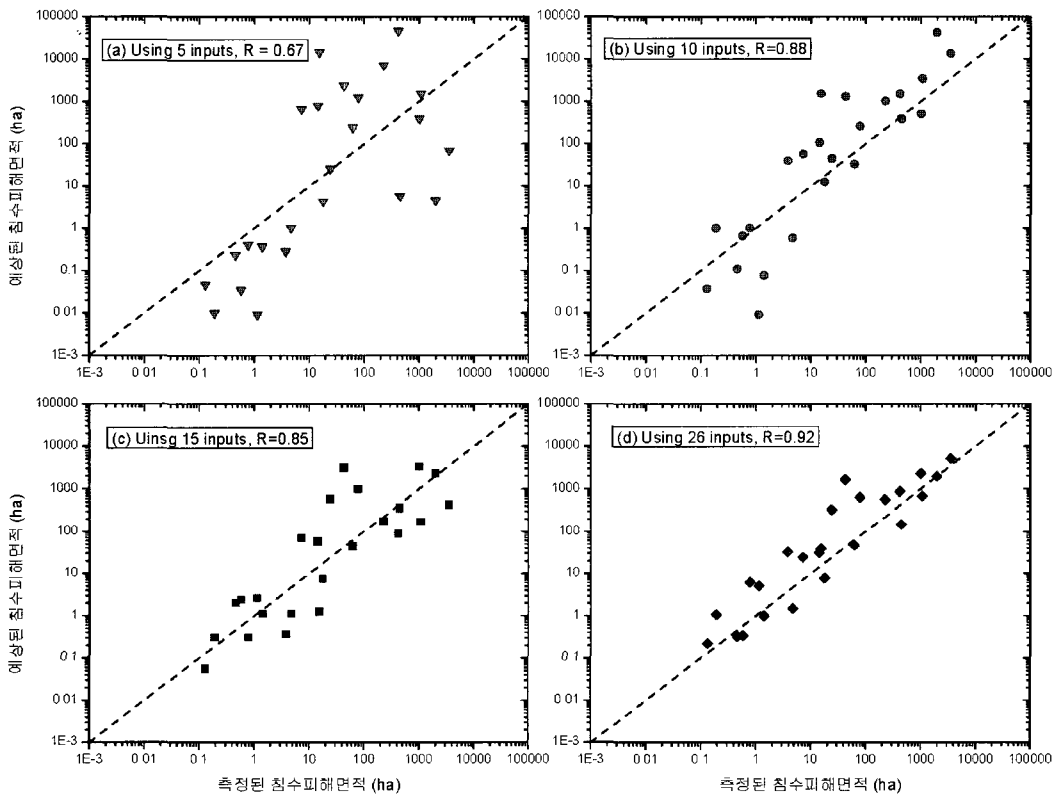


그림 4. 침수피해면적과 유역환경정보에 의한 인공지능망 시뮬레이션 결과

향후 인공지능경망의 활용에 있어 수해예측에 영향을 주는 다양한 매개변수를 선별하여 많은 데이터를 확보함으로써 보다 정확한 예측모형을 구축할 필요가 있으며 신뢰도가 높은 데이터를 추가로 입력해 나감으로써 네트워크의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 연구는 인공지능경망을 이용한 유역환경정보의 통합분석을 통한 침수피해예측모형의 구축을 위해 진행하였다.

전국의 30개 중유역을 대상으로 침수피해면적과 유역환경정보를 입출력 자료로 하여 인공지능경망 모형을 구축한 결과, R=0.92 수준에서 예측값과 관측값이 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 유역 내 수리적, 물리적, 생태적 환경인자들의 다양성을 수용할 수 있는 경험적 모형은 침수피해면적의 사전예측을 통한 효과적인 방재대책의 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

예측투자개념의 방재패러다임이 정착하기 위해서는 일차적으로 전국 유역단위의 환경정보가 통합 구축되어야 하며, 과거의 피해경험자료를 분석함으로써 유역별, 행정구역별 재해위험도를 평가하고 예측할 수 있어야 한다. 또한, 이를 위한 기술적 대안이 다양하게 개발되어야 할 것이다.

인공지능경망을 이용한 수해예측 기법은 유역 내의 다양한 정보와 가상의 강우량을 입력자료로 이용하면 침수피해면적이나 수해의 규모 등을 예측할 수 있기 때문에, 사후복구의 개념에서 사전대비 및 투자의 개념으로 전환하는 과정에서 유역평가 및 재해위험지도의 작성을 위한 예측모형으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

인공지능경망 모형의 구축을 위해서는 정확하고 방대한 시계열 자료가 지속적으로 수집되어야 하는 어려움이 있으나, 유역정보 중심의 예측은 홍수기 이전에 예측이 가능하여 사전예방 및 대응의 차원에서 기존의 예측모형에 비해 향상된 수해저감 효과를 가져 올 것으로 기대된다.

향후 대상지역을 세분화하고, 매개변수를 추가하여 입력자료를 갱신, 구축함으로써 모형의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 모색하여야 하며, 정확하고 다양한 유역 내 통합 환경정보시스템의 구축도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받

아 연구되었습니다(과제번호 : M01-2004-000-20088-0).

참 고 문 헌

- 고익환, 정세웅 (2002) 통합수자원관리 기반기술 구축 방안(Ⅱ) 우리나라의 하천유역 통합물관리 기반기술 구축방안. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 77-78.
- 김철, 김석규, 김계호 (2001) GIS를 이용한 침수지역분석. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅲ), 한국수자원학회, pp. 1026-1031.
- 김충수 (2002) 도시유출 모의모형의 매개변수 추정, 석사학위논문, 서울대학교.
- 김호준, 백희정, 권원태, 최병철 (2001) 구간 연산 신경망을 이용한 강수량 장기예측기법. 한국기상학회지, 한국기상학회, 제26권, 제3호, pp. 103-111.
- 과학기술부 (2004) 홍수재해방지기술 개발사업 기획연구. 한국과학기술평가원, pp. 13-14.
- 안상진, 전계원, 광현구, 김기석 (2002) 홍수피해로 인한 침수면적 산정에 관한 사례연구. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅲ), 한국수자원학회, pp. 799-804.
- 이정호, 조덕준, 이의훈, 김중훈 (2004) 도시유출특성을 고려한 침수분석. 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 205.
- 이종태, 한건연 (1989) 하천제방의 붕괴로 인한 제내지의 침수예측모형. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제22권, 제2호, pp. 223-231.
- 조용재, 노수상, 정인주, 김상용 (2002) 지형공간정보체계를 이용한 상습침수지역의 관리시스템 구축. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅱ), 한국수자원학회, pp. 873-878.
- 한건연, 박재홍, 최규현 (2003) 도시지역에서의 침수구역도 작성을 위한 수리학적 해석. 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅰ), 한국수자원학회, pp. 435-438.
- 한국수자원공사 (1997) 수자원종합정보 전략계획(분석, 예측 모델링시스템 부문). pp. 9-10.
- Blackie, J.R., and Eeles, W.O. (1985) Lumped catchment models. *Hydrological Forecasting*, M. G. Anderson and T.P. Burt, eds., Wiley, New York, NY., pp. 311-345.
- Frevort, D., Lins. H., Fulp. T., Leavesley. G., and Zagana. E. (2000) The Watershed and River Systems Management Program - An Overview of Capabilities. *Proceedings of the Watershed Management 2000 Conference*. American Society of Civil Engineers. June 20-24. 2000. fort Collins.

Colorado.

Huber, W.C., and Dickinson, R.E. (1988) *Stormwater management model, Version 4: User's manual Ver. 2.1*. U.S Army Corp of Engineers, Computer Program 723-S80-L7520

Zaghloul, N.A. and Abu Kiefa, M.A. (2001) Neural Network Solution of Inverse Parameter used in the Sensitivity-Calibration Analysis of the

SWMM Model Simulation, *Advance in Engineering Software*, Vol 32, pp. 586-595.

◎ 논문접수일 : 2005년 03월 22일

◎ 심사의뢰일 : 2005년 03월 23일

◎ 심사완료일 : 2005년 04월 28일