

신경망 이론을 이용한 농업구조물의 안전도 평가 및 관리계획

Safety Assessment and Management Planning of Agricultural Facilities using Neural Network

김민중* · 이정재 · 정남수(서울대)

Kim, Min Jong · Lee, Jeong Jae · Jung, Nam Su

Abstract

Currently, agricultural facilities are evaluated using either basic inspections or detailed analysis. However, conventional analyses as well as methods based on fuzzy logic and rule of thumb have not been very successful in providing a clear relationship between rating and real state of agricultural facilities, because they can't provide exactly acceptable reliability of degraded structures with manager or supervisor. Therefore, in this stage, we must define probabilistic variables for representing degradation of structures being given damages during a survival time. This paper describes the application of neural network system in developing the relation between subjective ratings and parameters of agricultural reservoir as well as that between subjective and analytical ratings. It is shown that neural networks can be trained and used successfully in estimating a rating based on several parameters. The specific application problem for agricultural reservoir in the rural area of Korea is presented and database is constructed to maintain training data set, the information of inspection and facilities.

This study showed that a successful training of a neural network could be useful, especially if the input data set for target problem contains parameters with a diverse combination of inter-correlation coefficients. And the networks had a prediction rating of about ***%. The neural network system is expected to show high performance fairly in estimate than statistical method to use equation that is consisted of very lowly interrelated variables.

1. 서론

1986년 이후 댐의 안전도 및 유지관리에 대한 중요성을 인식하여 종합적인 안전도 진단과 거동분석을 부분적으로 실시하고 있다. 그러나, 안전진단은 대형 댐을 중심으로 이루어지고 있으며 농업용 저수지나 중소형 댐에 대하여는 관심이 거의 미치지 못하고 있는 실정이다.

18,000여 개에 달하는 농업용 저수지의 90% 이상이 1970년대 이전에 축조되었고, 현재는 노후화 하여 안정성에 문제가 많은 것으로 지적되고 있다. 이러 한 농업기반시설의 체계적 안전점검 및 정밀안전진단을 위하여 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 농어촌정비법 및 건설기술관리법을 제개정하여 수리시설을 관리하고 있다. 1994년에 농어촌정비법을 제정

2001년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(2001년 10월 12일)

하고 동법 시행령 제21조(농업기반시설의 보호관리)에 따라 농업 기반시설관리규정(농수 산수 훈령 제824호, 95. 6. 23)이 제정되었으며 농업기반시설 정밀안전진단기관으로 농업 기반공사를 지정하여 정밀안전진단을 실시하고 있다.

농업기반시설은 광범위한 농어촌지역에 산재하여 체계적이고 정기적인 진단, 점검 및 관리가 어렵다. 농업기반시설관리규정에 의하면 10년이상된 시설은 매 5년마다 1회씩 정기적으로 정밀안전진단을 실시하여야 함에도 불구하고, 인력과 예산의 부족으로 제대로 실행하지 못하고 있고, 단순한 정기 점검만이 이루어지고 있다. 또한 정밀 안전 진단 평가의 기준이 모호하여, 전문가에 따라 각기 다른 결과를 보여주고 있는 실정이다.

따라서, 현실적으로 시행 가능하며 객관적인 저수지의 안전도 평가 모델이 필요하며, 본 연구의 목적은 정기 점검내역을 이용하여 저수지의 < State Level>을 평가하는 모델을 제시하는 것이다.

기존 점검내역을 분석하여 저수지의 점검체계를 파괴와 기능의 측면에서 재구성하였으며, 구성된 모델의 입력인자를 기존 정밀안전진단의 결과를 사용하여 AHP에 의한 PSAAR 분석을 이용하여 선정하였다. 저수지의 안전에 영향을 주는 요인이 매우 많아 이를 모두 고려하는 것은 거의 불가능하기 때문에 주어진 한정된 정보를 이용하여, State level 등급을 평가해 내는 모델로서 신경회로망을 사용하였다. 모델의 적합성을 확인하기 위하여 1999년에 실시된 정밀안전진단보고서 자료를 학습자료로 하였으며, 일부자료를 검증자료로 사용하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 방법이 적합함을 알 수 있었다.

2. 농업구조물의 안전도 평가

우리나라 수리시설물은 농업기반공사에 의해 안전점검 및 정밀안전진단을 받고 있다. 일상점검과 정기점검결과는 농업기반시설 안전점검 요령(1995. 11. 17. 농림부 시설 51370-536)에 나타나 있는 바와 같이 <표 1>과 같은 평가 기준에 의하여 상태등급을 매기도록 하고 있다. 점검결과 기능유지 및 안전상 재해의 위험 등이 있는 경우 시설 관리자의 요청에 의하여 실시하고, 다만 1종시설 중 10년 이상된 시설은 매 5년마다 1회씩 정기적으로 정밀안전진단을 실시하도록 한다. 농업기반시설의 구분은 <표 2>에 명시되어 있다.

표 1. 수리시설물 상태등급 평가기준

부호	상태	배점
A	문제점이 없는 최상의 상태	100~90
B	경미한 손상의 양호한 상태	89~80
C	보조 부재의 손상이 없는 보통의 상태	79~70
D	주요 부재의 진전된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 집단 균열, 침하 등)로 긴급한 보수보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단	69~50
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면 손실이 발생하였거나 안정성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태	50이하

표 2. 농업기반시설구분

구분	내용
1종 시설	관개면적 500ha 이상 또는 제당높이 20m 이상의 저수지 시설 개소별 2,000마력 이상의 양배수장 시설 배립면적 500ha 이상 또는 포용조수량 1000만톤 이상의 방조제 및 하구둑
2종 시설	저수지, 개소별 1,000마력 이상인 양배수장, 방조제, 500ha이상 관개 하는 용수로, 유역면적 200ha이상의 배수로 시설(1종시설 제외)
3종 시설	공공의 안전에 지장이 없는 취입보, 지하수 시설, 소규모 양배수장, 용배수로와 농수산물의 생산, 가공, 유통시설등 영농시설

3. 안전도 평가 기준

농업용 저수지는 다른 구조물과 마찬가지로 시간이 경과함에 따라 노후 화되고, 제 기능을 다하지 못하게 된다. 이 경우, 안전점검을 통해 상태를 평가하고, 사회·경제적인 기회비용을 고려하여 보수·보강·유지·폐쇄 등의 여부를 결정하게 된다. 농업용 저수지는 단위요소들의 조합으로 이루어진 복합적인 시스템이므로, 해석/설계/시공 등은 전체적인 단위로 보아야 한다. 그러나 안전점검은 보수·보강·유지·폐쇄 여부를 결정하는 것을 목적으로 하고, 보수·보강 등은 단위요소별로 이루어지므로 점검 체계 또한 단위 요소별로 분류되어야 한다.

또한 모든 농업용저수지의 구성요소는 파괴되지 않아야 하고, 목적에 합치하는 기능을 수행해야 한다. 저수지의 하부 구조물이 파괴되면 제 기능을 발휘하지 못함은 당연한 이치이나, 기능을 수행하지 못하게 된다고 해서 전체 구조물, 다시말해서 농업용저수지가 파괴되는 것은 아니다. 저수지의 하부 구조물이 노후화되어 성능이 저하되거나 결함이 발생할 경우의 보수보강복구비용과 천재지변에 의해 파괴되었을 경우의 보수보강복구비용은 차이가 나게 마련이다. 또한 보수보강 우선순위를 결정하는데 있어서 파괴의 관점에서 바라볼 때는 파괴시 하류측 피해상황을 근거로 하여야 한다. 본 연구에서는 수리구조물, 특히 농업용 저수지의 파괴에 영향을 미치는 인자를 설정하고, 이를 평가하기 위한 모형을 제시하였다.

3.1 저수지의 구조

저수지는 크게 제체, 여수토·방수로, 정수지, 취수시설의 4가지 서브 시스템으로 나누어 볼수 있으며, 각 서브시스템들은 단위요소를 가진다. 따라서 <그림 1>과 같은 직렬시스템으로 구성할 수 있다.

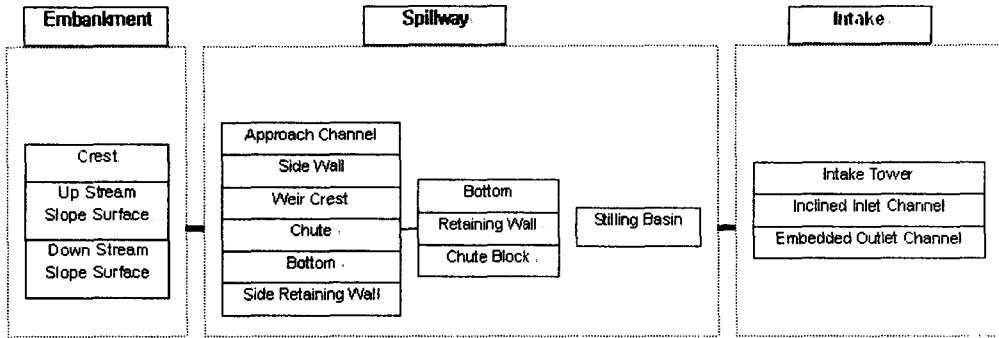


그림 1, Component of reservoir system

3.2 파괴 인자

저수지의 파괴는 저수지 시스템에서 한 요소만이라도 파괴 되었을 때 일어난다. 파괴는 저수지의 각 요소별로 서로 독립적으로 일어나므로 저수지의 모든 요소는 직렬적으로 연결된다. 마찬가지로 체체의 파괴는 구성요소인 댐마루, 상류사면, 하류사면 중 한 요소만이라도 파괴되었을 때 일어난다. 여기서는 저수지의 요소별 점검내역을 파괴에 중점을 두어 분류하였다.

저수지가 파괴되는 주요 원인을 살펴보면,

- ① 물넘이의 단면부족으로 홍수 때 물이 댐마루를 넘쳐 흐르게 되어, 체체 상부가 삼각형 또는 사다리꼴 모양으로 잘려나가는 경우
- ② 물넘이나 방수로의 구조가 불완전하므로 생기는 경우
- ③ 댐의 비탈면기울기가 너무 급하여 장마시에 바깥쪽 비탈면이 포화되어 사태가 나거나 또는 저수위가 갑자기 저하됨으로써 안쪽 비탈면에 사태가 생겨 결국 댐이 터지게 되는 경우
- ④ 누수에 기인하는 관공작용으로 비탈면이나 기초가 손상되어 댐이 터지게 되는 경우
- ⑤ 댐 기초지반의 지지력이 부족하여 부동침하가 생기거나 활동이 생기는 경우
- ⑥ 댐의 설계나 시공의 잘못으로 침윤선이 댐의 바깥쪽 비탈면과 교차하게 됨으로써 댐의 안정성을 잃어버리게 되는 경우

결국 저수지의 파괴를 일으키는 요인은 체체의 불안정, 관공작용, 비탈면의 활동, 댐마루를 통한 물의 넘쳐흐름(overflow)의 네가지로 귀결할 수 있다.

4. 안전도 평가 지원시스템(Safety Evaluation Decision Support System : SADS)의 구조

Cybenko는 다층 신경망 구조에서의 은닉층의 개수를 결정하는 연구를 수행하였다(Hertz etc, 1991). 이 연구에 의하면, 입력레이어의 수가 많다 하더라도, 두 개의 은닉층만으로도 충분히 근접한 결과를 얻을 수 있다. 그리고 하나의 은닉층만으로도 임의의 연속적인 함수값에 근접할 수 있다. 또한, 은닉층의 개수가 늘어날수록 학습속도가 떨어진다.

이번 연구에서는, 은닉층의 개수를 하나로 설정하였다. 은닉층의 개수를 결정하는 방법

이 존재하지 않지만, 보편적으로 신경망의 성능은 은닉층의 개수와 비례하는 것으로 알려져 있다. 이 모듈에서는, 은닉층의 노드 개수 n 이 입력 변수의 개수와 같다.

본 연구에서는, 적절한 학습비율과 back propagation의 momentum을 결정하기 위해 많은 실험을 하였다. 그 결과, 학습계수는 0.65, momentum계수는 0.7을 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 밝혀졌다. 학습패턴을 만들기 위하여 모든 조건의 점수를 normalizing 하였다. 파괴 요인(Input node)은 저수지의 지형 정보 및 기상정보 datat and Result of AHP method 사용하여 선택하였 최종적으로 <그림 3>에서 선택하였다.

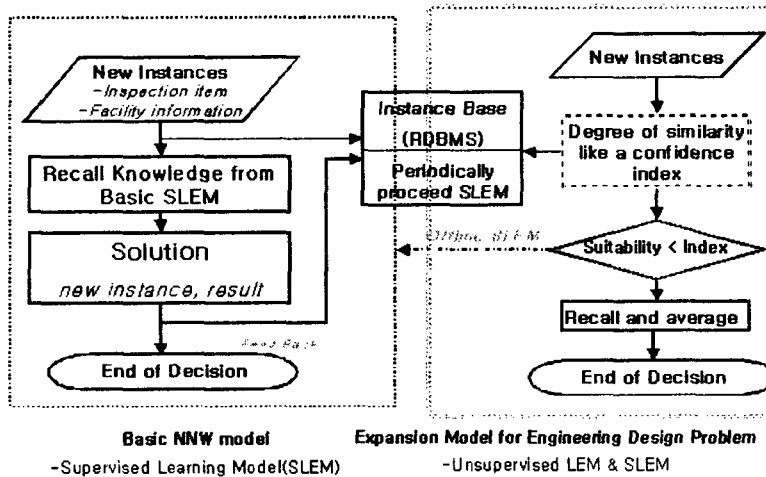


그림 2. Conceptual SADS (Safety Assessment Decision Support System)

	Minimum	FirstQuart	Median	ThirdQuart	Maximum	Rating1	Rating2	Rating3	Rating4	Rating5
MaxRain 1Hour	31.725	36.005	41.21	46.8	51.55					
Tyear	8	32.5	42	56	56					
Ryear	0	0	0	6.5	30					
PrecisionSafety Assessment	0	0	2	3	5					
WaterShed Area (ha)	5	50	124	298	24,000					
Leakage of Embank	10	14.5	15	20	25	5	10	15	20	25
Height of Embank	4	11	12	12.5	17	4	8	12	16	19
Outer Slope (Rating)	1	2	2	3	4	1	1	2	3	4
Inner Slope (Rating)	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
Spill Way (Rating)	4	6	9	9.5	15	3	6	9	12	15
Wall of Outlet (Rating)	3	3	5	5	7	2	3	5	7	8
Foot of Outlet (Rating)	2	2	3	3.5	5	1	2	3	4	5
Stilleg (Rating)	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
DownFolder (Rating)	4	8	7	13	17	4	7	10	14	17
SideFolder (Rating)	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2
Stilleg (Rating)	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

그림 3. Characteristics of input data set

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 저수지를 요소별로 분류하였으며 선택된 요소를 뉴럴네트워크를 이용한 안전도평가 모델의 입력자료로서 사용하였다. AHP 방법을 이용한 뉴럴네트워크의 구성방법을 설명하였으며, 뉴럴네트워크방법의 적용성을 검토하였다.

과피결정요인들을 AHP에 의한 PSAAR분석을 통해 추출하였으며, 3단계의 등급을 가지는 구조물은 제체, 방수로, 그리고 접근수로의 안전도를 나타내기 위해 채택되었다. 통계적으로 인자 상호간의 관계를 분석하였으며, 저수지의 각 구성 요소간의 관계를 나타낼 수 있었다.

또한 인공지능경망에 기반한 실례를 가진 상태평가모델(SADS)을 구축해본 결과 0.65의 학습계수와 0.70의 momentum계수를 이용한 SADS 모듈은 좋은 성능을 보여주었다.

6. 참고문헌

- [1] Flood, L, and Kartam, N. (1994a). Neural Networks in Civil Engineering. I : Principles and Understanding. J.Comp. in Civil Engr., ASCE, Vol. 8, No. 2, pp. 131-148
- [2] Flood, L, and Kartam, N. (1994b). Neural Networks in Civil Engineering. II : Systems and Application. J.Comp. in Civil Engr., ASCE, Vol. 8, No. 2, pp. 149-162
- [3] Hertz, J., Krogh, A., and Plamer, R.G. (1991). Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison Wesley.
- [4] Kosko, B. (1992). Neural Networks and Fuzzy Systems. Prentice-Hall.
- [5] Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J. (1986), Learning Representations by Back-Propagating Errors, Nature, Vol.323, pp.533~536, 1986.
- [6] KARICO.(1999) Precise Safety Assessment Annual Reports.
- [7] Klungboonklong, P., M.A.P. Taylor (1999), An Integrated Planning Tool for Evaluating Road Environmental Impacts, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 14, pp. 335-345, 1999.
- [8] Marcello Bragilia (2000), MAFMA:Multi-attribute Failure mode analysis, International J. of Quality and Reliability Management, Vol. 17(9), pp.1017-1033, 2000.
- [9] Satty, T.L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, McGraw-hill, N.Y., 1980.