

# 신경망을 리용하여 방사선조임에 따르는 CCD카메라의 전하전달률떨화를 예측평가하기 위한 한가지 방법

황철훈, 고병춘

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 과학자, 기술자들이 과학기술발전의 추세에 맞게 첨단과학과 기초과학발전에 힘을 넣어 나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제20권 62페이지)

원자로나 우주방사선조임환경에서 리용되는 CCD카메라들에서 화상의 질은 방사선 변위손상결합들에 의하여 점차 열화되며 방사선선량이 일정한 한계에 이르면 카메라의 기능이 나빠지는 현상까지 나타난다. 그것은 방사선효과에 의하여 전하결합소자의 전하 전달통로에 신호전하들을 포획하는 살창결합들이 산생된데 있으며 이 살창결합들이 CCD카메라의 성능을 열화시키기때문이다. 전하전달통로에 산생된 살창결합들은 CCD카메라의 중요한 특성량들중의 하나인 전하전달손실률을 증가시켜 성능을 열화시킨다.[2] 이로부터 우주 및 원자로방사선환경에서 리용될 CCD카메라들의 전하전달률떨화를 정확히 예측평가하는것은 중요한 문제로 나선다.

본문에서는 방사선조임환경에서 CCD카메라의 중요한 특성량들중의 하나인 전하전달률의 떨화를 신경망을 리용하여 예측평가하는 한가지 방법을 제기하고 그 정확성을 고찰하였다.

## 1. 신경망입출력자료의 선택

자료의 예측평가를 위하여 오차역전과망을 리용하였으며 이 신경망은 1개의 입력층(0층)과 1개의 숨은층(1층), 1개의 출력층(2층)으로 구성되어있다.

학습표본은 방사선조임에 따르는 CCD카메라의 전하전달률떨화를 평가한 연구자료 [1-3]들로 선택하였으며 입출력벡토르의 크기는 각각  $11 \times 132$ ,  $1 \times 132$ 이다.

숨은층신경세포의 수는 MATLAB를 리용하여 변화시킬수 있게 프로그램화하였다. 그리고 숨은층전달함수는 시그모이드함수, 출력층전달함수는 선형함수로 설정하였다.

11개의 입력벡토르와 1개의 출력벡토르를 가진 2층 BP신경망의 구성도는 그림 1과 같다.

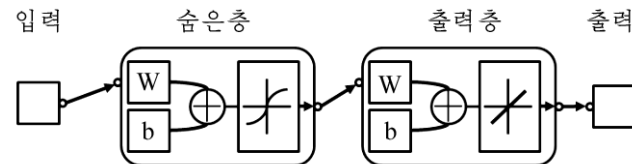


그림 1. 11개의 입력벡토르와 1개의 출력벡토르를 가진  
2층 BP신경망의 구성도

신경망표적자료는 목적하는 전하전달손실률(CTI)로서 1개의 인자만을 가지며 표적백

토르는  $1 \times 132$ 개의 원소를 가진다.

신경망의 입력으로는 방사선립자의 에네르기, 방사선뭉음, 전하전달률측정온도, 화소 크기, 전하전달차수, 산화물층의 두께, 박자주기, 소자두께에 대한 결핍층두께의 비를 비롯하여 11개의 인자를 선택하였으며 입력벡터의 크기는  $11 \times 132$ 이다. 숨은층세포수는 50개로 선택하였다.

## 2. 신경망학습 및 전하전달손실률의 예측평가

입력자료와 표적자료 및 신경망을 리용하여 평가한 예측자료는 표 1과 같다.

표 1. 입력자료와 표적자료 및 신경망을 리용하여 평가한 예측자료

에네르기 /MeV	방사선 뭉음 /( $\cdot 10^9 \text{cm}^{-2}$ )	측정 온도 /K	화소 면적 / $\mu\text{m}^2$	전달 차수	산화물층 두께 / $\mu\text{m}$	박자 주기 / $\mu\text{s}$	결핍층 두께 / $\mu\text{m}$	측정값 /( $\cdot 10^{-5}$ )	예측값 /( $\cdot 10^{-5}$ )
0	조임전	145	729	512	0.1	200	44	1.00	1.06
3	6	145	729	512	0.1	200	44	8.00	7.87
3	6	147	729	512	0.1	200	44	7.50	7.43
3	6	150	729	512	0.1	200	44	7.00	7.17
12	1	128	225	1 024	0.5	13 000	300	9.00	8.98
12	10	128	225	1 024	0.5	13 000	300	17.0	17.4
12	50	128	225	1 024	0.5	13 000	300	40.0	39.9
63.3	1	193	225	4 096	0.1	125	44	8.20	8.31
63.3	2.5	193	225	4 096	0.1	125	44	9.00	9.10
12.5	100	133	110.25	3 512	0.5	14 300	200	39.0	39.0
55	100	133	110.25	3 512	0.5	14 300	200	21.0	21.0

학습순환에 따르는 평균두제곱오차곡선은 그림 2와 같다.

그림 2에서 1은 학습자료의 평균두제곱오차곡선이며 2는 시험자료의 평균두제곱오차 곡선, 3은 학습이 최량화된 위치이다. 그래프는 992번의 반복순환과정에 409번째 순환에서 가장 훌륭한 학습성능을 나타내며 이때 성능파라미터는 0.006 9라는것을 보여준다.

학습과 시험자료들에서 표적값 대 출력값들의 상관곡선은 그림 3과 같다.

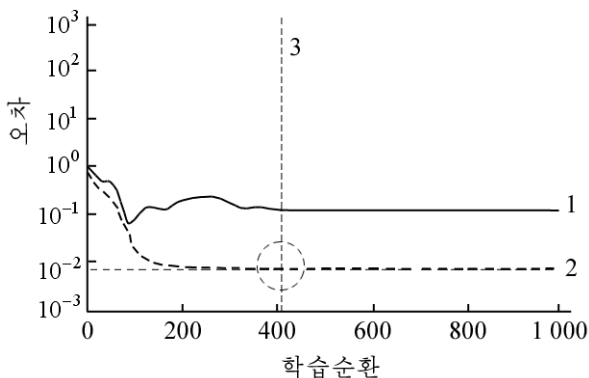


그림 2. 학습순환에 따르는  
평균두제곱오차곡선

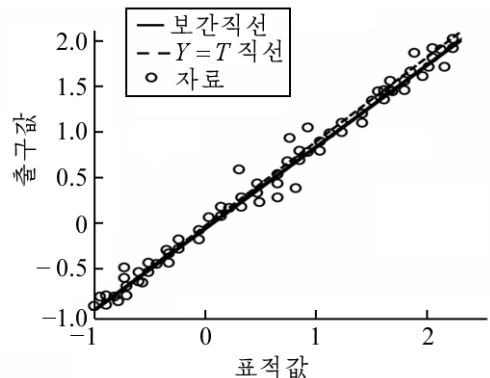


그림 3. 학습과 시험자료들에서 표적값 대  
출력값들의 상관곡선

그림 3에서 보는바와 같이 보간직선이  $Y=T$  (출구=표적)의 그래프에 매우 가깝게 접근할수록 학습결과가 믿음직하다는것을 보여주며 이때 상관결수는  $R=0.988$ 이다.

먼저 p-통로 FI(정면) CCD카메라에 대하여 에너기가  $12\text{MeV}$ ,  $10^{11}\text{cm}^{-2}$ 인 양성자뭉음으로 쪼임한 후 온도에 따르는 전하전달손실률의 측정값[2]과 신경망을 리용하여 평가한 예측값들을 비교하였다.(표 2)

표 2. 측정값[3]과 예측값들의 비교

측정 온도 /K	측정 값 /( $\cdot 10^{-5}$ )	예측 값 /( $\cdot 10^{-5}$ )	측정 값 대 예측 값
120	12.5	13.4	0.933
128	20.0	22.0	0.909
138	39.0	42.0	0.929
150	38.0	36.0	1.06
160	32.0	33.0	0.970
170	23.0	21.0	1.10
180	11.0	12.0	0.917
190	5.00	5.30	0.943
200	7.00	7.10	0.986

표 2에서 측정값 대 예측값의 비는  $0.97 \pm 0.07$ 이며 측정값에 대한 예측값의 상대오차는 약 6.9%이다.

믿음한계는 표준편차로 평가하였다. 표준편차는 다음의 식으로 평가하였다.[2]

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |A_i - \mu|^2}$$

여기서  $\mu$ 는  $A$ 의 평균값으로서 측정값 대 예측값의 비로 나타내는 우연량으로서

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_i A_i$$

이며  $N$ 은 예측개수이다.

시험에 리용된 CCD카메라는 p-통로 FI(정면) CCD카메라이고 화소배렬은  $512 \times 1024$ , 1개 화소크기는  $15\mu\text{m}^2$ 이며 에너기가  $12\text{MeV}$ ,  $10^{11}\text{cm}^{-2}$ 인 양성자뭉음의 쪼임을 받았다.

다음으로 p-통로 FI(정면) CCD카메라에 대하여 199K의 온도에서  $12.5\text{MeV}$ 의 양성자쪼임을 받을 때 양성자뭉음에 따르는 전하전달손실률의 측정값[3]과 신경망을 리용하여 평가한 예측값들을 비교하였다.(표 3)

표 3에서 측정값 대 예측값비의 범위는  $1.03 \pm 0.07$ 이며 측정값에 대한 예측값의 상대오차는 약 7.1%이다.

표 3. 측정값[4]과 예측값들의 비교

방사선뭉음 /( $\cdot 10^9\text{cm}^{-2}$ )	측정 값 /( $\cdot 10^{-6}$ )	예측 값 /( $\cdot 10^{-6}$ )	측정 값 대 예측 값
0.01	2.20	2.30	0.961
0.1	4.50	3.93	1.15
1.00	14.0	13.6	1.03
10.0	65.0	65.2	0.996
100	390	390	1.00

p-통로 FI(정면) CCD카메라의 화소배렬은  $3512 \times 3512$ , 1개 화소크기는  $10.5\mu\text{m}^2$ 이며  $12.5\text{MeV}$  양성자뭉음에 로출되었으며 CTI측정은 190K의 온도에서 진행되었다.

표 2, 3에서 보는바와 같이 신경망을 리용하여 예측평가한 결과는 선행연구결과[2]와 거의 일치하였다.

## 맺 는 말

1) 신경망을 리용하여 CCD카메라의 중요한 특성량중의 하나인 전하전달률열화를 예측평가하기 위한 한가지 모형을 설계하였다.

2) 설계한 신경망의 학습을 통하여 평가한 결과와 선행연구와의 비교를 통하여 평가 결과의 정확성을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

[1] 김신길, 김성혁; 흥미있는 인공신경망, 81~99, 143~150, 과학백과사전출판사, 주체93(2004).

[2] C. Bebek et al.; IEEE Trans. Nucl. Sci., 49, 3, 1221, 2002.

[3] Kyle Dawson et al.; IEEE Trans. Nucl. Sci., 55, 3, 1725, 2008.

주체109(2020)년 9월 5일 원고접수

## **A Method to Predict and Valuate the Charge Transfer Efficiency Degradation of CCD Camera with Radiation Irradiation Using the Neural Network**

*Hwang Chol Hun, Ko Pyong Chun*

We designed a model to predict and valuate the charge transfer efficiency degradation, the important characteristic of the CCD camera, using the neural network.

We verified the accuracy of the model with comparing the simulation results with the previous works.

Keywords: neural network, charge transfer efficiency degradation