

조류를 이용한 수계모니터링 시스템에서 뉴럴 네트워크에 의한 실시간 독성물질 판단 On-line Identification of The Toxicological Substance in The Water System Using Neural Network Technique

*정종혁¹, 정하규¹, 이현욱¹, #권원태¹, 김상길² 전숙례²

*J. H. Jung¹, H. K. Jung¹, H. W. Lee¹, #W. T. Kwon(kwon@uos.ac.kr)¹, S. L. Jeon², S. G. Kim²
¹서울시립대학교 정밀 가공 및 자동화 연구실, ²환경바이오

Key words : Algae, Neural network, On-line identification

1. 서론

최근 우리 사회는 환경을 오염시키는 물질들을 감시하고 관리하는 제품들이 많이 나오고 있다. 여기서 논의될 주제는 화학 제품을 이용하지 않고, 각각의 독성 물질에 반달말이 반응하는 광합성 변화량을 이용하여 검출하였다. 이렇게 수중 생물을 이용하여 수질 독성 물질을 검출하는 방법이 많이 등장하고 있다. 그리고 앞으로 이러한 제품들이 많이 등장하고, 널리 퍼질 이라고 예상된다. 하지만 독성 물질을 검출하는 방법을 구하기가 쉽지가 않고, 아직은 미흡한 단계에 있다.

여기서 우리가 소개할 내용은 각각의 독성 물질에 반응하는 반달말의 광합성량 변화 데이터를 이용해서 시간에 따라 측정된 다음, 그 변화 추이를 Neural network 를 이용하여 검출하는 것이다.

2. 실험 장치 및 과정

실험에 사용된 실험장치는 WEMS-M(환경바이오)이다. 기본원리는 조류(algae)가 광합성 과정 중 발생시키는 여분의 형광량이 독성물질이 침투될 때 나타나는 변화를 감지해 정상 상태의 형광량(대조구:Refence)와 독성 물질 유입시의 형광량(실험구:Sample)의 차이를 측정하여 데이터를 얻는다. 실험 장치의 구성은 채수부, 구동부, 컨트롤부로 구성되어 있다. 채수부는 실험수와 대조수의 채수를 조절하고, 시험에 사용된 반달말을 교체하는 부분이다. 그리고 구동부는 채수 및 반달말에 빛을 가해서 광합성량을 측정하는 부분이다. 마지막으로 컨트롤부는 구동부와 채수부가 작동되고 있는 상황과 반달말의 광합성량을 보여주는 부분이 되겠다.

하나의 시험수를 이용한 실험 시간은 30분이 된다. 30분동안 일정한 양의 빛을 가하게 된다. 그리고 광합성량을 측정할 때에는 일정한 양의 빛의 3 배정도의 빛을 가하게 된다.

한번의 실험이 끝나면, 시험수와 대조수가 교체된다. 그리고 교체된 시험수와 대조수에는 새로운 반달말이 투입된다.

3. 실험 데이터 추출 방법

실험에 측정된 형광량을 이용해서 Wem-tox 라는 데이터 값을 아래에 있는 식(1), (2), (3)을 이용해서 구했다.

$$Y_R = \frac{Fm_R - F_R}{Fm_R} \quad (1)$$

$$Y_S = \frac{Fm_S - F_S}{Fm_S} \quad (2)$$

$$Wem - tox = \frac{Y_S - Y_R}{Y_S} \quad (3)$$

Fm_R : Maximum Fluorescence of Reference

F_R : Fluorescence of Reference

Fm_S : Maximum Fluorescence of Sample

F_S : Fluorescence of Sample

Y_R : Quantum Yield of Reference

Y_S : Quantum Yield of Sample

실험에 사용된 독성 물질이 테이블 1에 주어졌다.

4. 독성 물질을 확인 원리 및 조건

독성 물질을 확인하기 전에 먼저 식(1), (2), (3)을 이용하여 구해진 Wem-tox 값의 이동평균 값을 이용하여, 시간에 대한 그래프로 그렸다. 그리고 이 그래프를 커브피팅을 적용한 그래프로 다시 구하였다.

커브피팅은 여러 개의 커브피팅 방법을 적용하여, R² 값과 Chi²DoF 값이 최적값을 보이는 방법이 각각의 Wem-tox 커브피팅에 선택되었다. 테이블 2는 각 실험에 사용된 커브피팅 방법이다.

16개의 출력값이 0.3 을 기준으로 위쪽과 아래쪽으로 나뉘므로 0.3미만인 그룹 1과 0.3이상인 그룹 2로 나누었다. 그리고 1 그룹과 2 그룹을 구분하는 평균값 0.3 에 근접하는

Table 1 Toxicities and their quantity(ppm) used for the experiments

Cu (ppm)	Diazinon (ppm)	Cyanogen (ppm)	Atrazine (ppm)	Fe (ppm)	Waste water
1	1	1	0.01	10	Rubber
10	10	5	0.1	20	Pigment
100	100	10	1		

Table 2 Cuve fitting method of each experiment

Experiment	Curve fitting method	Experiment	Curve fitting method
Cu 1 ppm	Biphscic	Cyanogen 1 ppm	Asym2sig
Cu 10 ppm	Polynomial 5	Cyanogen 5ppm	Polynomial 5
Cu 100 ppm	Polynomial 5	Cyanogen 10ppm	Polynomial 5
Diazinon 1 ppm	Biphscic	Atrazine 0.01 ppm	LogNormal
Diazinon 10 ppm	GaussAmp	Atrazine 0.1 ppm	Biphscic
Diazinon 100 ppm	Polynomial 5	Atrazine 1 ppm	Polynomial 5
Fe 10 ppm	Polynomial 5	Rubber	Polynomial 5
Fe 20 ppm	Polynomial 5	Pigment	Polynomial 5

독성 물질은 두 그룹 모두에 속하고, 그룹 분류는 테이블 3에 나와있다.

커브 피팅된 Wem-tox 값을 기준 입력값으로 하여, 각 그룹의 독성 물질을 대표하는 신경 회로망을 구하였다. 신경 회로망에 영향을 주는 파라미터는 은닉층수, 입력 값 개수, 모멘텀, 학습률이 되며, 신경 회로망을 최적화 하기 위해 다투지 방법의 $L_{18}(2^1 \cdot 3^7)$ 직교 배열을 이용하였다.

다투지 방법을 이용해 오차가 가장 적게 나오는 모델을 구했으며 그 결과는 테이블 4에 나와 있다. 하지만 다투지 방법을 사용하여 구한 신경 회로망으로도 판별이 잘 되지 않는 독성 물질은 Fig. 1에 주어진 알고리즘을 이용하여 판별 정확도를 높였다.

Table 3 Neural Network model determined by Taguchi method

Hidden layer	No. hidden layer neuran	No. of input	Momentum	Alpha
1	6	100	0.1	0.1

Table 4 Group sorted by the average

Group 1	Group 2
Cu 1,10,100 ppm Diazinon 1,10,100 ppm Cyanogen 1,5,10 ppm Atrazine 0.01 ppm Fe 10 ppm Fe 20 ppm	Cu 100 ppm Diazinon 100 ppm Atrazine 0.1 ppm Rubber Pigment

5. 결론

Wem-tox 시스템에서 독성물질을 판단하는 신경 회로망 모델을 개발하여 적용하였다. 그리고 적합한 신경 회로망 모델을 선택하기 위해서 다투지 방법을 이용하였다.

독성 물질은 Wem-tox 의 평균 크기에 따라 2 그룹으로 나누어졌고, 16개의 독성 물질 중 시안 1ppm 과 철 20ppm을 제외한 나머지 독성 물질은 매우 잘 검출되었다. 그리고 Fig. 1의 판단 알고리즘을 이용하면 독성 물질을 검출하는 정확도는 더욱 높아졌다.

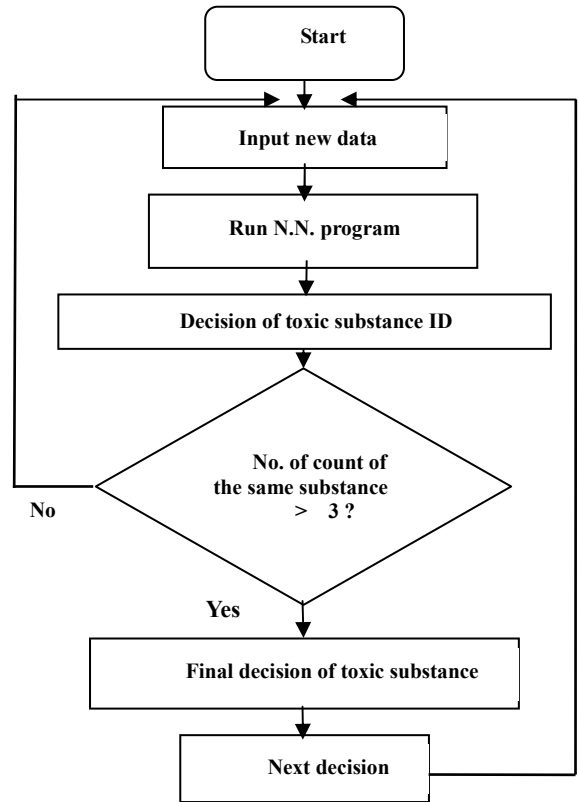


Fig. 1 Flow chart to determine the toxicological substance contaminating the water

참고문헌

1. 이상원, 한승, “학습하는 기계 신경망,” Ohm, 43-327.
2. 김호성, 양형식, 임균택, 전태준, 정창복, “강건설계를 이용한 품질공학,” 민영사, 59-103.
3. 김상길, 전숙례, 김부길, “Fluorescence Measurement for Potassium Cyanide using Closterium ehrenbergi”, Ecotoxicology Monitoring Institute, 2-6.
4. Ricardo M. Letelier, Mark R. Abbott, “An analysis of Chlorophyll Fluorescence Algorithms for the Moderate Resolution Imaging Spectrometer, 3-8

Table 4 Out put value by test input

Out In	Cu 1	Cu 10	Cu 100	Dz 1	Dz 10	Dz 100	Cg 1	Cg 5	Cg 10	At 0.01	At 0.1	At 1	Rb	Pg	Fe 10	Fe 20
Cu1	0.54	0.00	0.00	0.28	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
Cu10	0.00	0.96	0.02	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cu100	0.00	0.01	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dz1	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Dz10	0.37	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dz100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cg1	0.68	0.00	0.00	0.29	0.25	0.00	0.00	0.06	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
Cg5	0.25	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.63	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cg10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.97	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
At0.01	0.07	0.00	0.00	0.12	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.33	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00
At0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
At1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Rb	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00
Pg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00
Fe10	0.07	0.00	0.00	0.27	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.39
Fe20	0.07	0.00	0.08	0.19	0.23	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.66