

퍼지 적분을 이용한 금강지천의 수질오염 평가 시스템 구현

Implementation of Evaluation System of Water Quality for Branches of Geum River Using Fuzzy Integral

한석순*, 김홍기*, 이경호***, 우선희**, 김재정*, 정근욱*
충북대학교 농업생명환경대학 농화학과*, 충북대학교 농업생명환경대학 식물자원학과**
경주대학교 환경계획학 전공***

Seok-Soon Han(xotla@hanmail.net)*, Hong-Ki Kim(khknavy@chungbuk.ac.kr)*,
Kyung-Ho Lee(leekh@kyongju.ac.kr)***, Sun-Hee Woo(shwoo@chungbuk.ac.kr)**,
Jai-Joung Kim(jjkim@chungbuk.ac.kr)*, Keun-Yook Chung(kychung@chungbuk.ac.kr)*

요약

퍼지 적분을 이용하여 금강지천의 수질 오염을 평가하는 새로운 시스템을 연구하였다. 이 논문은 BOD(biochemical oxygen demand, 생물학적인 산소 요구량), COD(chemical oxygen demand, 화학적인 산소요구량), SS(suspended solids, 부유물질), T-N(total nitrogen, 총질소), T-P(total phosphorus, 총인)의 다섯 가지의 수질 오염 평가 항목에 대한 자료를 기반으로 하였다. 퍼지 적분의 측량은 수질 오염이 어떤 요소의 의존 정도에 따라 결정지어진다. 척도들 간의 측정치를 평가하여 금강의 지천을 [0,1]사이에 분포하도록 정규화 시켰다. 퍼지 적분을 이용하여 금강의 지천에 수질 오염 척도를 정량적으로 나타내었다. 결론적으로 금강의 지천에 수질의 오염 정도를 새로운 시스템으로 평가하는 방법을 제시하고자 한다.

■ 중심어 : 퍼지 적분 | 평가시스템 | 수질 | 오염 | BOD | COD | SS | T-N | T-P |

Abstract

The new system evaluating the pollution of the water quality for the branches of geum river using the fuzzy integral was proposed in this study. In this paper, the five individual factors, such as BOD(biochemical oxygen demand), COD(chemical oxygen demand), SS(suspended solids), T-N(total nitrogen), and T-P(total phosphorus) are selected. The measurement of fuzzy integral was determined depending on the degree of how they affect the pollution of water quality. The real values for the five factors measured and obtained from the branches of the geum river was normalized to ranging from 0 to 1. Finally, using the fuzzy integral, the degree of the pollution for the branches of geum river was expressed as the real numerical number. As a result, it appears that this approach can be proposed as the new system evaluating the pollution of the water quality for the branches of the geum river.

■ Key words : Fuzzy Integral | Evaluation System | Water Quality | Pollution | BOD | COD | SS | T-N | T-P |

* 본 연구는 2005년도 충북대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

접수번호 : #060710-002

심사완료일 : 2006년 10월 16일

접수일자 : 2006년 07월 10일

교신저자 : 정근욱, email : kychung@chungbuk.ac.kr

I. 서론

오늘날 우리는 산업의 발달로 인하여 풍요로운 삶을 누리고 있으나 이와 함께 여러 가지 사회 문제들이 생겨나고 있다. 이중 가장 문제시 되는 것은 역시 환경오염 문제라고 할 수 있다. 이는 어떤 특정국가나 지역사회의 문제가 아닌 전 인류의 공통 관심사로 대두되고 있다. 서구 선진국들은 이미 오래전부터 환경문제를 심각하게 인식하고 대처해 오고 있으나 우리나라는 근래에 들어서야 많은 관심을 기울이게 되었다. 우리나라의 경우 산업폐수 및 생활하수의 하천 유입으로 인해 수질 오염이 심화되고 있으며, 이들 오염 물질이 자연생태계는 물론 인간의 생명까지 위협하고 있는 실정이다.

이러한 상황에서 수질오염 정도에 대한 평가와 대책이 필수적이다. 기존의 수질오염 평가 방법은 채취된 시료에서 BOD(biochemical oxygen demand, 생물학적인 산소 요구량), COD(chemical oxygen demand, 화학적인 산소요구량), SS(suspended solids, 부유물질), T-N(total nitrogen, 총질소), T-P(total phosphorus, 총인) 이상 다섯 가지 항목들을 측정하여 평가하였다. 그러나 이 측정치의 범위가 모두 제각각이고, 서로 다른 관점에서 개별적으로 측정하고 평가하고 있다[1-5].

따라서, 현재의 평가 시스템은 단순히 정성적인 차원의 체크리스트 수준을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 효율적이고 타당성 있는 종합적인 평가방법을 개발하여 정확한 수질오염도의 판정 및 분석이 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 대전권과 청주권 및 신행정도시에 위치한 금강의 지천인 갑천에 대한 BOD, COD, SS, T-N, T-P의 다섯 가지의 수질 오염 평가 항목에 대한 자료를 기반으로 하여, 퍼지측도 및 퍼지적분을 적용하여 보다 안정적인 수질오염 평가 시스템을 구현하는데 그 목적이 있다[6].

II. 수질 오염 평가 요인

대부분의 수질 오염도를 측정 평가 분석하는 데 BOD(biochemical oxygen demand, 생물학적인 산소요구량) COD(chemical oxygen demand, 화학적인 산소요구량), SS(suspended solids, 부유물질), T-N(total nitrogen, 총질소), T-P(total phosphorus, 총인)의 다섯 가지 항목이 주로 사용되고 있다.

BOD(생물학적 산소요구량)은 물의 유기오염 지표의 한가지로서 물속의 호기성 미생물이 유기물을 분해, 안정시키는데 사용되는 산소량이다. 즉, BOD는 수질이 어느 정도 오염되었는가를 나타내는 기준이 된다. 또한, BOD는 물속의 유기물을 산화 분해시켜 정화하는데 소비되는 산소의 양을 ppm으로 나타낸다. 오염된 물 일수록 BOD의 값은 높아진다. BOD 5ppm 이상이 되면 하천은 자기정화 능력을 잃으며, BOD 10ppm을 넘을 때는 나쁜 냄새를 풍기며 시궁창 하천이 된다.

COD(화학적 산소요구량)은 물속의 유기물을 화학적으로 산화시켜 소비되는 산소량을 말하며, 산화제가 유기물을 화학적으로 산화시킬 때 소비되는 산소량은 ppm 단위로 표시한다. COD는 BOD와 마찬가지로 물속의 유기물 함량을 간접적으로 측정하는 방법이다. 그 대신 BOD는 미생물을 이용하여 측정하므로 증균속과 같은 물질을 함유한 공장폐수의 유기물 함량의 측정은 불가능하나, COD는 이와 같은 폐수도 측정가능하다. 그래서 일반적으로 하천이나 도시 하천은 BOD값을 사용하며, 공장 폐수나 해수 등의 오염지표로는 COD값이 많이 사용한다.

SS(부유물질)은 물에 용해되지 않고 수중에 현탁되어있는 유기물과 무기물을 함유하고 있는 고형물이며, 이는 오염된 물의 수질을 표시하는 지표이다. 이것은 생활하수나 공장폐수 중에 유기물질 및 무기물질의 고형물이 현탁 상태로 포함되어 있다. 하천·호소·해수 등 자연수역에 방류되면 물의 탁도를 높이고 외관을 더럽히며, 생물분해 가능한 유기물질이 분해되며 용존 산소를 감소시키는 등 자연수질을 오염시킨다.

T-N(총질소)는 수중에 함유된 질소화합물의 총량으로 무기성 질소 및 유기성 질소의 질소량의 합계를

말한다. 무기성 질소로는 암모니아 질소, 아질산성 질소 및 질소가 있으며, 유기성 질소로서는 단백질, 아미노산, 폴리펩티드 등의 동식물의 조직 성분과 이들의 분해 과정에서 포함되는 질소, 요소 등이 있다. 이것은 생활하수, 논밭, 축산폐수, 공장폐수 등으로부터 유입되며, 하천·호소의 부영양화 및 해수의 적조를 일으키는 원인 물질 중 하나이다.

T-P(총인)은 수중에 함유된 인 화합물의 총량을 말하며, 인화합물은 유기인산, 축합인산, 피로인산 등의 형태로 존재한다. 인은 질소와 함께 수질계를 부영양화하는 영양염류로 적조의 원인 물질이기도 하다. 인 화합물은 분뇨, 공장폐수, 합성세제, 비료 등으로부터 유입되어 하천·호수·해수 및 자연수역을 오염시킨다.

이 논문에서 퍼지적분을 이용한 수질오염평가 시스템 구현을 위해 사용한 측정 항목은 BOD, COD, SS, T-N, T-P의 다섯 가지 항목이다. 본래 자연 하천수의 등급표시에 사용되는 수질분석항목은 pH, SS, BOD, DO, 대장균군 이다. 하천으로 유입 합류전의 지천을 대상으로 측정된 항목과 다소 차이가 있다. 그러나 하천으로 유입되기 전의 지천의 수질 오염도 평가를 위해 측정된 다섯 가지 항목의 자료는 지천이 하천으로 유입되어 하천의 오염도에 직접적으로 영향을 줄 수 있기 때문에[7] 하천으로의 유입 합류이전에 지천의 오염도 수준을 평가하기 위해 관형적으로 측정되는 다섯 가지 항목에 대한 측정 자료는 하천의 수질 등급을 평가하는 데 간접적으로 사용될 수 있을 것으로 사료되어, 수질평가 시스템구현을 위한 기초 자료로 사용하기로 결정하였다.

III. 퍼지 적분

1974년 M. Sugeno[8][9]에 의하여 어떤 대상을 종합평가하는 의미의 퍼지적분 개념이 소개된 이후 많은 다양한 분야에서 이를 이용하여 종합평가를 시행하고 있다. 평가문제에 있어서 복잡한 평가대상을 계층구조의 형태로 분석함으로써 의사결정을 보다 용이하게 하고자 하는 목적으로 널리 사용되고 있는 방법으로서

계층분석법이 있다. 그러나 계층분석법은 각 평가항목의 중요도를 가법성이 성립하는 확률적으로 구성하고 단순가중법에 의하여 중요도를 통합하는 방법을 취하고 있어 가법성이 성립하지 않는 대상을 평가할 때에는 그 적용에 한계가 있다. 이러한 경우 퍼지측도를 이용한 비가법적인 평가방법으로서 평가요소가 독립적인 요소와 종속적인 요소가 혼재되어 있어도 사용할 수 있는 퍼지적분이 유효한 것으로 알려져 있다. 퍼지 측도(fuzzy measure)는 가법성(additivity)을 만족하지 않고, 단조성만을 고려한 일종의 집합치 함수로, 구성 요소 사이의 작용을 표현하는 수학적 도구라 할 수 있다. 퍼지 측도가 측정해 온 상호작용은, 크게 (1) 속성의 중요도, (2) 단위를 갖는 양 (3) 확실함의 정도로 분류된다. 이러한 퍼지 측도에 관한 Sugeno의 퍼지 적분은, 어떤 대상을 여러 항목(또는 관점)에 대해서 평가하고, 각 항목에 대해서 평가를 하며, 각 평가 항목의 중요도에 차이가 있을 경우, 이들 평가치를 모두 종합하는데 이용될 수 있다. 특히 퍼지 적분은 주관적인 판단이 개입되는 평가문제에서 유용하게 이용되므로, 의사결정(decision making)문제, 비선형 분류(nonlinear classification), 비선형 다중회귀분석(nonlinear multiregression) 문제들과 같은 데이터 마이닝(data mining), 정보 융합(information fusion)분야뿐 아니라 어떤 대상을 평가하는 방법으로 다양한 분야에서 이용되어왔다.

본 논문에서 사용되는 퍼지 측도 및 퍼지 적분의 수학적 모델링에 대하여 소개한다. 먼저, A는 공집합이 아닌 X의 부분 집합의 σ -대수로 가정하면, 다음과 같은 성질을 만족하는 집합치 함수 $g : A \rightarrow [0, 1]$ 는 퍼지 측도(fuzzy measure)라고 지칭된다.

- (1) $g(\emptyset) = 0$;
- (2) $A, B \in A, A \subset B$ 이면,
 $g(A) \leq g(B)$ 이고 ;
- (3) $A_n \in A, A_1 \subset A_2 \subset \dots$, 에 대해,

$$\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n \in A \text{ 을 만족하면,}$$

$\lim_{n \rightarrow \infty} g(A_n) = g(\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n)$ 이 성립하고;

(4) $A_n \in A, A_1 \supset A_2 \supset \dots$, 에 대해서,

$\bigcap_{n=1}^{\infty} A_n \in A$ 을 만족하면,

$\lim_{n \rightarrow \infty} g(A_n) = g(\bigcap_{n=1}^{\infty} A_n)$ 이 성립한다.

여기서 g 를 가측 공간(measurable space) (X, A) 에서의 퍼지 측도 일 때, (X, A, g) 을 퍼지 측도 공간(fuzzy measure space) 라고 부른다.

만약 B 가 $[0, 1]$ 의 Borel부분 집합들의 σ -대수인 곳에서 $B \in B$ 였을 경우, 어떤 B 값에 대해서도 $h^{-1}(B) = \{x | h(x) \in B\} \in A$ 라면, 실수 값을 가지는 함수 $h: X \rightarrow [0, 1]$ 은 A 와 B 에 대하여 A -가측(measurable)이다. (단, 아무런 혼동이 없을 때 그냥 가측이라고 부르는 것이 가능하다.)

“ $L^0(X) = \{h: x \rightarrow [0, 1] | h \text{ 가 } A \text{와 } B \text{ 에 대하여 가측 (measurable)}\}$ ” 와 같은 가측 함수 집합을 생각 할 수 있다. 이 때, B 는 통상적으로 $[0, 1]$ 의 Borel 부분 집합들의 σ -대수이다. 주어진 h 가 $h \in L^0(X)$ 인 어떤 경우에 있어서도, $\alpha \in [0, 1]$ 일 때, $H_\alpha = \{x | h(x) \geq \alpha\}$ 라고 쓸 수 있다.

$A \in A$ 이고, $h \in L^0(X)$ 라고 가정하면, g 에 대한 A 위에 있는 h 의 퍼지적분(fuzzy integral)의 정의는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\int_A h dg = \sup_{\alpha \in [0, 1]} [\alpha \wedge g(A \cap H_\alpha)] \quad (1)$$

여기서, $A = X$ 일 때의 퍼지 적분은 $\int h dg$ 로 나타내도 무방하다.

IV. 시스템 구현

본 논문에서는 금강 유역의 지천인 갑천의 5군데 지점에서 수집된 5가지 평가 항목의 데이터를 예로서 적용하였다.

먼저, 퍼지 적분을 이용하여 나타내면 다음과 같다. 앞에서 언급된 다섯 가지 평가 항목을 $X = \{T-N, T-P, BOD, COD, SS\}$ 이라고 하자. 그리고 수질오염에 영향을 미치는 정도를 의미하는 퍼지측도 값을 다음과 같이 나타낸다고 하자. 수질오염을 평가하는 기준 항목으로 무기영양소와 유기물이 수질을 오염시키는 주요 오염물질인 데 그 중에서 T-N, T-P, BOD, COD, SS의 측정이 선별적으로 수질오염평가 측정항목으로 사용되고 있다.

이 항목 중에서 수질을 오염시키는 항목을 우선순위로 나열하면 학자들마다 견해차이가 있다. 본 논문에서는 언급된 다섯 가지 평가항목의 주요도를 T-P, BOD, T-N, COD, SS의 순으로 나열하고자 한다. 그 이유는 다음과 같다. P는 수질오염의 주 원인인 부영양화의 제일 무기영양원소로 고려된다. 참고문헌[10]에서 보면 P의 유입이 부영양화의 주원인인 algae의 급속한 성장을 초래하여 수생 생태계 파괴의 주원인이 된다. 그 다음으로 BOD는 생물학적으로 분해 될 수 있는 유기물의 양으로 물의 오염의 주원인이고 물속의 용존 산소량을 소모시켜 생명체의 죽음을 통해 수생 생태계를 파괴한다. 그 다음으로 N은 P과 더불어 부영양화를 야기하는 주원인 영양원소이긴 하지만 물속의 algae가 질소고정을 통해 부분적으로 대기 중의 질소를 공급할 수가 있기 때문에 P와 생물학적으로 분해 가능한 유기물 보다는 수질오염에 영향을 주는 정도가 낮은 것으로 사료된다. 그 다음으로 BOD와 더불어 물속의 유기물의 양을 측정하는 데 많이 사용되는 COD를 들 수가 있는데 화학적인 방법에 의해 유기물의 양을 측정하는 방법으로 실질적으로 유기물의 양을 측정하는 방법 이긴 하나 수질의 오염에 영향을 주는 우선순위에서는 T-P, BOD, T-N 다음으로 볼 수 있다.

표 1. 평가 항목의 퍼지 측도값

	퍼지측도값	구성	퍼지측도값	구성	퍼지측도값
∅	0	COD, TP	0.60	COD, TN, TP	0.85
BOD	0.25	COD, SS	0.65	COD, TN, SS	0.65
COD	0.15	TN, TP	0.710	COD, TP, SS	0.70
TN	0.20	TN, SS	0.60	TN, TP, SS	0.75
TP	0.30	TP, SS	0.65	BOD, COD, TN, TP	0.95
SS	0.10	BOD, COD, TN	0.85	BOD, COD, TN, SS	0.75
BOD, COD	0.73	BOD, COD, TP	0.80	BOD, COD, TP, SS	0.80
BOD, TN	0.73	BOD, COD, SS	0.75	BOD, TN, TP, SS	0.90
BOD, TP	0.75	BOD, TN, TP	0.90	COD, TN, TP, SS	0.85
BOD, SS	0.65	BOD, TP, SS	0.75	BOD, COD, TN, TP, SS	1
COD, TN	0.55	BOD, TN, SS	0.75		

마지막으로 SS는 부유성물질의 총량으로 가장 손쉽게 측정할 수 있으나 중요도에서는 가장 낮게 평가된다. 이와 같이 수질오염 평가에서 오염원의 모든 속성(여기서는 BOD, COD, T-N, T-P, SS)들이 동일한 오염정도를 가지지는 않기 때문에 퍼지 척도들에 대한 적절한 가중치를 [표 1]과 같이 부여하였다.

본 논문에 적용된 5개의 갑천 지점에서서의 각 평가 항목들의 데이터가 [표 2]와 같을 때, 각 데이터는 정규화된 평가값으로 변환되고, 이의 중요도를 식 (1)과 같은 퍼지적분을 이용하여 종합적인 평가값을 산출하도록 [그림 1]과 같이 시스템을 구성하였다.

본 논문에서 사용될 평가 항목인 $X = \{BOD, COD, T-N, T-P, SS\}$ 의 측정된 값을 정규화 한다. 이는 평가항목으로 척도들을 적용하였을 때 측정된 결과 값의 범위가 모두 다르므로,

표 2. 갑천 지점들에 대한 평가 항목 데이터

	T-P	T-N	BOD	COD	SS
갑천1	0.12	2.03	2.4	3.6	1.2
갑천2	0.13	3.3	2.3	3.6	1.4
갑천3	0.19	3.4	2.7	4.6	4.2
갑천4	0.18	3.3	4.2	5.2	8.4
갑천5	0.49	11.8	6.6	8.2	9.6

* 금강수계 상수원 수질조사, 2001

표 3. 정규화된 갑천 지점들에 대한 평가 항목 데이터

	T-P	T-N	BOD	COD	SS
갑천1	0.21	0.3	0.17	0.12	0.18
갑천2	0.2	0.3	0.2	0.13	0.2
갑천3	0.3	0.5	0.21	0.19	0.4
갑천4	0.6	0.6	0.2	0.18	0.6
갑천5	0.7	0.8	0.8	0.43	0.7

평가항목의 값들이 [0, 1] 사이에 분포하도록 한다. 본 논문에서 제시한 퍼지 적분을 이용하여 갑천1의 오염정도에 대한 평가를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \int h_A dg \\
 &= h_A(\{COD\}) \wedge g(\{BOD, COD, TN, TP, SS\}) \\
 & \quad \vee [h_A(\{BOD\}) \wedge g(\{BOD, TN, TP, SS\})] \\
 & \quad \vee [h_A(\{SS\}) \wedge g(\{TN, TP, SS\})] \\
 & \quad \vee [h_A(\{TP\}) \wedge g(\{TN, TP\})] \\
 & \quad \vee [h_A(\{TN\}) \wedge g(\{TN\})] \\
 &= (0.12 \wedge 1) \vee (0.17 \wedge 0.90) \vee (0.18 \wedge 0.75) \\
 & \quad \vee (0.21 \wedge 0.71) \vee (0.3 \wedge 0.2) \\
 &= 0.18
 \end{aligned}$$

퍼지 적분을 적용한 결과 갑천의 수질은 갑천1은 0.18이다. 같은 방법으로 갑천2, 갑천3, 갑천4, 갑천5의

퍼지적분 값을 구할수 있고, 그 값은 갑천2는 0.2, 갑천3은 0.4, 갑천4는 0.6, 갑천5는 0.73의 값을 갖게 되고, 이는 갑천1이 0.18의 퍼지 적분 값을 나타내어 제일 좋은 수질로 해석을 할 수 있고 갑천5가 오염정도의 수치가 가장 높게 나타나므로 제일 오염이 많이 되어 있는 하천으로 해석이 가능하다.

표 4. 하천수질환경기준

등급	기준				
	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	대장균군수 (MPN/100ml)
I	6.5-8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
II	6.5-8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하
III	6.5-8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하
IV	6.0-8.5	8이하	100이하	2이상	-
V	6.0-8.5	10이하	쓰레기가 떠있지 아니할 것	2이상	-

* 환경백서, 2004

각 지천의 값을 하천수질환경기준에 적용했을때 갑천1, 갑천2, 갑천3은 II등급이며, 갑천4는 III등급, 갑천5는 IV등급으로 가장 오염된 걸로 나타난다. 퍼지적분을 사용한 결과 갑천5가 가장 오염된 것으로 나타나므로 퍼지적분을 이용하여 수질의 오염정도를 측정할 수 있는 것으로 사료된다.

위와 같은 적용사례에서 보듯이 기존의 동일한 평가 항목들이 수질오염에 영향을 미치는 정도를 의미하는 퍼지 척도값을 결정하여, 이를 이용하여 갑천에 대한 종합적인 평가를 하는 퍼지적분법을 적용하는 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 2.4GHz Pentium4 PC에서 Visual C++ 6.0을 사용하였으며 다음과 같은 단계를 거쳐 평가치가 산정된다.

1. 수질 오염 평가 항목 추출 : 평가항목 추출은 수질 오염의 정도를 판단하기 위한 오염원의 평가기준이 되는 항목을 의미한다. 본 방법에서는 $X=(BOD, COD, SS, T-N, T-P)$ 이다.
2. 정규화 과정 : 이는 평가항목으로 척도들을 적용하

였을 때 측정된 결과 값의 범위가 모두 다르므로, 평가항목의 값들이 [0, 1] 사이에 분포하도록 한다. 정규화 작업을 함으로써 측정값의 의미를 쉽게 파악 할 수가 있다. 정규화 작업시 척도들이 갖는 특성이 퇴색될 염려가 있으므로 검증된 정규방법을 사용하여 척도들의 측정치를 정규화 한다.

3. 중요도 산출(퍼지척도값 결정) : 수질오염 평가에서 오염원의 모든 속성(여기서는 BOD, COD, SS, T-N, T-P)들이 동일한 오염정도를 가지지는 않기 때문에 척도들에 대한 적절한 가중치를 부여하기 위해 기존의 자료 혹은 이론적 근거에 의하여 척도들의 중요도를 산출한다.
4. 수질오염 평가(퍼지적분 적용) : 평가 항목들의 정규화된 평가값과 중요도를 Sugeno의 퍼지적분을 이용 종합적인 평가값을 산출한다.
5. 수질 오염 평가 시스템 구현 : 사용자 인터페이스를 설정하고, Visual C++ 프로그램으로 퍼지적분이 적용된 수질 오염 평가 시스템을 아래와 같이 구현하였다.

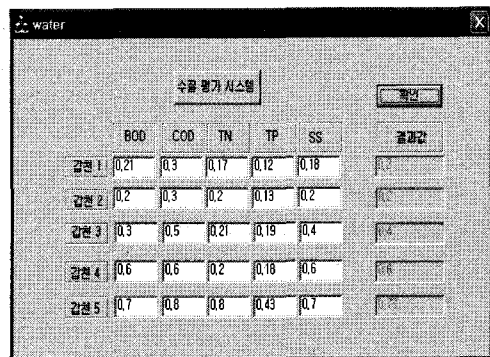


그림 1. 수질 평가 시스템

V. 결론

기존의 수질오염평가 방법과는 하천에 대한 BOD,

COD, SS, T-N, T-P의 다섯 가지 수질 오염 평가 항목들의 특성을 모두 수용할 수 있고 하나의 값으로 수질 오염도를 알 수 있는 방법을 제안하였다. 평가 항목들의 측정값들을 [0,1] 사이에 분포하도록 정규화시키고, 각 항목들의 유기적인 관계들에 대해 퍼지 측도를 적용시켰다. 퍼지 측도와 퍼지 적분을 활용한 자동화된 수질 평가 시스템을 구현하여 5개 항목에 대한 하천들의 측정치로서 하천의 오염도를 보다 안정적으로 판별할 수 있었다.

본 연구의 결과물은 감천뿐만 아니라, 다른 하천이나 강, 호수 등의 수질 오염 평가시 활용될 수 있으며, 퍼지 적분을 활용함으로써, 퍼지 척도값을 변환하여 보다 안정적인 평가 시스템으로 다른 환경오염 시스템으로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] 김형석, 김부길, 송영채, 수질분석 및 수처리 실험, 동화기술, 1996.
 [2] 환경부, 환경백서, 환경부, 2004.
 [3] 최상기, 수질분야 환경영향 예측내용과 사후환경 조사결과의 비교·평가, 한국환경정책·평가연구원, 2003.
 [4] 손재권, 최진규, 구자웅, 송재도, 김영주, 만경강, “하류유역 수질의 월별 변화”, 한국관개배수, 제11권, 제2호, pp.82-94, 2004.
 [5] H. W. Hur, S. K. Park, K. Y. Chung, H. Kang, and S. I. Lee, “Nitrogen and phosphorus removal from swine wastewater by intermittently aerated dynamic-flow system,” Water Science and Technology, Vol.49, No.5-6, pp.367-378, 2004.
 [6] 김미혜, “퍼지적분을 이용한 침입탐지시스템 평가방법”, 정보보호학회논문지, 제14권, pp.113-121, 2004.
 [7] 박정규, 권영두, 서유덕, 신석봉, 유근우, 이용규, 이태진, 이태호, 최신수질관리, 동화기술, 2001.

[8] K. Ishii and M. Sugeno, “A model of human evaluation process using fuzzy integral,” Int. J. Man-Machine Studies, Vol.22, pp.19-38, 1985.
 [9] M. Sugeno, *Fuzzy measures and fuzzy integrals-a survey*, *Fuzzy Automata and Decision Processes*, North-Holland, pp.89-102, 1977.
 [10] C. P. Leslie Grady, Jr., T. Glen Daigger, Henry C. Lim and Marcel Dekker, *Biological Wastewater Treatment*, Printed in the United States of America, 2nd ed., 1999.
 [11] 금강수질검사소, 금강수계 상수원 수질조사, 국립환경연구원, 2001.

저자 소개

한 석 순(Seok-Soon Han)

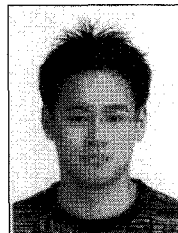
준회원



• 2003년 2월 : 경주대학교 환경공학과(공학사)
 • 2005년 3월~현재 : 충북대학교 농화학과(농학석사과정)
 <관심분야> : 환경미생물학

김 홍 기(Hong-Ki Kim)

준회원



• 2006년 2월 : 충북대학교 농화학과(농학사)
 • 2006년 3월~현재 : 충북대학교 농화학과(농학석사과정)
 <관심분야> : 농업환경화학, 환경미생물학

이 경 호(Kyung-Ho Lee)

정회원

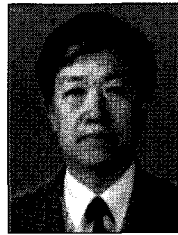


- 1983년 2월 : 건국대학교 화학과 (이학사)
- 1985년 2월 : 건국대학교 분석화학(이학석사)
- 1991년 8월 : 건국대학교 수질환경센서(이학박사)

- 1992년~1995년 : 미국 Baylor University PostDoc.
- 1998년 3월~현재 : 경주대학교 건설환경공학부 환경계획학전공 교수
- 2004년 3월~현재 : 경주대학교 건설환경공학부장 <관심분야> : 수질환경분석학, 전기화학

김 재 정(Jai-Joung Kim)

정회원



- 1966년 2월 : 충북대학교 농화학과(농학사)
- 1968년 2월 : 고려대학교 농화학과(농학석사)
- 1975년 7월 : 네덜란드, 국립와헨닝헨 농과대학교 토양학과 (이학석사)

- 1981년 2월 : 충북대학교 농화학과(농학박사)
- 1967년 2월~현재 : 충북대학교 농업생명환경대학 농화학과 교수 <관심분야> : 토양학, 토양물리학

우 선 희(Sun-Hee Woo)

정회원

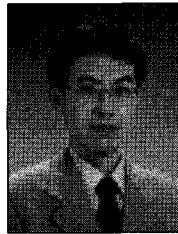


- 1984년 2월 : 충북대학교 농학과 (농학사)
- 1990년 2월 : 충북대학교 농학과 (농학석사)
- 1998년 3월 : 일본 미야자끼대학 작물육종학 및 작물기능 해석연구실, 가고시마대학교 대학원 연합농학연구과(농학박사)

- 1998년~2000년 : 캐나다 국립과학재단 초빙연구원
- 2000년~2002년 : 일본학술진흥회 특별연구원(요코하마시립대학교 기하라생물학연구소 객원조교수)
- 2002년~2003년 : 일본이화학연구소 정 연구원
- 2003년~2004년 : 한국기초과학지원연구원 선임위축연구원
- 2004년~현재 : 충북대학교 농업생명환경대학 식물자원학과 교수 <관심분야> : 식물유전육종학, 환경스트레스 및 기능프로테오믹스

정 근 욱(Keun-Yook Chung)

정회원



- 1987년 2월 : 충북대학교 농화학과(농학사)
- 1993년 12월 : 미국 플로리다대학교 환경미생물학(농학석사)
- 1998년 5월 : 미국 플로리다대학교 환경미생물학(농학박사)

- 1998년 2월~1999년 3월 : 미국 플로리다대학교 Post Doc.
- 1999년 8월~2001년 2월 : 충북대학교 건설기술연구소 연구원
- 2001년 3월~2003년 8월 : 경주대학교 환경공학과 교수
- 2003년 9월~현재 : 충북대학교 농업생명환경대학 농화학과 교수 <관심분야> : 농업환경화학, 환경미생물학 및 환경독성학