

판별분석을 이용한 한강권역 농업용 하천수의 수질등급모형

최철만* · 이종식** · 조남준 · 류희용 · 박성진 · 김진호 · 윤순강 · 이정택

농촌진흥청 농업과학기술원 환경생태과
(2008년 4월 24일 접수, 2008년 6월 20일 수리)

Water Quality Level Model Using the Discriminant Analysis for the Small Streams of Rural Area in the Han River Watersheds

Chul-Mann Choi*, Jong-Sik Lee**, Nam-Jun Cho, Hui-Yong Ryu, Seong-Jin Park, Jin-Ho Kim, Sun-Gang Yun, and Jeong-Taek Lee (Division of Environment and Ecology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT: The main purpose of this work is the development of water quality level model using the data such as DO, EC, BOD, COD_{Cr}, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P, T-N, T-P, and SS in 88 agricultural streams of the Han river watersheds. To grant water quality level for each parameters, it divided into 20% respectively in the order of water quality level. On the basis of the lowest water quality level, water quality of streams was assigned. As the result, number of stream corresponding to Level I was 0, Level II was 1 stream, Level III was 3 streams, Level IV was 22 streams, and Level V was 62 streams. By standardized canonical discriminant function coefficient, NO₃-N was the highest in 0.427 at the discriminant power. According to discriminant function for water quality level, it was equal to $-4.648 + 3.246 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$, $-5.084 + 3.456 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$, $-4.298 + 3.067 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$, and $-7.369 + 4.396 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$ from Level II to Level V, respectively. As a result of test at real data of the Han river watersheds in 2007, the suitability of water quality level model was high to 88.4%.

Key Words: Water quality level model, Discriminant analysis, Discriminant function, Han river watershed

서 론

비점원오염에 의한 농촌유역에서의 수질오염은 점차 증가되고 있는 추세이고,¹⁻²⁾ 이들이 인근 소하천으로 유입될 때에는 심각한 문제를 일으키며, 여러 가지 원인으로 인하여 이들의 정확한 변동 특성을 파악하는 데에는 많은 어려움이 있다.³⁻⁴⁾ 그러므로 이들에 대한 정량적 구명과 저감을 위해서는 대상유역에 대한 장기적인 수질모니터링이 필요하다.⁵⁻⁶⁾ 대다수 수질 모니터링의 경우, 조사 결과를 단순 통계로만 이용하고 있는 실정으로, 복합적이고 다양한 수질 특성을 정확히 파악하기에는 부족한 면이 있다. 그러므로 이에 대한 방법 중의

하나로서 다변량 분석법이 국내외에서 널리 이용되고 있다.⁷⁻¹⁰⁾

다변량 분석법은 복수의 변량(다변량)의 데이터가 동시에 얻어질 때에 이용되는 분석기법으로서 변량 사이의 상관을 밝힐 수 있다. 다변량 분석법에는 어떤 하나의 변수 값을 다른 변수의 값을 사용해서 예측하거나 제어하는 경우에 주로 이용되는 회귀분석(regression analysis), 다변량의 데이터로부터 본질이 되는 소수의 변량을 합성하여 그것으로 데이터를 해석하는 주성분분석(principal component analysis), 단순한 요인으로 복잡한 것을 설명하고자 하는 통계적인 기법인 요인분석(factor analysis), 어떤 관측대상이 소속하는 그룹을 예측하기 위한 판별분석(discriminant analysis), 관측되어 있는 데이터에 의거해서 대상을 몇 개의 그룹으로 분류하는데 이용되는 군집분석(cluster analysis) 등 여러 가지가 있다.¹¹⁾

이 중 판별분석은 범주형의 종속변수를 설명해 줄 수 있는 등간적도나 비유척도의 독립변수들을 찾아 이들의 선형결합에 의해 판별함수를 도출하고, 분류하고자 하는 각 대상의

*연락처:
Tel: +82-31-290-0224 Fax: +82-31-290-0206
E-mail: algae@rda.go.kr

**공동연락처:
Tel: +82-31-290-0219 Fax: +82-31-290-0206
E-mail: jongslee@rda.go.kr

특성을 대입하여 각 대상들이 속하는 집단을 찾아내는 방법이다.¹²⁾ 도출된 판별함수는 2개 이상의 그룹을 가장 잘 판별하는 조합을 찾음으로써 분류 및 예측을 하는데 이용되고, 어떤 독립변수가 판별에 도움이 되는지, 각 자료들이 어떤 집단으로 분류되어 지는지, 어떠한 결과가 일어날 지, 일어나지 않을 지를 예측하는데 이용 가능하다.¹³⁾ 그러므로 이러한 판별함수를 이용하게 되면, 측정된 수질 값이 어떤 등급의 수질 기준에 속하게 되는지를 알 수 있기 때문에 수질평가에도 이용 가능할 것이고, 측정된 자료를 이용하여 미래에 담수생태계에서 부영양화가 일어날 것인지, 담수적조가 발생할 것인지를 예측도 판별 가능할 것이다. 또한, 현재 환경정책기본법의 수질 기준을 이용한 수질평가는 여러 수질 항목을 동시에 고려하는 것이 아니기 때문에, 정확한 수질평가를 위해서는 많은 어려움이 따르며, 새로운 수질 평가 방법의 모색이 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 한강권역에서의 농업용 소하천에 대하여 수질 상태를 우선적으로 파악하고, 이를 바탕으로 판별분석을 실시하여 한강권역 농업용 소하천에서의 현재 수질 상태에 맞는, 많은 수질항목을 동시에 고려하기 위한 수질등급모형을 개발하고자 하였으며, 모형의 적합성 검증을 통하여 향후 한강권역 농업용 하천수의 생태학적 영향 등에 대하여 적극 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

분석에 이용된 자료

본 연구에 사용된 판별분석을 위한 한강권역 농업용 하천수의 수질 자료는 2001년부터 2005년까지 격년으로 농촌진흥청에서 수행한 농업환경변동조사사업의 수질조사 결과를 이용하였다. 한강권역 88지점(경기지역 32지점, 강원지역 34지점 및 충북지역 22지점)의 농업용 소하천을 대상으로 하였으며(Fig. 1), EC, DO, BOD, SS, T-N, T-P, NH₃-N, NO₃-N, COD_{Cr} 및 PO₄-P의 10개 항목을 이용하였다.

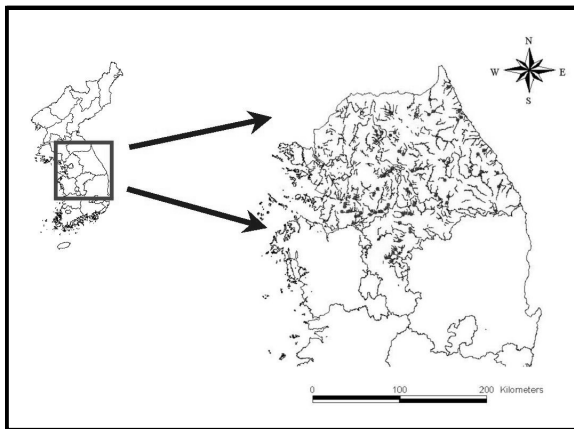


Fig. 1. Monitoring sites for water quality in the Han river watersheds

수질등급모형 개발을 위한 판별분석 방법

한강권역 농업용 하천수에서의 현재 수질상태를 반영하는 수질등급모형 개발을 위하여 Kim 등¹⁴⁾에 의한 방법을 이용하였는데, 우선 수질분석 결과를 토대로 각 수질 항목별로 상위 20%씩 나누어 Level I로부터 V까지 구분하여 등급을 부여하였고, 각 하천의 수질등급은 수질항목에서 부여된 등급 중 최저 등급을 기준으로 부여하였다.

판별분석에서 종속변수로는 20%씩 나누어 부여한 Level I~V, 독립변수로는 분석에 이용된 수질항목을 입력하였고, 독립변수들의 변수 선택방법으로는 변수 등록 및 제거가 한꺼번에 이루어지지 않고 각 단계별로 분석되어지는 단계적 선택법(stepwise selection)을 이용하였다. 독립변수의 수가 많으면 많을수록 독립변수들끼리 높은 상관으로 영향을 미치는 다중공선성(multicollinearity)의 문제를 일으킬 가능성이 많다. 따라서 불필요한 변수들은 모형에서 선택되지 않아야 하는데, 이 단계별 선택법은 독립변수를 단계별로 유의도에 따라 진입시키거나 제거시켜 새로운 변수가 추가되면서, 이미 선택된 변수가 중요성을 상실하여 제거될 수 있는지를 단계적으로 검토하며 최적의 방정식을 찾는 방법이다.¹²⁾

수질등급모형에 의한 수질등급의 판정

판별함수는 2개 또는 그 이상의 자연 상태 그룹을 구별하기 위해 어떤 변수가 도움을 주고 있는지를 판단하기 위해 사용되어지므로, 실제 농업용 하천수의 수질등급을 판정하기 위해서는 판별함수인 수질등급모형에 실제 조사한 농업용 하천수의 수질을 각각의 판별함수에 대입시킨 후 가장 높은 값에 해당하는 수질등급모형이 해당 농업용 소하천의 수질등급으로 최종 판정된다.

수질등급모형의 적합도 판정

구축된 한강권역의 수질등급모형을 2007년 한강권역 농업용 하천수의 수질분석 자료로서 그 적합도를 판정하고자 하였다. 실제 수질분석하여 얻은 수질등급과 수질등급모형에 의한 수질등급을 비교하여 적합도를 산정하였다. 수질등급모형에 의한 수질등급 적합도는 모형과 정확하게 일치하는 것을 100%로 하였고, 한 등급의 차이가 날 때마다 20%씩 감소시켜 적용하여 모형의 전체 적합도를 판정하였다.

결과 및 고찰

판별분석에 이용된 자료의 기초통계량

한강권역 농업용 하천수의 수질등급모형을 개발하기 위해 소하천 88지점의 수질등급 부여를 우선적으로 실시하였는데 그 결과, Level I에 해당하는 하천은 없었고, Level II에 해당하는 하천은 1지점, Level III에 해당하는 하천은 3지점, Level IV에 해당하는 하천은 22지점, Level V에 해당하는 하천은 62지점으로 조사되었다(Table 1). 낮은 등급으로 갈

Table 1. Statistical data was used in this study

WQ level	Parameter	DO	EC	BOD	COD _{Cr}	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	T-N	T-P	SS	No. of stream
II	Avg.*	9.97	0.08	0.99	4.08	0.11	2.01	0.01	2.69	0.0293	3.78	1
	SD**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
III	Avg.	10.30	0.10	1.14	6.26	0.08	2.14	0.02	3.27	0.02	4.49	3
	SD	0.73	0.02	0.10	0.48	0.08	0.29	0.02	0.66	0.01	0.54	
IV	Avg.	8.87	0.12	1.28	5.54	0.13	1.90	0.02	3.04	0.03	5.00	22
	SD	1.98	0.04	0.51	2.15	0.10	0.53	0.02	0.90	0.01	3.23	
V	Avg.	8.05	0.18	1.68	7.03	0.30	2.72	0.08	4.16	0.10	11.04	62
	SD	2.30	0.09	0.77	2.71	0.37	0.87	0.10	1.37	0.10	11.91	

*Avg. : average, **SD : standard deviation.

수록 많은 하천들이 속하는 경향이었으며, 각 Level별 수질 항목에 대한 평균값도 Level V의 모든 항목에서 가장 높은 경향으로 조사되어 Kim 등¹⁴⁾의 결과와도 일치하였다.

집단평균의 동질성 검정

판별분석에 이용되는 변수들은 집단 간의 차이가 있는 변수들만이 이용되는데, 이를 위해서는 집단 평균의 동질성에 대한 검정이 필요하다. 즉 Wilks lambda가 1인 경우, 관측된 집단의 평균이 동일하다는 것을 의미하지만, 0에 가까울수록 집단 내의 분산이 총 분산에 비해 적기 때문에 집단평균 간에 차이가 있다는 것을 나타낸다. 또한 F값이 크면 집단 간의 분산이 큰 것을 의미하고, 유의확률이 0.05보다 크면 집단 간에 차이가 없는 것으로 간주된다.¹²⁾ 동질성 검정결과, DO, BOD, COD_{Cr}, NH₃-N, 그리고 SS의 경우 유의확률이 각각 0.158, 0.084, 0.095, 0.113, 0.095로서 0.05보다 크므로, 집단 간에 차이가 없는 것으로 간주되어 판별분석 시에는 변수로서 제외하였고, EC, NO₃-N, PO₄-P, T-N 및 T-P의 5개 변수만을 사용하였다(Table 2).

Table 2. Wilks lambda and F-values with parameters

Parameters	Wilks lambda	F	Significance
DO	0.940	1.778	0.158
EC	0.841	5.298	0.002
BOD	0.924	2.290	0.084
COD _{Cr}	0.927	2.193	0.095
NH ₃ -N	0.932	2.054	0.113
NO ₃ -N	0.817	6.254	0.001
PO ₄ -P	0.903	3.001	0.035
T-N	0.852	4.883	0.004
T-P	0.875	3.985	0.010
SS	0.927	2.191	0.095

정준상관관계

판별점수와 집단 간의 관련 정도를 알기 위해서는 정준상관관계(canonical correlation)를 분석해야 하는데, 정준상관 값이 클수록 판별력이 뛰어나고, Wilks lambda 값이 작을수록 판별력에 대한 공헌도가 높다고 할 수 있다. 본 연구에서는 정준상관 값이 0.427이었고, P=0.001(Wilks lambda=0.817, Chi-square=17.036) 수준에서 유의한 판별함수로 조사되었는데, Kim 등¹⁴⁾의 연구와 비교해 볼 때 판별력이 낮게 조사된 결과였다. 이는 판별분석한 수질항목에서도 차이가 있을 뿐만 아니라 조사지점의 수에 있어서도 크게 차이가 나기 때문인 것으로 판단된다.

한강권역에서 수질에 대한 판별력이 가장 높은 변수로는 NO₃-N으로 조사되었는데, 이것에 의하여 수질등급모형을 구축하였다. 각 수질등급별 분류함수 계수에 의해 도출된 수질등급모형은 Table 3과 같고, 각 하천의 수질등급은 구축된 수질등급모형 각각에 각 하천에서의 판별력이 높은 수질 항목값을 대입하여 가장 큰 값을 갖는 level이 그 하천에서의 수질등급이 된다.

수질등급모형의 적합도

2007년 한강권역에서의 수질분석 결과를 수질등급모형에 적용한 결과, 평균 적합도는 88.4%로 조사되어 높은 적합도를 보였다(Table 4). 따라서, 이후 한강권역에서의 수질등급모형으로 사용할 수 있을 것으로 생각되며, 좀 더 적합도가 높은 수질 평가가 이루어지기 위해서는 한강권역내의 많은 지역들에 대한 방대한 자료의 확보 및 축적이 우선시 되어야

Table 3. Models of water quality with level derived from classification function coefficient

Level	Model
II	-4.648 + 3.246 × [NO ₃ -N]
III	-5.084 + 3.456 × [NO ₃ -N]
IV	-4.298 + 3.067 × [NO ₃ -N]
V	-7.369 + 4.396 × [NO ₃ -N]

Table 4. Water quality levels with monitoring and modeling data

No.	Parameters										WS*	Level				WM**
	DO	EC (dS/m)	BOD	COD _{Cr}	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	T-N	T-P	SS		II	III	IV	V	
1	6.27	0.08	0.50	2.53	0.01	2.10	0.02	2.20	0.02	1.65	4	2.17	2.17	2.14	1.86	3
2	5.65	0.07	0.46	2.57	0.01	1.78	0.02	1.84	0.03	0.67	4	1.14	1.08	1.17	0.47	4
3	6.16	0.08	0.29	2.13	0.01	2.14	0.02	2.23	0.02	1.00	4	2.31	2.33	2.28	2.06	3
4	6.20	0.06	0.27	1.83	0.04	1.76	0.07	1.85	0.08	0.45	4	1.05	0.98	1.09	0.35	4
5	5.32	0.12	1.23	5.20	0.09	2.00	0.04	2.15	0.06	6.48	4	1.86	1.84	1.85	1.44	2
6	5.33	0.12	0.52	4.07	0.05	2.24	0.01	2.32	0.02	2.75	4	2.63	2.66	2.58	2.49	3
7	5.53	0.10	0.66	3.53	0.06	2.29	0.02	2.47	0.02	1.80	4	2.77	2.82	2.71	2.68	3
8	5.71	0.12	0.49	3.03	0.08	2.84	0.02	3.01	0.03	3.72	4	4.56	4.72	4.40	5.10	5
9	5.53	0.08	0.31	3.00	0.03	2.49	0.02	2.64	0.03	1.53	4	3.43	3.51	3.33	3.57	5
10	5.47	0.11	0.41	3.63	0.03	3.01	0.01	3.12	0.02	4.95	4	5.12	5.31	4.93	5.85	5
11	6.55	0.10	0.67	2.60	0.02	2.51	0.02	2.67	0.03	2.60	4	3.50	3.59	3.40	3.67	5
12	5.94	0.21	1.39	11.23	0.21	3.16	0.13	3.45	0.15	27.78	5	5.61	5.84	5.40	6.53	5
13	4.63	0.19	2.13	13.27	0.30	3.55	0.14	4.08	0.19	70.00	5	6.87	7.18	6.59	8.23	5
14	4.89	0.25	3.81	19.70	1.09	4.14	0.34	5.38	0.39	48.20	5	8.79	9.23	8.40	10.83	5
15	5.46	0.19	2.12	17.27	0.26	3.02	0.20	3.43	0.30	28.45	5	5.15	5.35	4.96	5.90	5
16	5.40	0.20	3.03	19.37	0.52	2.95	0.18	3.62	0.29	46.42	5	4.94	5.13	4.76	5.62	5
17	5.27	0.20	1.81	10.73	0.35	3.11	0.12	3.58	0.19	31.73	5	5.43	5.65	5.23	6.28	5
18	5.12	0.20	1.87	11.77	0.19	3.46	0.15	3.75	0.20	25.10	5	6.60	6.89	6.33	7.86	5
19	4.25	0.32	2.91	22.97	0.52	3.56	0.37	4.30	0.48	26.37	5	6.90	7.22	6.62	8.28	5
20	4.33	0.32	4.94	23.53	1.00	2.15	0.09	3.50	0.11	185.80	5	2.35	2.36	2.31	2.10	3
21	5.11	0.20	1.21	5.80	0.15	1.75	0.05	2.00	0.06	8.95	5	1.03	0.96	1.06	0.32	4
22	4.94	0.25	1.38	6.83	0.18	1.59	0.04	1.95	0.05	2.93	5	0.53	0.42	0.59	-0.36	4
23	5.36	0.19	1.51	6.73	0.13	1.67	0.03	1.91	0.04	12.57	4	0.79	0.70	0.84	-0.01	4
24	4.95	0.19	1.61	8.57	0.20	2.68	0.08	2.97	0.10	13.40	5	4.05	4.17	3.92	4.41	5
25	5.39	0.20	3.80	15.23	0.70	2.33	0.18	3.20	0.21	39.23	5	2.91	2.96	2.84	2.86	3
26	4.94	0.21	1.44	8.30	0.20	2.13	0.06	2.45	0.06	8.77	5	2.28	2.29	2.25	2.01	3
27	4.17	0.53	4.09	17.27	0.78	3.30	0.16	4.39	0.26	31.28	5	6.05	6.31	5.81	7.12	5
28	4.67	0.19	3.94	27.13	0.56	1.95	0.09	2.80	0.12	155.47	5	1.69	1.66	1.69	1.21	4
29	5.12	0.20	0.86	5.27	0.14	4.36	0.07	4.70	0.11	4.32	5	9.50	9.98	9.07	11.80	5
30	4.77	0.22	1.18	5.10	0.22	3.39	0.11	3.82	0.13	4.83	5	6.37	6.65	6.11	7.55	5
31	5.46	0.23	1.66	5.20	0.38	3.37	0.12	4.03	0.14	1.65	5	6.28	6.55	6.03	7.43	5
32	5.87	0.22	2.58	6.43	0.44	2.59	0.08	3.28	0.11	6.92	5	3.75	3.85	3.63	4.00	5
33	8.83	0.10	2.27	5.16	0.03	1.42	0.02	2.99	0.04	0.67	4	-0.04	-0.18	0.06	-1.13	4
34	9.57	0.15	2.40	4.92	0.00	1.00	0.02	2.16	0.04	5.67	5	-1.41	-1.64	-1.24	-2.99	4
35	9.53	0.13	2.17	3.71	0.00	1.37	0.01	3.08	0.04	4.00	4	-0.20	-0.35	-0.10	-1.35	4
36	9.67	0.17	4.57	6.36	0.04	1.36	0.11	3.43	0.15	6.33	5	-0.22	-0.37	-0.12	-1.38	4
37	7.90	0.10	1.73	2.92	0.00	0.32	0.01	0.60	0.04	2.33	3	-3.62	-3.99	-3.33	-5.98	4
38	8.13	0.10	4.30	4.32	0.05	0.91	0.08	2.27	0.09	20.00	5	-1.70	-1.95	-1.52	-3.38	4
39	9.17	0.11	1.60	5.59	0.02	0.46	0.02	1.03	0.06	2.00	4	-3.17	-3.51	-2.90	-5.36	4
40	8.57	0.11	1.80	2.82	0.01	0.53	0.02	1.19	0.04	8.33	4	-2.92	-3.24	-2.66	-5.02	4
41	9.37	0.15	1.87	3.85	0.08	1.10	0.03	2.50	0.05	26.33	4	-1.09	-1.29	-0.93	-2.55	4
42	9.10	0.18	1.93	2.42	0.06	1.32	0.03	3.59	0.05	11.33	4	-0.37	-0.53	-0.26	-1.58	4
43	8.60	0.18	1.70	4.03	0.08	2.68	0.04	2.56	0.05	25.00	4	4.06	4.19	3.93	4.43	5
44	10.60	0.10	1.43	4.35	0.03	0.96	0.04	2.57	0.04	1.00	3	-1.54	-1.78	-1.36	-3.16	4
45	8.77	0.11	1.50	2.82	0.02	1.16	0.03	2.58	0.06	6.00	3	-0.87	-1.06	-0.73	-2.25	4
46	9.23	0.43	2.03	3.04	0.52	0.64	0.05	3.68	0.05	12.67	5	-2.56	-2.86	-2.32	-4.54	4
47	9.47	0.15	1.83	2.79	0.07	1.09	0.08	2.72	0.05	15.67	4	-1.11	-1.32	-0.95	-2.58	4
48	8.77	0.10	1.97	9.59	0.49	1.25	0.06	2.32	0.05	102.00	5	-0.59	-0.76	-0.46	-1.87	4
49	8.67	0.11	2.70	4.33	0.39	1.17	0.08	2.70	0.07	173.67	5	-0.86	-1.05	-0.72	-2.24	4
50	9.60	0.09	1.73	4.15	0.29	0.91	0.03	2.49	0.05	16.67	4	-1.69	-1.94	-1.51	-3.37	4

*WS : water quality level by survey, **WM : water quality level by model.

Table 4. Continued

No.	Parameters										WS*	Level				WM**
	DO	EC (dS/m)	BOD	COD _{Cr}	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	T-N	T-P	SS		II	III	IV	V	
51	8.77	0.14	1.67	4.19	0.09	1.27	0.13	2.84	0.06	4.33	4	-0.54	-0.71	-0.41	-1.80	4
52	8.53	0.14	1.83	4.07	0.08	1.35	0.05	3.00	0.07	2.33	4	-0.26	-0.41	-0.15	-1.42	4
53	8.87	0.06	1.77	4.41	0.25	0.63	0.04	1.00	0.05	1.33	4	-2.61	-2.92	-2.38	-4.61	4
54	9.33	0.09	1.30	3.48	0.06	0.81	0.04	2.35	0.09	2.67	4	-2.01	-2.27	-1.80	-3.79	4
55	9.50	0.12	2.37	3.22	0.09	1.01	0.11	2.95	0.10	1.00	5	-1.38	-1.60	-1.21	-2.94	4
56	9.23	0.12	1.80	4.74	0.13	1.16	0.01	1.95	0.05	3.33	4	-0.87	-1.06	-0.73	-2.25	4
57	9.63	0.05	1.43	3.72	0.08	0.34	0.08	1.78	0.05	0.67	3	-3.53	-3.90	-3.24	-5.86	4
58	7.27	0.06	1.40	4.68	0.09	0.53	0.02	1.47	0.06	2.67	4	-2.94	-3.26	-2.68	-5.05	4
59	7.40	0.07	1.50	5.08	0.14	0.47	0.00	0.72	0.05	16.67	4	-3.11	-3.45	-2.85	-5.29	4
60	8.70	0.08	1.70	5.15	0.14	0.49	0.11	1.32	0.12	1.67	4	-3.05	-3.38	-2.78	-5.20	4
61	8.30	0.13	1.97	5.77	0.26	0.34	0.05	0.61	0.05	23.67	4	-3.56	-3.92	-3.27	-5.89	4
62	8.23	0.08	1.23	5.05	0.31	0.44	0.03	0.80	0.06	20.00	4	-3.21	-3.55	-2.94	-5.42	4
63	13.67	0.18	3.50	3.62	0.02	2.04	0.07	4.64	0.07	3.67	5	1.98	1.98	1.97	1.61	2
64	9.33	0.27	1.70	2.81	0.04	0.69	0.01	1.49	0.05	3.33	5	-2.42	-2.71	-2.19	-4.35	4
65	9.87	0.42	2.20	3.44	0.15	0.46	0.03	2.57	0.05	28.33	5	-3.14	-3.48	-2.88	-5.33	4
66	8.37	0.09	2.27	5.29	0.31	1.19	0.04	2.12	0.06	44.33	5	-0.77	-0.96	-0.64	-2.12	4
67	10.90	0.12	1.19	8.14	0.12	1.52	0.02	3.26	0.04	11.67	4	0.29	0.17	0.37	-0.68	4
68	9.87	0.11	1.15	5.04	0.11	2.37	0.03	3.79	0.06	6.67	4	3.05	3.11	2.98	3.06	3
69	10.06	0.10	1.37	10.60	0.08	2.11	0.02	4.26	0.04	3.33	5	2.20	2.21	2.18	1.91	3
70	10.24	0.14	1.35	6.13	0.09	2.86	0.02	4.67	0.03	10.00	5	4.64	4.80	4.48	5.21	5
71	10.55	0.16	1.34	6.76	0.12	3.39	0.02	5.30	0.03	5.00	5	6.37	6.64	6.11	7.55	5
72	9.35	0.19	1.61	9.71	0.12	1.98	0.02	3.73	0.05	15.00	5	1.77	1.75	1.77	1.33	2
73	10.63	0.16	1.37	5.30	0.10	2.22	0.03	4.00	0.07	6.67	4	2.56	2.59	2.51	2.39	3
74	10.06	0.32	1.07	4.42	0.06	3.79	0.04	5.73	0.09	3.33	5	7.66	8.02	7.33	9.30	5
75	10.84	0.17	1.29	5.29	0.10	4.59	0.01	7.38	0.07	6.67	5	10.25	10.78	9.78	12.81	5
76	9.86	0.11	0.80	1.75	0.07	3.53	0.01	6.49	0.02	6.67	5	6.80	7.11	6.52	8.14	5
77	10.68	0.09	0.98	7.23	0.08	2.13	0.01	3.77	0.06	5.00	4	2.26	2.27	2.23	1.99	3
78	10.52	0.11	1.46	2.26	0.06	2.71	0.04	5.75	0.09	3.33	5	4.16	4.30	4.03	4.56	5
79	9.82	0.18	1.91	8.87	0.16	3.29	0.03	4.93	0.09	48.33	5	6.02	6.27	5.78	7.08	5
80	10.58	0.14	1.13	9.08	0.08	2.28	0.01	3.95	0.05	6.67	5	2.77	2.81	2.71	2.68	3
81	9.45	0.12	1.18	8.17	0.28	2.07	0.04	3.51	0.07	15.00	4	2.07	2.06	2.04	1.72	2
82	10.60	0.13	1.29	4.48	0.16	2.10	0.02	3.95	0.04	13.33	4	2.18	2.19	2.16	1.88	3
83	11.53	0.13	1.06	6.30	0.07	2.82	0.02	4.73	0.03	5.00	5	4.49	4.65	4.34	5.01	5
84	10.05	0.24	1.30	4.69	0.07	2.88	0.04	4.50	0.08	20.00	5	4.71	4.88	4.55	5.31	5
85	10.72	0.09	0.75	2.29	0.06	2.69	0.01	5.39	0.04	11.67	5	4.07	4.20	3.94	4.44	5
86	9.88	0.15	0.98	4.62	0.06	2.71	0.07	4.44	0.05	8.33	5	4.16	4.30	4.03	4.56	5
87	10.71	0.14	1.31	6.77	0.17	2.47	0.02	4.38	0.08	18.33	4	3.39	3.47	3.29	3.51	5
88	10.06	0.16	3.04	6.47	0.16	2.52	0.02	4.60	0.09	6.67	5	3.53	3.63	3.43	3.71	5

할 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 이를 바탕으로 다른 권역에서도 한강권역에서와 마찬가지로 실제 수질에 대한 자료가 확보가능하다면, 각 권역별로 실제 수질에 적합한 수질등급모형을 구축할 수 있을 것이라 판단된다.

요 약

본 연구는 한강권역 농업용 소하천 88지점에 대하여 현재의 수질상태를 고려하여 수질등급모형을 구축하고자 실시하였다. 10개의 수질항목에 대하여 각 수질항목별 상위 20%씩

level을 부여한 후, 최저 등급을 기준으로 전체 수질등급을 부여하였는데, Level I에 해당하는 하천은 없었고, Level II는 1지점, Level III은 3지점, Level IV는 22지점, Level V는 62지점으로 조사되어 등급이 낮은 Level V로 갈수록 많은 하천들이 속하였다. 집단간 차이의 유무를 알아보기 위해 집단 평균의 동질성을 검정한 결과, DO, BOD, COD_{Cr}, NH₃-N, 그리고 SS가 집단 간에 차이가 없는 것으로 조사되어 판별분석 시에는 제외되었다. 판별력이 가장 뛰어난 NO₃-N가 수질등급에 관여하는 변수로 선택되었으며, 분류함수계수에 의한 각 수질등급별 등급모형은 Level II = -4.648 +3.246 ×

$[\text{NO}_3\text{-N}]$, Level III = $-5.084 + 3.456 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$, Level IV = $-4.298 + 3.067 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$, Level V = $-7.369 + 4.396 \times [\text{NO}_3\text{-N}]$ 로 구축되었고, 적합도 평가에 의한 구축된 수질 등급모형의 적합도는 88.4%로 조사되어 높은 적합도를 보였지만, 향후 더 많은 자료의 확보와 축적으로 수질등급모형이 수정, 보완된다면 활용가능성은 더 높을 것으로 판단되며, 이를 바탕으로 각 권역별로도 실제 수질에 적합한 수질등급모형을 구축할 수 있으리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 농촌진흥청(농업과학기술원) 박사후 연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Liding, C. and Bojie, F. (2000) Farm ecosystem management and control of nonpoint source pollution. *Chinese J. Environ. Sci.* 21, 98-100.
- Peterson, J. M. and Boisvert, R. N. (2001) Control of nonpoint source pollution through voluntary incentive-based policies: an application to nitrate contamination in New York. *Agricultural and Resource Economics Review* 30(2), 127-138.
- Bedient, P. B., Lambert, J. L. and Springer, N. K. (1980) Storm-water pollution load-runoff relationship. *J. WPCF.* 52(9), 2396-2404.
- Ra, D. G. and Kim, K. S. (1996) Effect of nonpoint source pollutants on water quality. *J. of Industrial Technology Institute Sunchon National Univ.* 10, 139-149.
- Kim, J. G. (2002) Evaluation of water quality in the Keum river using statistics analysis. *J. Kor. Env. Sci.* 11(12), 1281-1289.
- Ryu, J. K. (2004) A real time monitoring for water quality of river. *J. KSWQ.* 20(1), 1-11.
- Petersen, W. Bertino, L. Callies, U. and Zorita, E. (2001) Process identification by principal component analysis of river water-quality data. *Ecological Modeling* 138, 193-213.
- Haag, I. and Westrich, B. (2002) Processes governing river water quality identified by principal component analysis. *Hydrol. Process.* 16, 3113-3592.
- Kim, J. G. (2006) The evaluation of water quality in coastal sea of Incheon using a multivariate analysis. *J. Kor. Env. Sci.* 15(11), 1017-1025.
- Kim, J. H., Choi, C. M., Kim, W. I., Lee, J. S., Jung, G. B., Han, K. H., Ryu, J. S., Lee, J. T. and Kwun, S. K. (2007) Multi-variate statistical analysis for evaluation of water quality properties in Korean rural watershed. *Kor. J. Environ. Agric.* 26(1), 17-24.
- Park, S. H., Cho, S. S. and Kim, S. S. (2005) SPSS (ver. 12.0k). Datasolution, Seoul. p.519.
- Jung, C. Y. and Choi, E. G. (1999) Statistical analysis for spsswin, Muyok publishing company, Seoul, p.359-388.
- Lee, M. O. and Baek, S. H. (1998) The prediction of red tides in Jinhae bay using a discriminant function. *J. Kor. Env. Sci.* 7(1), 8-19.
- Kim, J. H., Choi, C. M., Ryu, J. S., Jung, G. B., Shin, J. D., Han, K. H., Lee, J. T. and Kwun, S. K. (2007) Development and Application of water quality level model for the small streams of rural watersheds with discriminant analysis. *J. KSWQ.* 23(2), 260-265.