



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0075948
(43) 공개일자 2012년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/10 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2010-0137870
(22) 출원일자 2010년12월29일
심사청구일자 2010년12월29일

(71) 출원인
전남대학교산학협력단
광주 북구 용봉동 300
(72) 발명자
정희택
전라남도 여수시 둔덕동 라온유아파트 112-904
김해란
전라남도 여수시 둔덕동 라온유아파트 112-904
(74) 대리인
특허법인아이엠

전체 청구항 수 : 총 6 항

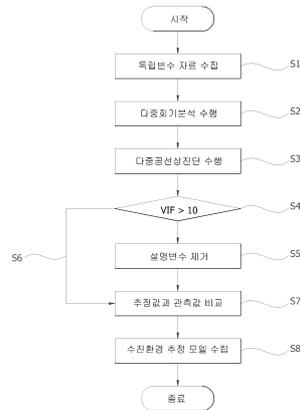
(54) 발명의 명칭 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법에 관한 것으로, 독립변수 데이터를 이용하여 양식장 등의 수질 환경을 추정 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의한 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법은 수질 환경에 해당하는 독립변수의 자료를 수집하는 단계; 독립변수를 이용하여 다중회귀분석을 수행하는 단계; 및 다중공선성 진단을 수행하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415109784

부처명 지식경제부

연구사업명 대학 IT 연구센터 육성?지원 사업

연구과제명 친환경 어류 양식 IT 컨버전스 응용 기술 연구 개발

주관기관 전남대학교 산학협력단

연구기간 2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

수질 환경에 해당하는 독립변수의 자료를 수집하는 단계;
 상기 독립변수를 이용하여 다중회귀분석을 수행하는 단계; 및
 다중공선성 진단을 수행하는 단계;를 포함하는 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 독립변수는 수온, 기온, 기압전도도, 염도, 용존 산소량, 클로로필 함유량 중 적어도 두 개 이상인 것을 특징으로 하는 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 다중공선성 진단은 분산팽창 지수를 사용하여 평가하며, 상기 분산팽창 지수가 10 이상이면 설명변수가 다중 공선성 문제를 발생한다고 판단하여, 상기 설명변수를 제거하는 것을 특징으로 하는 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 수온 예측을 위한 상기 다중회귀분석은 다음의 수학적식을 이용하는 것을 특징으로 하는 수질 환경 추정 방법.
 (수학적식)

$$\text{양식장 수온} = -4.402 + 0.906 * \text{발포수온} + 0.198 * \text{발포염도}$$

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 용존산소 예측을 위한 상기 다중회귀분석은 다음의 수학적식을 이용하는 것을 특징으로 하는 수질 환경 추정 방법.
 (수학적식)

$$\text{용존산소량} = 15.833 - 0.209 * \text{수온} - 0.142 * \text{염도}$$

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 용존산소 예측을 위한 상기 다중회귀분석은 다음의 수학적식을 이용하는 것을 특징으로 하는 수질 환경 추정 방법.
 (수학적식)

용존산소량= 11.488 - 0.2097*수온

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법에 관한 것으로, 독립변수 데이터를 이용하여 양식장 등의 수질 환경을 추정 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 양식장 등을 이용하여 어업을 하는 과정에서 수온 염분 등의 수질 환경 정보는 매우 중요하다. 일반적으로는 어업생산자가 생산 현장에서 수조 내에 센서를 설치하고, 수온, 염분 등의 수질 환경 정보를 모니터링하면서 이상이 있을 경우에 조치를 취하게 된다. 그러나 수질 환경 정보를 위해서 모니터링 시스템은 센서를 포함한 장비의 구입 비용 등의 문제점도 있고, 시스템을 지속적으로 수리 및 관리해야 하는 부담감도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점 및 기술 개발의 필요성을 해결하기 위해 안출된 것으로, 고가의 비용을 들이지 않고, 수질 환경을 추정할 수 있는 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

[0004] 또한, 본 발명은 신뢰도 있는 독립변수를 바탕으로 수질 환경 정보를 추정하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기의 목적을 달성하기 위해서 본 발명에 의한 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법은 수질 환경에 해당하는 독립변수의 자료를 수집하는 단계; 독립변수를 이용하여 다중회귀분석을 수행하는 단계; 및 다중공선성 진단을 수행하는 단계;를 포함한다.

[0006] 독립변수는 수온, 기온, 기압전도도, 염도, 용존 산소량, 클로로필 함유량 중 적어도 두 개 이상일 수 있다.

[0007] 다중공선성 진단은 분산팽창 지수를 사용하여 평가하며, 분산팽창 지수가 10 이상이면 설명변수가 다중 공선성 문제를 발생한다고 판단하여, 설명변수를 제거하는 것일 수 있다.

[0008] 그리고 수온 예측을 위한 다중회귀분석은 다음의 [수학식1]을 이용할 수 있다.

[0009] [수학식1]

[0010] 양식장 수온= -4.402 + 0.906*발포수온 + 0.198*발포염도

[0011] 또한, 용존산소 예측을 위한 다중회귀분석은 다음의 [수학식2]을 이용할 수 있다.

[0012] [수학식2]

[0013] 용존산소량= 15.833 - 0.209*수온 - 0.142*염도

[0014] 그리고, 용존산소 예측을 위한 다중회귀분석은 다음의 [수학식3]을 이용할 수 있다.

[0015] [수학식3]

[0016] 용존산소량= 11.488 - 0.2097*수온

발명의 효과

[0017] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 고가의 비용이 소요되는 시스템을 요구하지 않고, 관측소에서 관측되는 신뢰도 있는 독립변수를 이용하여 수질 환경을 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 의한 수질환경 추정 방법을 나타내는 흐름도.
- 도 2는 독립변수 획득 표본 지역의 온도 변화 추이를 나타내는 도면.
- 도 3은 독립변수 획득 표본 지역의 염도 변화 추이를 나타내는 도면.
- 도 4는 양식장 온도와 용존산소량을 나타내는 도면.
- 도 5는 추정된 온도와 실제 온도를 나타내는 도면.
- 도 6은 추정된 용존산소량과 실제 관측값을 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명의 상세한 설명 부분에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.

[0020] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0021] 도 1은 본 발명에 의한 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명에 의한 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법은 먼저 수질 환경에 해당하는 독립변수의 자료를 수집한다(S1). 이때 독립변수는 수온, 기온, 기압전도도, 염도, 용존 산소량, 클로로필 함유량 중 적어도 두 개 이상을 포함한다. 이어서, 독립변수를 이용하여 다중회귀분석을 수행한다(S2). 그리고, 다중공선성 진단을 수행한다(S3). 다중공선성 진단은 분산팽창 지수를 사용하여 평가할 수 있다(S4). 이때 분산팽창 지수(Variance Inflation Factor; VIF)가 10 이상이면 설명변수가 다중공선성 문제를 발생한다고 판단하여, 설명변수를 제거한다(S5). 그리고 다중공선성 진단결과 분산팽창 지수가 10을 넘지 않거나, 설명변수를 제거한 이후에는 추정값과 관측값을 비교한다(S7). 이어서 추정값과 관측값의 결과 차이가 크지 않을 경우 수질환경 추정 모델을 수립할 수 있다(S8). 수질환경 추정 모델 수립을 위한 추정값과 관측값의 결과 차이는 사용자에게 의해서 설정될 수 있다.

[0023] 이러한 다중회귀분석을 통한 수질 환경 추정 방법을 실시예를 통해서 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

[0024] 실제 독립변수 자료와 이를 적용한 다중회기분석을 수행하기 위해서 선정한 조사 지역은 전라남도 고흥군 거금도에 위치한 육상 수조식 양식장인 금호수산과 조위 관측소 지역인 여수 오동도, 고흥 발포항을 포함하여 3개 지역이다. 금호수산 양식장은 2008년 11월부터 환경정보 모니터링 시스템 시범 사업 대상 양식장으로 선정되어 센서와 모니터링 시스템을 양식장 내에 설치하여 운영해 오고 있다. 수조 내에 설치된 지능형 센서로부터 수조 환경 정보인 해수 온도, 염도, 용존산소, 클로로필, pH 등이 매분 간격으로 시스템에 축적되어 오고 있다. 발포와 오동도 조위 관측소 데이터는 국립 해양조사원에 요청하여 매 시간당 측정되어진 조위, 풍속, 돌풍, 풍향, 기온, 기압, 전도도, 수온, 염도 데이터를 해양조사원으로부터 받아 본 연구에 이용하였다.

[0025] 그리고, 수질 항목의 데이터는 2009년 1월부터 2010년 7월 까지의 데이터를 이용하였다. 3개 지역의 데이터를 [표 1]과 같이 총 5개 셋으로 분류하여 통계적 분석을 수행하고자 한다. [표 1]에서 A는 금호 양식장, B는 발포 지역, C는 여수 지역을 나타낸다. 그리고, 첫째 데이터 셋은 금호수산 양식장의 수질 환경 정보 특성을 알아보기 위한 것이고, 둘째 데이터 셋은 조위 관측소 측정 항목인 수질 환경의 특성을 살펴보기 위함이고, 셋째 데이터 셋은 3지역간 공통 정보인 수온과 염도 차이 분석을 행하기 위함이다. 넷째 데이터 셋은 근거리 지역인 발포 조위 관측소 데이터를 이용하여 금호수산 양식장의 환경정보를 추정하기 위한 것이다. 다섯째 데이터 셋은 회귀 추정식에 의한 예측치와 실측치를 Plot 하기 위한 데이터 셋으로 구성하였다.

표 1

구분	항목	기간	지역
Set1	수온, 염도, DO, 클로로필, pH, 산소포화도	2009.1월 ~ 2009.12월	A
Set2	조위, 풍속, 돌풍, 풍향, 기온, 기압, 전도도, 수온, 염도	2009.1월 ~ 2009.12월	A, B
Set3	수온, 염도	2009.1월 ~ 2009.12월	A, B, C
Set4	A : 수온, 염도, pH, 용존산소 B : 수온, 기압, 전도도, 풍속, 염도	2009.1월 ~ 2009.12월	A, B
Set5	A : 수온, 용존산소 B : 수온, 염도	2010.2.4 ~ 2010.7.30	A, B

[0026]

통계 분석을 위한 통계 처리는 대표적인 통계패키지인 SAS 9.2를 이용하여 수행하였다. 금호수산 양식장의 매 분 간격으로 측정된 수질 인자 데이터에 대해선 일 평균값을 구하여 분석에 이용하였고 조위 관측소의 매 시간당 측정되어진 데이터에 대해서는 상관분석을 제외한 대부분의 통계 분석 예를 들어 분산분석, 요인분석, 다중회귀 분석, 그리고 예측치 실측치의 PLOT 등에서 조위 관측소 데이터의 일 평균값을 산출하여 분석에 이용하였다.

[0027]

[0028]

그리고, 데이터의 상관성이 높은 변수들을 묶어 잠재된 몇 개의 변수를 찾기 위해 조위 관측소 9개 수질 항목에 대해 요인 분석을 수행하고 요인 개수는 각 요인들의 평균 설명력에 해당하는 고유치가 1 이상인 것을 선택하여 요인 개수로 한다.

[0029]

[표 2]는 2009년 금호수산 양식장의 수질 통계량을 나타내는 표이다.

표 2

변수 월	Temp.	Sal.	DO	Chl.		pH		N (day)
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD		X±SD		
1	7.37±0.52	30.75 ±0.56	10.05 ±0.24	1.31	0.52	8.14	0.06	30
2	8.82±0.42	30.08 ±0.93	9.78±0.16	1.22	0.33	8.18	0.03	26
3	10.26 ±0.94	29.14 ±0.85	9.40±0.34	1.64	0.50	8.19	0.04	30
4	12.92 ±0.94	30.02 ±1.48	8.33±0.40	1.51	0.55	7.99	0.20	26
5	14.88 ±0.86	27.50 ±0.18	8.21±0.15	1.28	0.32	8.18	0.07	5
6	22.07 ±1.53	29.54 ±0.36	6.26±1.26	1.48	0.66	8.18	0.08	13
7	21.55 ±0.50	27.99 ±0.78	6.86±0.27	2.91	1.37	7.98	0.13	27
8	24.69 ±1.87	28.44 ±0.81	6.31±1.15	1.06	0.22	8.27	0.17	28
9	24.10 ±0.70	30.57 ±0.62	6.41±0.20	1.68	0.79	8.29	0.05	30
10	20.32 ±1.65	30.17 ±0.48	7.24±0.33	2.98	0.47	8.17	0.06	29
11	14.80 ±1.97	28.60 ±0.87	8.09±0.38	3.30	0.68	7.97	0.13	26
12	10.62 ±1.29	28.50 ±0.77	9.26±0.66	2.85	0.39	8.19	0.08	15

[0030]

[0031]

[표 2]에서 보는 바와 같이 수온은 계절적 요인에 의해 1월이 가장 낮고 8월이 가장 높게 나타났다. 어류의 생존에 필요한 용존산소의 농도는 4ppm 이상인데 수온과 반비례 관계에 있는 용존산소는 6.2 이상으로 관측된다. 수소이온농도(pH)는 대부분 pH7.0 이상으로 알칼리성을 나타내고 있다. 다량의 영양염이 유입되는 경우

농도가 높게 나타나는 클로로필 농도의 큰 변동 폭은 없으며 다만, 7월, 10월, 11월, 12월이 다른 달에 비해 조금 높게 관측되었다. N은 관측일로 양식장 수조 청소 및 시스템 정전등의 문제로 5, 6월이 특히 관측일 수가 적어 5, 6월의 대표성은 부족하다.

[0032] [표 3]은 계절별 수질 통계량을 나타내는 표이다. [표 3]에서 계절의 분류는 12월,1월,2월은 봄, 3,4,5월은 여름, 6,7,8월은 여름, 9,10,11월은 가을로 분류하였다. 추후 관측소 지역의 계절별 특성과 비교할 수 있다.

표 3

	N	TP	SA	DO	CP	PH
Fall	85	19.97±4.08	29.83±1.07	7.21±0.75	2.62±0.97	8.15±0.16
Spring	61	11.78±1.83	29.38±1.33	8.85±0.65	1.56±0.51	8.10±0.17
Summer	68	22.94±2.03	28.47±0.92	6.52±0.96	1.87±1.25	8.14±0.19
winter	71	8.59±1.43	30.03±1.13	9.78±0.46	1.60±0.78	8.17±0.06

[0034] [표 4]는 변수 간 선형 상관성을 알아보기 위해 5개 수질 항목에 대한 상관분석을 실시한 결과이다.

표 4

	Temp.	Sal.	DO	Chl.	pH
Temp.	1.000				
Sal.	-0.16849	1.000			
DO	-0.95471	0.13080	1.000		
Chl.	0.12519	-0.27459	-0.12736	1.000	
pH	0.14362	0.14475	0.03082	-0.31983	1.000

[0036] [표 4]를 참조하면, 수온이 용존산소(r=-0.95)와 높은 음의 상관성을 보이는 것을 알 수 있다.

[0037] [표 5]는 발포 지역의 2009년 1년치 데이터를 기준으로 요인분석한 결과이다.

표 5

Variables	Factor1	Factor2	Factor3
wtp	0.91315	0.20188	-0.18942
tp	0.91443	0.19596	-0.24771
ap	-0.72324	-0.27681	0.30463
ws	-0.34217	0.90026	0.00177
cd	0.88747	0.20831	0.31764
jw	0.25248	0.03425	0.53549
sa	0.24825	0.07999	0.86757
gu	-0.39153	0.89023	0.00736
wd	-0.34946	0.3449	0.02625
Eigen value	3.4985850	1.92867033	1.33111390
Variance	3.4985851	1.9286703	1.3311139

[0039] [표 5]를 참조하면, 고유치가 1이상인 것이 선정되어 요인 개수가 3개이다. 요인1에 수온, 기온, 기압, 전도도가 포함되고 단 기압은 다른 변수들과는 반비례관계에 있음을 알 수 있다. 요인2에는 풍속과 돌풍이 포함되고 요인3은 염도가 해당된다.

[0040] [표 6]은 고흥 발포 지역의 환경인자 상관관계를 나타내는 표이다.

표 6

[0041]

	wtp	tp	ap	ws	cd	jw	sa	gu	wd
wtp	1								
tp	0.91764	1							
ap	-0.63697	-0.73697	1						
ws	-0.12329	-0.13937	0.04741	1					
cd	0.83519	0.76135	-0.52205	-0.11839	1				
jw	0.14573	0.12769	-0.07769	-0.04394	0.23723	1			
sa	0.0259	0.015	0.00291	-0.02751	0.56689	0.21588	1		
gu	-0.17531	-0.19025	0.0687	0.951	-0.16322	-0.05308	-0.03207	1	
wd	-0.24122	-0.22238	0.06796	0.24123	-0.20515	-0.0684	-0.01525	0.29196	1

[0042]

[표 6]을 참조하면, 상관분석에서는 수온이 기온($r=0.92$)과 양의 상관성, 기압($r=-0.64$)과 음의 상관성, 전도도($r=0.84$)와 양의 상관성을 나타내고, 기온은 전도도($r=0.76$)와 양의 상관, 기압은 전도도($r=-0.52$)와 음의 상관성, 풍향은 돌풍($r=0.95$)과 양의 상관, 전도도와 염도($r=0.57$)는 양의 상관성을 보이는 것을 알 수 있다.

[0043]

[표 7]은 발포 항과 여수 오동도의 계절별 수질 환경 자료의 평균과 표준편차를 제시한 것이다.

표 7

[0044]

	wtp		tp		ap		ws		cd		sa		gu	
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
봄	19.4 1 ±4.7 1	20.4 0 ±3.8 2	15.6 5 ±5.5 9	16.9 1 ±5.2 9	1016. 3 ±5.75	1016. 3 ±5.64	3.04 ±1.01	3.54± 1.65	43.17 ±3.81	37.75 ±6.49	31.59 ±0.51	29.34 ±2.99	4.07 ±1.55	4.55 ±1.99
여름	13.0 6 ±3.1 7	13.1 7 ±3.2 3	11.7 8 ±4.2 3	13.4 4 ±4.4 2	1013. 8 ±5.63	1014. 0 ±5.68	2.94 ±1.39	2.81± 1.65	37.80 ±3.82	31.73 ±4.64	31.93 ±2.02	26.54 ±3.97	4.10 ±2.13	3.89 ±2.17
가을	22.3 8 ±2.2 3	22.0 5 ±2.0 4	21.8 2 ±2.3 4	23.3 2 ±2.2 0	1005. 9 ±3.80	1006. 5 ±3.86	2.57 ±1.06	2.79± 1.37	45.57 ±1.94	39.65 ±4.40	31.30 ±0.92	26.11 ±4.07	3.40 ±1.42	3.89 ±1.78
겨울	7.02 ±1.9 7	8.12 ±2.0 7	3.59 ±3.8 1	4.87 ±3.8 2	1020. 0 ±4.89	1019. 8 ±4.90	3.31 ±1.29	3.72± 1.71	31.58 ±3.36	30.24 ±6.40	31.01 ±2.74	28.97 ±6.25	4.72 ±2.01	4.90 ±2.35

[0045]

이때, [표 7]에서 B는 발포 지역, C는 여수 지역을 나타낸다.

[0046]

매 시간 간격으로 측정된 조위 관측소의 데이터는 조위, 풍속, 돌풍, 풍향, 기온, 기압, 전도도, 수온, 염도의 정보를 가지고 있고 매분 간격으로 측정 기록되는 양식장 수질 환경 정보는 수온, 용존산소, 염도, pH, 클로로필이다.

[0047]

상술한 세 곳의 지역인 금호수산 양식장, 발포 지역 및 여수 지역의 동일 관측 항목은 수온과 염도이므로 3 지역 간 차이 분석을 위해서 일일 평균 수온, 염도를 산출하여 분산 분석에 사용했다.

[0048]

도 2는 2009년 세 지역간의 수온을 그래프로 표시한 것이고, 도 3은 염도를 그래프로 표시한 것이다. 그리고 도 2 및 도 3에서 각 그래프의 구분선은 각각 2월, 3월, 4월, 5월, 6월, 7월, 8월, 9월, 10월, 11월, 12월 시작일을 표시한다.

[0049]

도 2 및 도 3을 참조하면, 세 지역간 수온 차이는 매우 적고 염도는 차이가 있음을 짐작할 수 있다.

[0050]

그리고 [표 8]은 이러한 도 2 및 도 3의 분산 분석을 나타내는 표이다.

표 8

[0051]

종속변수	제 III유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
수온	57.7084	2	28.8542	0.69	0.503

염도	3226.1824	2	1613.0912	185.39	<.0001
----	-----------	---	-----------	--------	--------

[0052] [표 8]의 분산 분석의 결과에서도 유의수준 5%에서 수온은 3지역간 차이가 없음을 알 수 있고 염도는 차이가 있음을 알 수 있다. 특히 여수 오동도는 도시 지역과 근접한 관계로 생활 하수등의 유입으로 염도가 다른 지역에 비해 낮게 나타났다고 볼 수 있다.

[0053] [표 9]는 유의한 차이가 존재한 월에 대해 사후 검정을 실시한 결과이다.

표 9

[0054]

Mon.	Para.	Pr>F	Duncan Grouping	Ave.	N	Sites
Jan.	Temp.	0.0001	A	7.37	30	A
			B	6.29	31	C
			C	4.86	31	B
	Sal.	0.0369	A	30.83	31	B
			A	30.75	30	A
			B	28.09	31	C
Feb.	Temp.	0.0001	A	8.82	26	A
			B	7.83	28	B
			B	7.63	28	C
	Sal.	0.0079	A	30.08	26	A
			A	29.53	28	B
			B	26.49	28	C
Mar.	Temp.	0.002	A	10.26	30	A
			B	9.52	31	C
			B	9.46	31	B
	Sal.	0.0001	A	31.30	31	B
			B	29.14	30	A
			C	28.01	31	C
Sep.	Temp.	0.0600	A	24.46	30	B
			AB	24.35	30	C
			B	24.10	30	A
	Sal.	0.0001	A	31.14	30	B
			A	30.57	30	A
			B	27.79	30	C
Oct.	Temp.	0.015	A	21.10	31	C
			AB	20.32	29	A
			B	19.97	31	B
	Sal.	0.0001	A	31.51	31	B
			B	30.17	29	A
			C	28.64	31	C
Nov.	Temp.	0.0048	A	15.72	30	C
			AB	14.80	26	A
			B	13.80	30	B
	Sal.	0.0001	A	32.13	30	B
			A	31.60	30	C
			B	28.60	26	A
Dec.	Temp.	0.0001	A	10.62	15	A
			A	10.39	31	C
			B	8.45	31	B
	Sal.	0.0001	A	32.54	31	B
			B	32.09	31	C
			C	28.50	15	A

[0055] [표 9]를 참조하면, 세 지역간 월별 비교시 유의수준 5%에서 4, 5, 6, 7, 8, 9월의 지역별 수온의 차이는 없는 걸로 나타났지만 1, 2, 3, 10, 11, 12월에는 유의한 차이가 존재하였다. 단, 5월과 6월 금호수산의 관측일이 각각 5일, 13일인 관계로 여수와 발포간 수온 차이가 없기에 차이가 없는 걸로 간주하였다. 염도는 월별 분석에서도 3 지역 간 차이가 존재하였고, 발포가 염도가 가장 높고 여수가 제일 낮은 것으로 나타났다.

[0056] 고흥 발포 조위 관측소의 데이터를 이용하여 근거리 양식장의 수온을 예측하기 위해 [표 5]를 통해 살펴본 요인 분석과 상관분석 결과를 토대로 독립변수를 수온, 풍속, 염도로 하여 다중회귀변수를 수행하였다. 그 결과 F 검정통계량의 p-value 값이 유의수준 0.05보다 작아 수온, 염도, 풍속 중 적어도 하나는 양식장 수온에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 그러나 회귀계수의 유의성 검정을 위한 t검정에서 유의수준 0.05에서 유의한 설명변수는 관측소의 수온과 염도 이었다. 이에 따라 풍속을 제외하고 추정한 결과를 살펴보면 [표 10]과 같다.

표 10

항목	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	VIF
	β	Error				
상수	-4.402	1.667		-2.64	<.0088	0
발포 수온	0.906	0.007	1.014	121.75	<.0001	1.5667
발포 염도	0.198	0.050	0.033	3.97	<.0001	1.5667
R ² =.988 Adjusted R ² =.988 F(p)=11167.8(<.0001)						

[0058] 회귀 모형의 적합성은 F-검정과 결정계수(R²)로 검정한 결과 유의수준 0.05보다 F=11167.8(p<.001)이 작아 회귀식이 유의한 것으로 나타났다. 또한 결정계수 값도 1에 가까워 회귀모형이 전체 변량의 대부분을 설명하고 있다고 추정할 수 있다. 회귀 계수에 대한 t검정 결과에서도 유의하고 VIF 값이 1에 가까워 다중 공선성 영향이 없다고 할 수 있다. 표준화 회귀 계수 값에 의해 수온이 1.014로 전체 회귀 모형의 대부분을 설명하고 있음을 알 수 있다.

[0059] 따라서 다중 회귀 분석을 통한 양식장 수온 예측을 위한 회귀식은 다음의 [수학식 1]과 같이 표현될 수 있다.

[0060] [수학식 1]

[0061] 양식장수온 = -4.402 + 0.906 * 발포 수온 + 0.198 * 발포염도

[0062] 그리고 [표 11]은 pH, 염도, 용존산소량을 위한 회귀 모형식이다.

표 11

Multiple linear regression Model		Sig
pH = 5.368-0.024*염도+0.003*기압+0.003*수온	0.06	**
Sal = 30.151-0.044*기온+0.004*염도-0.056*돌풍	0.07	**
DO = 15.833-0.209*수온-0.142*염도	0.89	**

[0064] 이때, pH, 염도는 결정 계수 값이 매우 낮아 회귀 모형식이 적절하지 않지만 용존산소를 위한 다른 회귀식인 [수학식 2]는 결정계수 89% 수준에서 회귀직선 관계에 있다.

[0065] [수학식 2]

[0066] 용존 산소량= 15.833- 0.209 *수온 -0.142*염도

[0067] 따라서 고흥 조위 관측소 데이터를 이용하여 양식장 수질정보를 추정할수 있는 것은 수온, 용존산소 임을 알 수 있다. 즉, 2009년도 금호수산 측정 데이터를 이용한 용존 산소 추정에서는 다음과 같은 회귀식인 [수학식 3]과 같이 표현될 수 있다.

[0068] 양식장 용존산소 = 11.488 - 0.2097 * 양식장 수온

[0069] [수학식 3]을 바탕으로 양식장 수온과 용존산소의 상관관계를 살펴보면 도 4와 같다.

[0070] 도 4를 참조하면, 결정계수 96% 수준에서 회귀직선 관계에 있어서, [수학식 3]의 용존산소 회귀식은 [수학식

2)의 용존산소 회귀식보다 관측치가 직선에 더 몰려 있음을 알 수 있다.

[0071] 도 5는 상술한 바와 같이 독립변수를 바탕으로 추정된 회귀식인 [수학식 1]을 바탕으로 수온과 용존산소 값을 추정한 것을 나타내는 도면이다. 도 5에서 붉은색이 회귀식에 의한 추정값이고, 검은색이 실제 관측된 수온을 나타낸다.

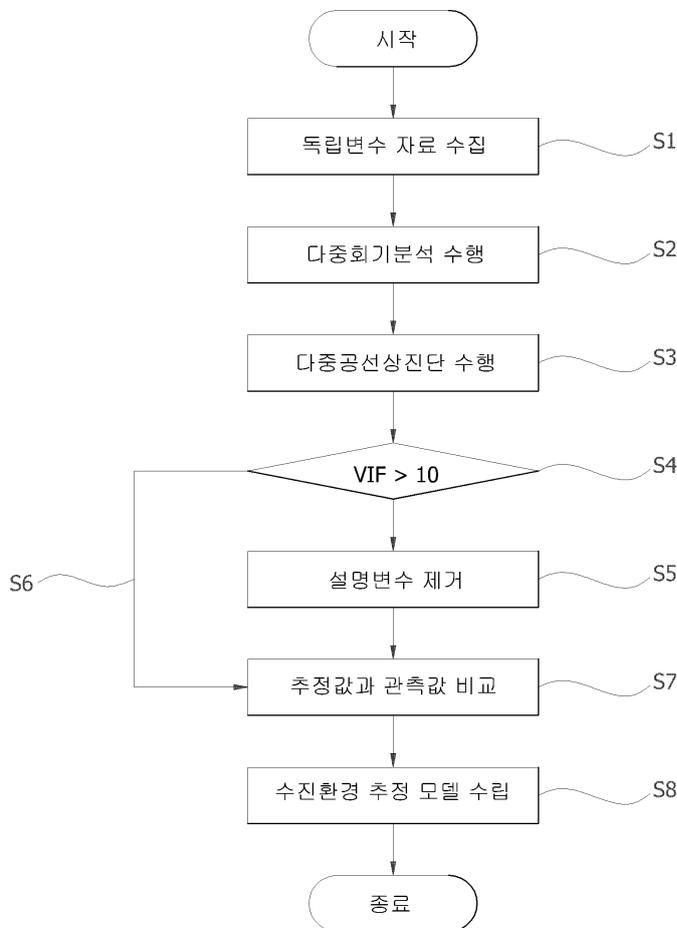
[0072] 그리고 도 6은 [수학식 2] 및 [수학식 3]을 바탕으로 추정한 용존산소량을 나타내는 도면이다. 도 6에서 붉은색은 [수학식 2]를 바탕으로 추정한 용존산소량이고, 녹색은 [수학식 3]을 바탕으로 추정한 용존산소량을 나타낸다.

[0073] 도 5 및 도 6을 참조하면, 수온 추정값을 이용한 [수학식 3]의 용존산소 추정값인 녹색 데이터와 [수학식 2]에 의해 추정된 붉은색 데이터는 거의 유사함을 알 수 있다. 즉, 양식장 용존산소 예측을 위해서 [수학식 3]을 이용한 수질환경예측 방법이 적합한 것을 알 수 있다.

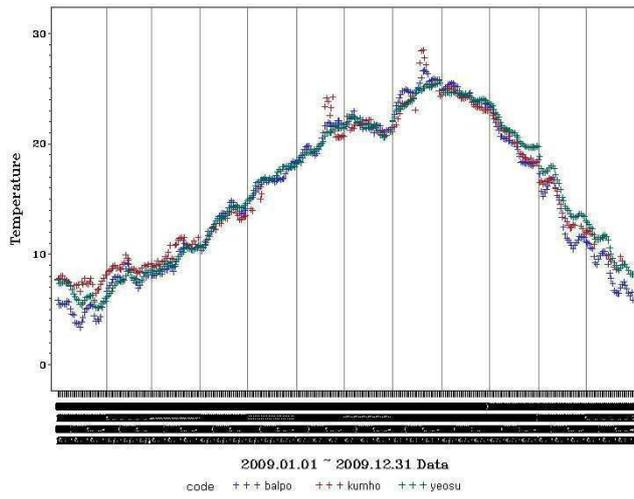
[0074] 본 발명은 이상에서 살펴본 바와 같이 바람직한 실시 예를 들어 설명하였으나, 상기한 실시 예에 한정되지 아니하며 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

도면

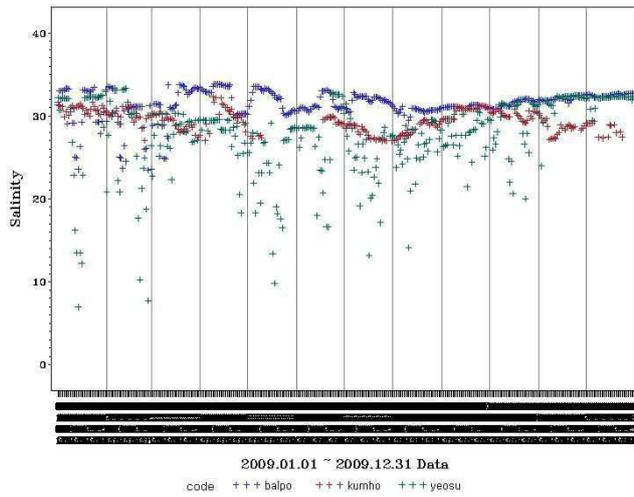
도면1



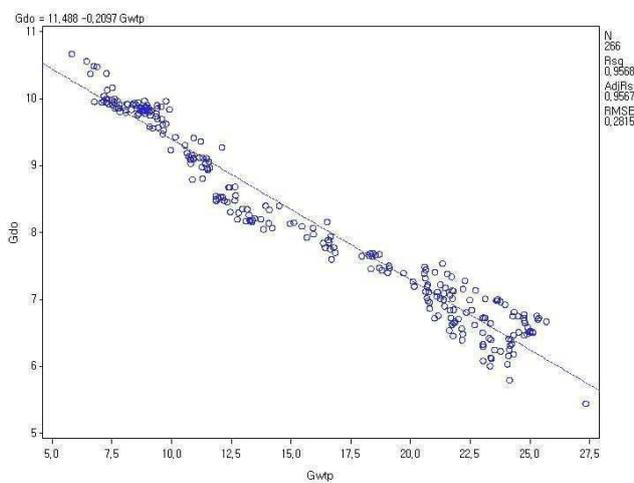
도면2



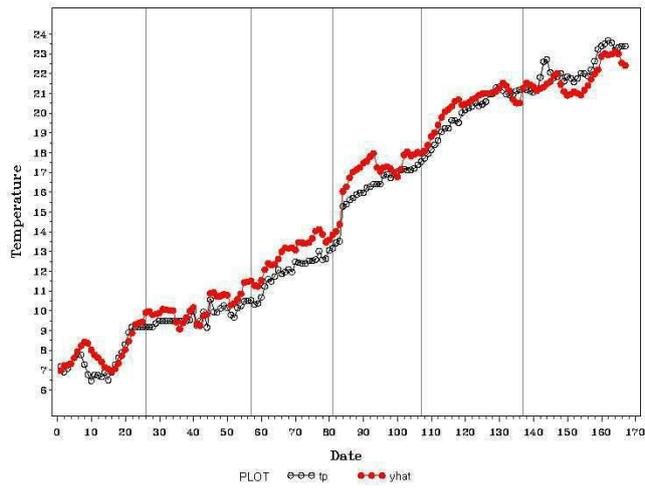
도면3



도면4



도면5



도면6

