



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0120935  
(43) 공개일자 2021년10월07일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>G06N 20/00 (2019.01) G01N 27/02 (2006.01)<br/>G01N 27/333 (2006.01) G01N 27/416 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>G06N 20/00 (2021.08)<br/>G01N 27/02 (2021.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0123641<br/>(22) 출원일자 2021년09월16일<br/>심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인<br/>농업회사법인 상상텃밭 주식회사<br/>경상북도 안동시 임하면 금소길 341-12</p> <p>(72) 발명자<br/>반병현<br/>경상북도 안동시 강남7길 18, 205호 (정하동)</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인리담</p> |
|---|--|

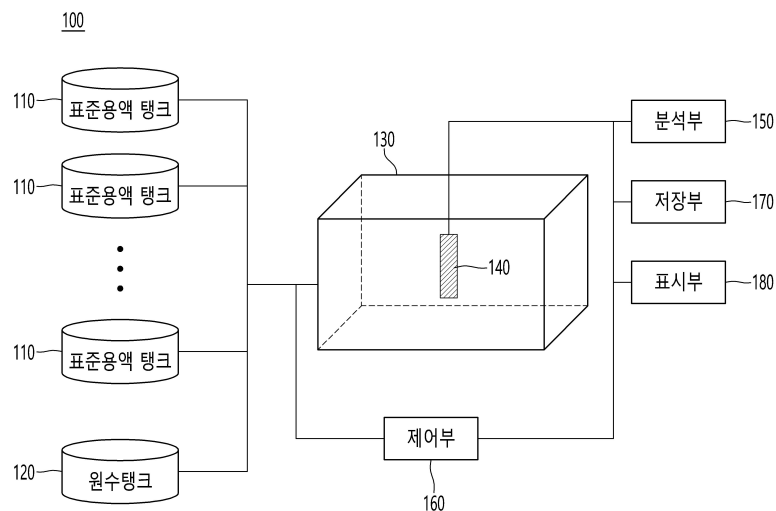
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치에 관한 것으로, 표준양액이 저장되어 있는 표준양액 탱크; 상기 표준양액의 정보를 획득하는 복수의 센서로 구성된 센서부; 및 상기 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여 상기 센서의 수명을 분석하기 위한 계수를 분석하고, 상기 계수를 바탕으로 상기 센서의 수명을 분석하는 분석부;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01N 27/333** (2013.01)

**G01N 27/4165** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425144386
과제번호	S2948223
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	창업성장기술개발(R&D)
연구과제명	지능형 의사결정 시스템이 탑재된 클라우드화 수직형 식물공장 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	농업회사법인 상상텃밭 주식회사
연구기간	2020.08.01 ~ 2022.07.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

표준양액이 저장되어 있는 표준양액 탱크;

상기 표준양액의 정보를 획득하는 복수의 센서로 구성된 센서부; 및

상기 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여 상기 센서의 수명을 분석하기 위한 계수를 분석하고, 상기 계수를 바탕으로 상기 센서의 수명을 분석하는 분석부;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 1]의 a, b 및 c인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치.

[수식 1]

$$C = [a * \exp(b * V) + c]$$

(여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a, b 및 c는 상기 C와 오차를 최소화 하는 상기 계수이다.)

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 2]의 a 및 b인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치.

[수식 2]

$$C = [a * V + b]$$

(여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a 및 b는 상기 C와 오차를 최소화 하는 상기 계수이다.)

#### 청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 분석부는 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값, 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석하여 상기 센서의 수명을 분석하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치.

## 청구항 5

복수의 센서로 구성된 센서부가 표준양액의 정보를 획득하는 단계; 및

분석부가 상기 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여 상기 센서의 수명을 분석하기 위한 계수를 분석하고, 상기 계수를 바탕으로 상기 센서의 수명을 분석하는 단계;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 3]의 a, b 및 c인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법.

[수식 3]

$$C = [a * \exp(b * V) + c]$$

(여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a, b 및 c는 상기 C와 오차를 최소로 하는 상기 계수이다.)

## 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 4]의 a 및 b인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법.

[수식 4]

$$C = [a * V + b]$$

(여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a 및 b는 상기 C와 오차를 최소로 하는 상기 계수이다.)

## 청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 분석부는 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$  값, 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석하여 상기 센서의 수명을 분석하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

본 발명은 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0001]

- [0003] 원예작물의 양액재배는 토양을 이용하지 않는 재배 방법으로 생육에 필요한 영양 성분(다량 및 미량원소)을 적절하게 흡수할 수 있도록 알맞은 조성과 농도로 조절된 양액을 식물에 공급해주며 재배하는 방법이다.
- [0005] 이런 양액재배 중 폐쇄 시스템이 양액 이용율의 극대화 및 환경문제 해결을 위하여 최근 많은 관심을 받고 있는데, 폐쇄 시스템은 양액을 재활용하므로 식물이 영양분을 흡수하는 과정에서 양액 내의 이온 조성이 변하게 되기 때문에 식물의 영양분의 흡수로 부족해진 이온 조성에 해당하는 양액을 보충해주기 위해 센서부를 이용하여 양액의 이온 조성물 농도를 정확히 측정하게 측정하는 것이 중요하다.
- [0007] 이런 양액의 농도를 측정하는 센서로는 양액의 전기전도도를 측정하는 EC(Electric conductivity)센서 및 양액 속에서 전압을 측정하여 특정한 이온 조성물 농도만을 측정하는 이온 선택성 전극(Ion Selective Electrode)인 ISE 센서 등이 있다.
- [0009] 양액의 농도를 측정하는 센서 중 ISE 센서는 타겟 이온이 통과할 수 있는 작은 구멍이 뚫린 다공성 막 (glass or 세라믹)과 전극이 설치되어, 전극이 전기신호를 송출하고 수신하며 해당 막을 통과하는 이온이 유발시키는 네렌스트 퍼텐셜을 측정하여 농도를 측정한다.
- [0011] 그러나 ISE 센서는 사용하면 할수록 이전 측정 당시 유입된 이온이 빠져나가지 못하고 내부에 점점 축적되어, 같은 농도의 용액을 측정해도 flux가 낮게 잡혀 전압값이 왜곡되고, 결국 시간이 지날수록 센서의 민감도가 떨어지는 문제점이 있다. 즉, 전기신호를 가하는 과정에서 전기분해와 이온의 석출이 발생하며 센서 전극의 전기전도도에 변화가 생겨 ISE 센서값이 왜곡된다.
- [0013] 또한, ISE 센서는 내부의 이온이 충분히 빠져나갈 때까지 대기하는 시간이 필요해 ISE 센서를 짧은 시간 간격으로 연속해서 사용하면 센서의 수명이 급격하게 감소하는 문제점이 있다.
- [0015] 이런 문제점을 해결하기 위해 ISE 센서의 측정 시 휴지 시간을 지나치게 길게 제공하여 측정 주기를 늘리면 용액 내의 이온 농도 변화를 정밀하게 추적할 수 없게 되고, ISE 센서의 측정 시 휴지 시간을 지나치게 짧게 제공하여 측정 주기를 줄이게 된다면 ISE 센서의 수명이 급격히 저하되며 센서가 고장나는 문제점이 있다.
- [0017] 이에 측정 주기 최적화 및 센서 고장으로 인한 시스템 중단에 대응하기 위하여 센서의 잔여 수명을 분석하는 기술이 요구되고 있다.
- [0019] 이런 센서의 잔여 수명을 분석하는 종래기술로는 한국등록특허공보 제10-2178787호가 있다.
- [0021] 그러나 종래기술은 사전에 센서 신호에 대한 빅데이터를 수집한 후 딥러닝을 활용해 잔여 수명을 매핑하지만, 사전에 센서 신호에 대한 빅데이터 수집이나 데이터베이스를 구축해야 하는 문제점과 1차원 신호를 2차원 데이터로 변형하는 추가적 연산과 신호를 매핑하는 등의 연산량이 많아 고성능 분석장치가 필요한 문제점이 있다.

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0023] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 센서의 수명을 분석할 수 있는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석

장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0025] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 센서 측정 주기의 최적화 및 센서의 교체 시점을 분석하여 시스템의 가동 중단을 예방할 수 있는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0027] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 별도의 추가적인 연산과정이나 빅데이터 수집과정 없이, in-line으로 작동 가능한 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0029] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 측면에 따르면, 표준양액이 저장되어 있는 표준양액 탱크; 상기 표준양액의 정보를 획득하는 복수의 센서로 구성된 센서부; 및 상기 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여 상기 센서의 수명을 분석하기 위한 계수를 분석하고, 상기 계수를 바탕으로 상기 센서의 수명을 분석하는 분석부;를 포함하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치를 제공할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 1]의 a, b 및 c일 수 있다.

[0032] [수식 1]

[0033]  $C = [a * \exp(b * V) + c]$

[0034] (여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a, b 및 c는 상기 C와 오차를 최소화 하는 상기 계수이다.)

[0036] 여기서, 상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 2]의 a 및 b일 수 있다.

[0037] [수식 2]

[0038]  $C = [a * V + b]$

[0039] (여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a 및 b는 상기 C와 오차를 최소화 하는 상기 계수이다.)

[0041] 여기서, 상기 분석부는 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$  값, 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석하여 상기 센서의 수명을 분석할 수 있다.

[0043] 본 발명의 바람직한 다른 측면에 따르면, 복수의 센서로 구성된 센서부가 표준양액의 정보를 획득하는 단계; 및 분석부가 상기 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여 상기 센서의 수명을 분석하기 위한 계수를 분석하고, 상기 계수를 바탕으로 상기 센서의 수명을 분석하는 단계;를 포함하는 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법을 제공할 수 있다.

[0045] 여기서, 상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 3]의 a, b 및 c일 수 있다.

[0046] [수식 3]

- [0047]  $C = [a * \exp(b * V) + c]$
- [0048] (여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a, b 및 c는 상기 C와 오차를 최소로 하는 상기 계수이다.)
- [0050] 여기서, 상기 머신러닝이 분석하는 계수는 [수식 4]의 a 및 b일 수 있다.
- [0051] [수식 4]
- [0052]  $C = [a * V + b]$
- [0053] (여기서, C는 상기 표준양액의 이온 농도, V는 상기 획득한 전압, a 및 b는 상기 C와 오차를 최소로 하는 상기 계수이다.)
- [0055] 여기서, 상기 분석부는 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$  값, 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 상기 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석하여 상기 센서의 수명을 분석할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0057] 본 발명은 별도의 추가적 연산이나 데이터베이스 구축 없이 센서의 수명을 분석할 수 있는 효과가 있다.
- [0059] 또한, 본 발명은 센서의 수명을 실시간으로 분석할 수 있는 효과가 있다.
- [0061] 또한, 본 발명은 시각화 방법에 따라 센서 분야 배경지식이나 통계 지식이 전무한 사용자도 쉽고 용이하게 센서의 수명을 확인할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0063] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치의 구성도이다.
- 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 분석부가 센서의 수명을 분석하는 것을 설명하기 위한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0064] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러가지 실시예를 가질수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0066] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0068] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나, 또는 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있

다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나, '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0070] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, '포함한다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0072] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치의 구성도이다.

[0074] 도 1을 참조하면, 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 장치(100)는 표준용액 탱크(110), 원수탱크(120), 측정 탱크(130), 센서부(140), 분석부(150), 제어부(160), 저장부(170) 및 표시부(180)를 포함한다.

[0076] 표준용액 탱크(110)는 표준용액을 수용하여 표준용액을 저장하여 보관하고 있으며, 측정탱크(130)와 연결되어 측정탱크에 표준용액을 공급한다. 여기서, 표준용액 탱크(110)는 복수개로 종류가 다른 표준용액을 보관하고 있다.

[0078] 원수탱크(120)는 원수를 수용하여 원수를 저장하여 보관하고 있으며, 측정탱크(130)와 연결되어 측정탱크에 원수를 공급한다.

[0080] 측정탱크(130)는 표준용액 탱크(110) 및 원수탱크(120)로부터 표준용액과 원수를 공급받고, 표준용액과 원수를 배출한다.

[0082] 센서부(140)는 ISE 센서, EC 센서 및 pH 센서 등의 복수의 센서로 구성된 것으로, 측정탱크(130)의 내부에 설치되어 측정탱크(130)로 공급된 원수와 혼합된 표준용액의 전압, 전기전도도 및 pH 등의 표준용액의 정보를 획득하여 분석부(150)에 제공한다.

[0084] 분석부(150)는 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여, 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액 정보로부터 [수학식 1] 또는 [수학식 2]를 활용해 센서부(140)의 센서의 수명을 분석하기 위한 계수인 a, b 및 c 또는 a 및 b를 분석한다. 여기서, 분석부(150)는 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액의 정보를 바탕으로 계수인 a, b 및 c 또는 a 및 b를 분석하는 과정은 센서부(140)를 캘리브레이션(calibration)하는 것일 수 있다.

[0086] [수학식 1]

[0087] 
$$C = [a * \exp(b * V) + c]$$

[0088] (여기서, C는 표준용액의 이온 농도, V는 획득한 전압, a, b 및 c는 C와 오차를 최소로 하는 계수이다.)

[0090] [수학식 2]

[0091] 
$$C = [a * V + b]$$



- [0092] (여기서, C는 표준용액의 이온 농도, V는 획득한 전압, a 및 b는 C와 오차를 최소로 하는 계수이다.)
- [0094] 구체적으로, 분석부(150)는 저장부(170)에 저장된 표준용액의 이온 농도와 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액의 전압값을 [수학식 1] 또는 [수학식 2]에 대입한 후 회귀분석(regression)을 통해 계수인 a, b 및 c 또는 a 및 b를 분석한다.
- [0096] 또한, 분석부(150)는 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$  값, 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석한 후 회귀분석(regression)을 통해 센서부(140)의 센서의 수명을 분석한다.
- [0098] 또한, 분석부(150)는 복수의 표준용액 탱크(110)의 표준용액이 측정탱크(130)에 모두 따로 공급되어 센서부(140)가 모든 표준용액의 정보를 획득했는지 판단한다.
- [0100] 제어부(160)는 복수의 표준용액 탱크(110), 원수탱크(120) 및 측정탱크(130)와 연결되어, 측정탱크(130)로 표준용액과 원수가 공급되게 하고, 측정탱크(130)에 공급된 표준용액 및 원수를 배출하게 한다.
- [0102] 구체적으로, 제어부(160)는 먼저 측정탱크(130)로 복수의 표준용액 탱크(110)에 저장된 표준용액 중 하나와 원수탱크(120)에 저장된 원수를 저장부(170)에 저장된 표준용액 공급량과 원수 공급량만큼 측정탱크(130)로 공급되게 한 후, 센서부(140)가 표준용액의 정보를 획득할 수 있게 저장부(170)에 저장된 측정시간이 지난 후 측정탱크(130)의 표준용액과 원수가 배출되게 제어한다.
- [0104] 이어 제어부(160)는 측정탱크(130)의 표준용액과 원수가 배출된 후 다시 원수탱크(120)의 원수가 측정탱크(130)로 공급되게 하여 센서부(140)의 센서들을 원수로 세척하게 한 후, 측정탱크(130)의 원수를 배출되게 제어하고, 측정탱크(130)로 복수의 표준용액 탱크(110)에 저장된 표준용액 중 먼저 공급된 표준용액과 다른 표준용액 하나와 원수탱크(120)에 저장된 원수를 저장부(170)에 저장된 표준용액 공급량과 원수 공급량만큼 측정탱크(130)로 공급원수 공급량만큼 측정탱크(130)로 공급되게 하는 동작을 분석부(150)가 복수의 표준용액 탱크(110)의 표준용액이 모두 공급되어 센서부(140)가 모든 표준용액의 정보를 획득했다고 분석할 때까지 반복한다.
- [0106] 또한, 제어부(160)는 분석부(150)가 분석한 센서부(140)의 센서들의 수명을 표시부(180)를 통해 표시하게 하거나, 센서부(140)의 센서들 수명이 다해 교체가 필요한 시점이라고 분석부(150)가 분석한 경우 이를 표시부(180)를 통해 출력하게 하여 사용자에게 알릴 수 있게 제어한다.
- [0108] 저장부(170)는 측정탱크(130)에 공급된 표준용액 공급량과 원수 공급량을 저장하고 있고, 복수의 표준용액 탱크(110)에 수용된 표준용액 각각의 종류 및 농도를 저장하고 있으며, 측정탱크(130)의 표준용액과 원수가 공급된 후 배출될 측정시간을 저장하고 있다. 여기서, 저장부(170)에 저장된 표준용액의 농도는 측정탱크(130)에 공급된 표준용액과 원수가 혼합되어 희석된 표준용액의 농도이며, 저장부(170)에 저장된 표준용액 공급량, 원수 공급량, 표준용액 종류, 표준용액 농도 및 측정시간은 사용자가 입력하여 저장할 수 있다.
- [0110] 표시부(180)는 제어부(160)의 제어에 따라 분석부(150)가 분석한 결과값 및 경고 중 적어도 어느 하나를 출력한다.

[0112] 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 분석부가 센서의 수명을 분석하는 것을 설명하기 위한 그래프이다. 여기서, 도 2는 계수 a 및 b와 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값을 나타낸 그래프이며, 도 3은 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값을 나타낸 그래프이고, 도 4는 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값을 선으로 표현하고, 표준편차에 해당하는 영역을 음영으로 표현한 그래프이다.

[0114] 본 발명의 실시예에서는 센서부(140)의 ISE 센서의 캘리브레이션을 위해 3종의 표준용액을 사용했으며, 센서부(140)의 EC 센서와 pH 센서의 캘리브레이션을 위한 용액은 각각 2종을 사용했으며, 하나의 표준용액당 센서부(140)를 통해 5회를 측정했고, 하나의 표준용액을 측정한 뒤, 제어부(160)가 측정탱크(130)를 제어해 측정탱크(130)의 표준용액 및 원수를 배출시키고, 원수탱크(120)의 원수를 측정탱크(130)에 공급하게 제어하여, 센서부(140)의 센서를 원수로 1분간 세척한 다음 측정탱크(130)의 원수를 배출하고, 표준용액 탱크(110) 및 원수탱크(120)의 표준용액과 원수를 측정탱크(130)에 공급하여 다음 표준용액을 센서부(140)로 측정했다. 여기서, 본 발명의 실시예에서 사용한 표준용액의 조성은 [표 1]과 같다.

표 1

[0116]

제품명	화학식	ISE1 (500L)	ISE2 (500L)	ISE3 (500L)	EC1 (200L)	EC1 (200L)	pH1 (500L)	pH2 (500L)
질산칼륨	KNO3	108g	432g	648g	496.8g	648g	-	-
질산칼슘 4수염	Ca(NO3)2· 4H2O	106.2g	424.8g	637.2g	488.5g	637.2g	-	-
EDTA철	EDTA Fe	-	-	-	-	-	-	-
제1인산암 모늄	NH4H2PO4	23g	92g	138g	105.8g	138g	-	-
황산마그 네슘7수염	MgSO4·7H2 O	-	-	-	-	-	-	-
붕산	H3BO3	-	-	-	-	-	-	-
황산망간 4수염	MnSO4·4H2 O	-	-	-	-	-	-	-
황산아연 7수염	ZnSO4·7H2 O	-	-	-	-	-	-	-
황산구리 5수염	CuSO4·5H2 O	-	-	-	-	-	-	-
몰리브덴 산나트륨	NaMoO4·4H 2O	-	-	-	-	-	-	-
질산(GR 1kg, 70%)	HNO3	-	-	-	-	-	3ml	0.03ml
Mol_K		1.0693069 mol	4.2772277 mol	6.4158416 mol	-	-	-	-
Mol_Ca		0.45mol	1.8mol	2.7mol	-	-	-	-
Mol_NO3		1.9693069 mol	7.8772277 mol	11.815842 mol	-	-	-	-
Mol_NH4		0.2mol	0.8mol	1.2mol	-	-	-	-
Mol_Tot		3.8886139 mol	15.554455 mol	23.331683 mol	17.88737m ol	23.331683 mol	-	-
물농도		-	-	-	-	-	-	-
Mol_K		0.0021386 mol/L	0.0085545 mol/L	0.0128317 mol/L	-	-	-	-
Mol_Ca		0.0009mol /L	0.0036mol /L	0.0054mol /L	-	-	-	-
Mol_NO3		0.0039386 mol/L	0.0157545 mol/L	0.0236317 mol/L	-	-	-	-
Mol_NH4		0.0004mol /L	0.0016mol /L	0.0024mol /L	-	-	-	-

Mol_Tot	0.0077772 mol/L	0.0311089 mol/L	0.046634m ol/L	0.0894368 mol/L	0.1166584 mol/L	-	-
---------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	---	---

- [0118] 본 발명의 실시예에서 ISE 1, 2, 3번 표준용액을 측정탱크(130)에 공급하여 ISE 센서( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ )를 캘리브레이션 했고, EC 1, 2번 표준용액을 측정탱크(130)에 공급하여 EC 센서를 캘리브레이션 했으며, pH 1, 2 번 표준용액을 측정탱크(130)에 공급하여 pH 센서를 캘리브레이션 했다.
- [0120] 도 2를 참조하면, 분석부(150)가 센서부(140)를 통해 획득한 표준양액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여, 센서부(140)를 통해 획득한 표준양액 정보로부터 앞의 [수학식 2]를 활용해 분석한 센서부(140)의 센서의 수명을 분석하기 위한 계수인 a와 b의 변화는 센서부(140)의 센서들의 지속적 사용에 따른 막 내부로 유입되어 빠져나가지 못한 이온의 양, 석출되어 센서 전극에 달라붙은 금속 등과 같은 환경변화를 의미한다.
- [0122] 또한, 분석부(150)가 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값의 변화는 센서부(140)의 센서들의 잔여 수명정도를 보여주는 것으로, 다른 센서와 달리 Ca ISE 센서의 경우 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값이 크게 흔들리고 있어 분석부(150)는 Ca ISE 센서의 수명이 다해 교체가 필요하다고 분석하고, 제어부(160)는 이를 바탕으로 표시부(180)를 이용하여 사용자에게 출력하여 통보하게 제어한다. 여기서, 분석부(150)는 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값의 정확도가 증가할수록 특정 값에 수렴하는 경우에는 기대 수렴값과의 괴리율이 작을수록 센서의 수명이 길다고 분석하거나, 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값의 정확도가 증가할수록 절대값이 증가하는 경우에는 절대값과 0 사이의 괴리율이 클수록 센서의 수명이 길다고 분석할 수 있다.
- [0124] 이처럼, 분석부(150)가 센서부(140)가 획득한 표준양액 정보를 바탕으로 센서부(140)의 센서들을 캘리브레이션 과정에서 네렌스트 퍼텐셜을 측정하는 수식을 이용해 도출되는 값을 활용하여 센서의 수명을 분석하기 때문에, 별도의 추가적인 연산과정이나 빅데이터 수집과정 없이, in-line으로 분석할 수 있다.
- [0126] 도 3을 참조하면, 제어부(160)는 분석부(150)가 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값 모두를 표시부(180)를 통해 출력하게 하여, 사용자가 정상적으로 작동중인 센서와 수명이 다해 교체가 필요한 센서를 구분하게 할 수 있으며, 평균 대비 성능이 하회하는 Ca 및 k ISE 센서와 상회하는 나머지 ISE 센서를 구분하게 할 수 있다.
- [0128] 또한, 제어부(160)는 분석부(150)가 분석한 결과를 바탕으로 표시부(180)를 통해 Ca ISE 센서의 수명이 다해 교체가 필요가 있고, k ISE 센서도 수명이 다해 가므로 주의가 필요하다고 출력하게 한다.
- [0130] 도 4를 참조하면, 제어부(160)는 분석부(150)가 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의  $R^2$ 값 모두를 선으로 표현하고, 표준편차에 해당하는 영역을 음영으로 표현하여 표시부(180)를 통해 출력하게 한다.
- [0132] 이에 사용자는 표시부(180)에 출력된 분석부(150)가 분석한 결과를 보고 그래프의 직선이 아래쪽에 위치할수록 센서의 현재 추론 성능이 낮은 것이며, 센서 주변의 음영이 클수록 센서의 현재 측정 정확도가 들쭉날쭉 편차가

큰 것으로 판단할 수 있어  $R^2$  값이 낮은 Ca ISE 센서 및 pH 센서가 교체가 필요한 것을 알 수 있다.

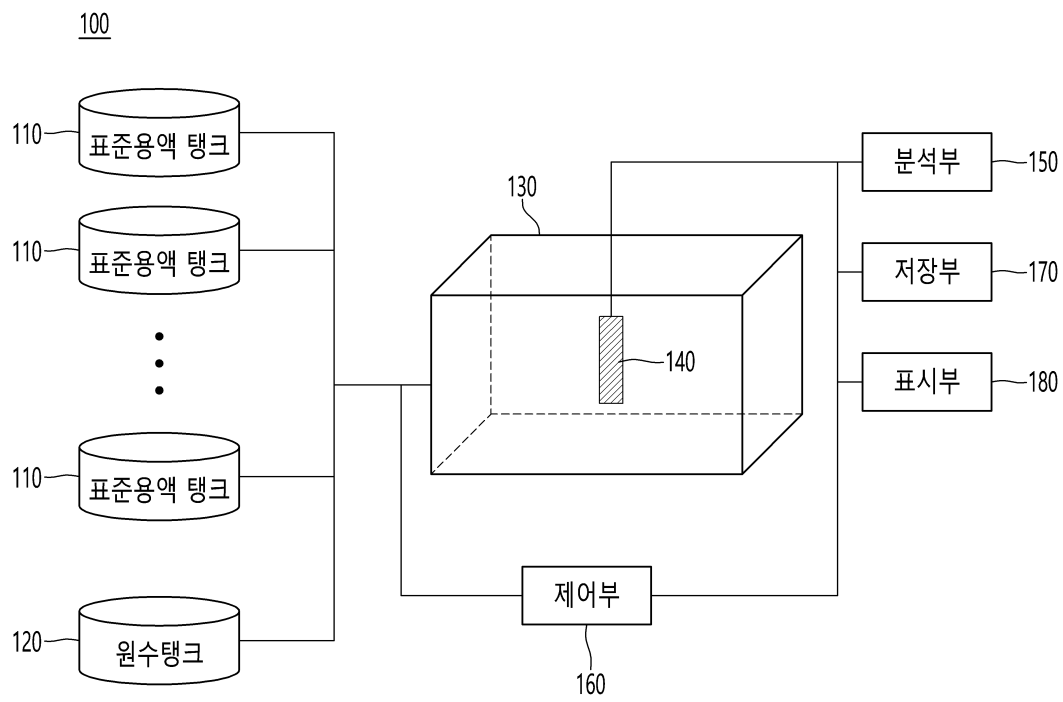
- [0134] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 머신러닝을 이용한 센서의 수명 분석 방법의 순서도이다.
- [0136] 도 5를 참조하면, S510단계에서는 제어부(160)가 복수의 표준용액 탱크(110) 및 원수탱크(120)를 제어하여, 측정탱크(130)로 복수의 표준용액 탱크(110)에 저장된 표준용액 중 하나와 원수탱크(120)에 저장된 원수를 저장부(170)에 저장된 표준용액 공급량과 원수 공급량만큼 측정탱크(130)로 공급되게 한다.
- [0138] S520단계에서는 센서부(140)가 측정탱크(130)에 공급된 표준용액에서 표준용액의 정보를 획득하고, 제어부(160)는 저장부(170)에 저장된 측정시간이 지난 후 측정탱크(130)의 표준용액과 원수가 배출되게 제어한다.
- [0140] S530단계에서는 제어부(160)는 원수탱크(120)의 원수가 측정탱크(130)로 공급되게 하여 센서부(140)의 센서들을 원수로 세척하게 한 후 측정탱크(130)의 원수를 배출되게 제어한다.
- [0142] S540단계에서는 분석부(150)가 측정탱크(130)로 복수의 표준용액 탱크(110)에 저장된 표준용액이 모두 따로 공급되어 센서부(140)가 모든 표준용액의 정보를 취득했는지 분석하고, 모든 표준용액의 정보를 취득했으면 S550 단계를 진행하고, 아니면 S510단계를 진행한다.
- [0144] S550단계에서는 분석부(150)가 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액의 정보를 바탕으로 학습된 머신러닝을 이용하여, 센서부(140)를 통해 획득한 표준용액 정보로부터 [수학식 1] 또는 [수학식 2]를 활용해 센서부(140)의 센서의 수명을 분석하기 위한 계수인 a, b 및 c 또는 a 및 b를 분석한다.
- [0146] S560단계에서는 분석부(150)가 분석한 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도 값 사이의  $R^2$  값, 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MSE 및 계수를 머신러닝 모델에 적용하여 획득한 예상 농도 추론값과 실제 농도값 사이의 MAPE 중 어느 하나를 분석한 후 회귀분석(regression)을 통해 센서부(140)의 센서의 수명을 분석한다.
- [0148] S570단계에서는 제어부(160)가 표시부(180)를 제어하여 분석부(150)가 분석한 결과값을 표시부(180)를 통해 출력하게 한다.
- [0150] 이상에서 본 발명에 따른 실시 예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 다음의 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

## 부호의 설명

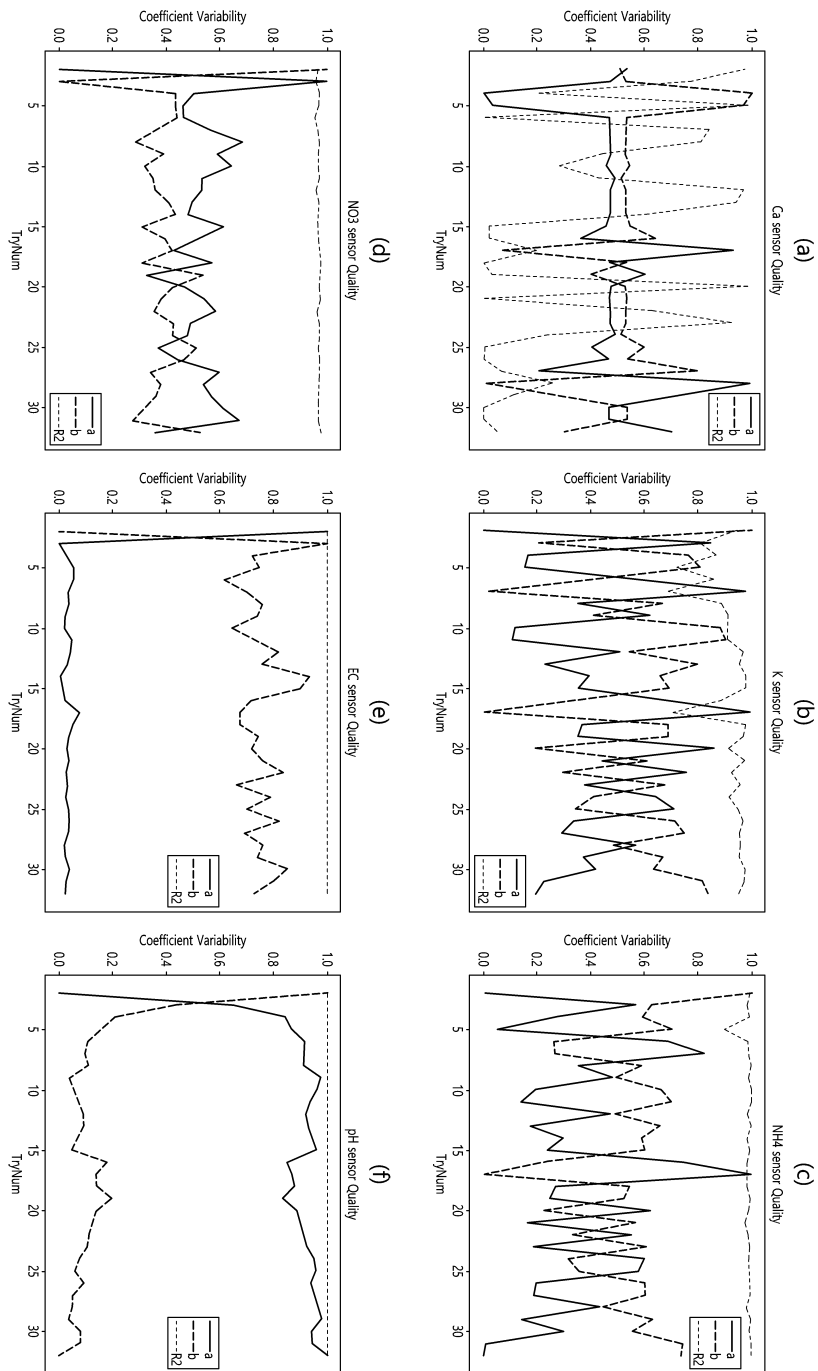
- [0152] 110 : 표준용액 탱크    120 : 원수탱크  
130 : 측정탱크    140 : 센서부  
150 : 분석부    160 : 제어부  
170 : 저장부    180 : 표시부

도면

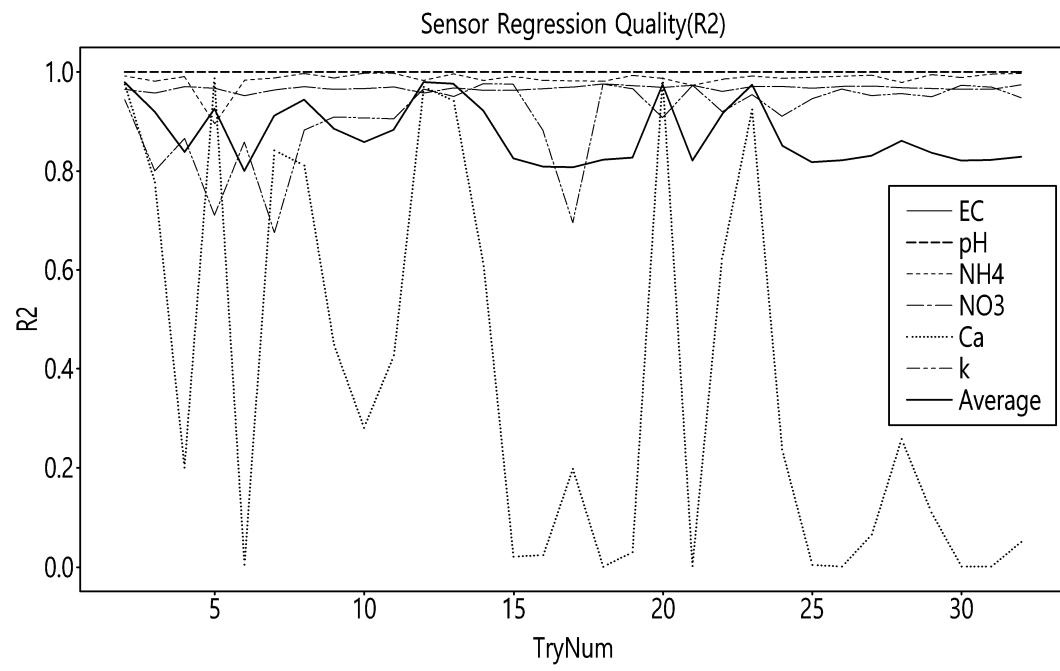
도면1



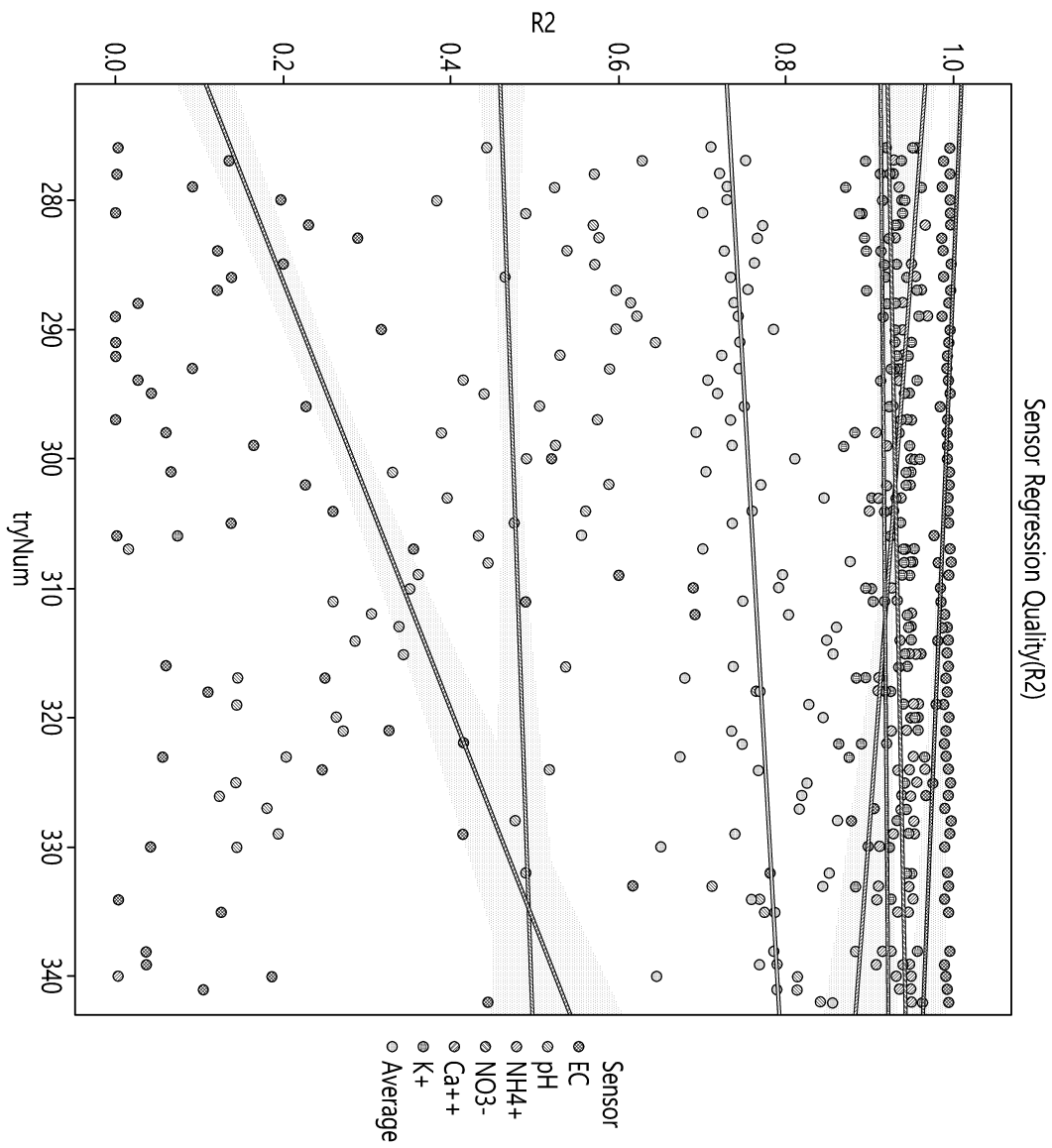
도면2



도면3



도면4





도면5

