



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0134914
(43) 공개일자 2022년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 65/10 (2006.01) B01D 65/02 (2006.01)
B01D 65/08 (2006.01) C02F 1/00 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B01D 65/10 (2022.08)
B01D 65/02 (2022.08)

(21) 출원번호 10-2021-0040186

(22) 출원일자 2021년03월29일

심사청구일자 2021년03월29일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

조경화

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

심재규

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

윤나경

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

특허법인 무한

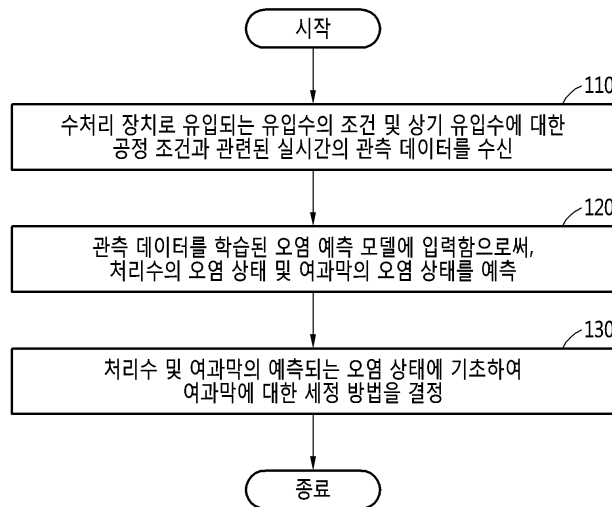
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 수처리 공정 중 막 오염 제어 자동화 방법 및 이를 위한 오염 예측 모델을 학습하는 방법

(57) 요약

실시예는, 수처리 공정 방법 및 이를 위해 신경망을 학습하는 방법에 대한 것이다. 실시예에 따른 수처리 공정 방법은, 수처리 장치로 유입되는 유입수의 수질 및 유입수에 대한 공정 조건과 관련된 실시간의 관측 데이터를 수신하는 단계; 관측 데이터를 학습된 오염 예측 모델에 입력함으로써, 유입수가 수처리된 처리수의 오염 상태 및 처리수의 오염 상태에 따른 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태를 예측하는 단계; 및 처리수 및 여과막의 예측되는 오염 상태에 기초하여 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 65/08 (2022.08)
C02F 1/008 (2013.01)
C02F 1/44 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
C02F 2209/02 (2013.01)
C02F 2209/03 (2013.01)
C02F 2209/05 (2013.01)
C02F 2209/11 (2013.01)
C02F 2209/40 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711119447
과제번호	2020R1A4A1019568
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	해수전지기술과 태양광에너지 활용한 에너지 자립형 해수담수화 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2020.07.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

수처리 공정 방법에 있어서,

수처리 장치로 유입되는 유입수의 수질 및 상기 유입수에 대한 공정 조건과 관련된 실시간의 관측 데이터를 수신하는 단계;

상기 관측 데이터를 학습된 오염 예측 모델에 입력함으로써, 상기 유입수가 수처리된 처리수의 오염 상태 및 처리수의 오염 상태에 따른 상기 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태를 예측하는 단계; 및

상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계를 포함하는,

수처리 공정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 오염 예측 모델은,

상기 장치의 과거 시점에 대한 유입수의 수질 및 공정 조건에 대응하는 처리수의 오염 상태 및 여과막의 오염 상태가 학습된 LSTM(Long short-term memory) 모델인,

수처리 공정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 관측 데이터는,

상기 유입수의 탁도, 염도 및 오염원의 종류 중 적어도 하나 및 상기 수처리 장치의 온도, 압력, 유속 중 적어도 하나에 대한 설정 정보를 포함하는,

수처리 공정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,

상기 여과막에 대한 세정 주기, 세정제의 양 및 세정 방식을 결정하는 단계

를 포함하는,

수처리 공정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,
 상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염도가 높은 경우,
 상기 여과막의 세정 주기를 높이는 단계; 및
 상기 여과막의 세정 강도를 높이는 단계
 중 적어도 하나를 포함하는,
 수처리 공정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,
 상기 여과막의 예측되는 막 오염 두께가 두꺼운 경우,
 상기 여과막의 세정 주기를 높이는 단계; 및
 상기 여과막의 세정 강도를 높이는 단계
 중 적어도 하나를 포함하는,
 수처리 공정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,
 상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염도; 및 상기 여과막의 예측되는 막 오염 두께 중 둘 이상의 조합을
 이용하여 상기 여과막을 세정하기 위한 주기 및 강도 중 적어도 하나를 결정하는 단계
 를 포함하는,
 수처리 공정 방법.

청구항 8

수처리 공정을 위한 오염 예측 모델을 학습하는 방법에 있어서,
 유입수의 상태 및 상기 유입수에 대한 공정 조건을 포함하는 학습 데이터 세트를 획득하는 단계; 및
 상기 학습 데이터 세트를 이용하여 상기 유입수가 처리된 처리수와 상기 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상
 태가 출력되도록 상기 오염 예측 모델을 학습하는 단계
 를 포함하는,
 오염 예측 모델을 학습하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 오염 예측 모델을 학습하는 단계는,

상기 유입수의 상태 및 시계열에 따른 상기 유입수에 대한 공정 조건을 입력 데이터로 LSTM 네트워크에 입력하는 단계; 및

상기 입력된 입력 데이터에 대응하는 상기 처리수 및 상기 여과막의 오염 상태가 출력되도록 상기 LSTM 네트워크를 학습하는 단계

를 포함하는,

오염 예측 모델을 학습하는 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 학습 데이터는,

상기 유입수의 탁도, 염도 및 오염원의 종류 중 적어도 하나 및 상기 장치의 온도, 압력, 유속 중 적어도 하나에 대한 설정 정보를 포함하는 입력 데이터; 및

상기 처리수의 오염도 및 상기 여과막의 막 오염 두께 중 적어도 하나를 포함하는 출력 데이터

를 포함하는,

오염 예측 모델을 학습하는 방법.

청구항 11

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제10항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

수처리 장치에 있어서,

하나 이상의 프로세서;

메모리; 및

상기 메모리에 저장되어 있으며 상기 하나 이상의 프로세서에 의하여 실행되도록 구성되는 하나 이상의 프로그램을 포함하고,

상기 프로그램은,

수처리 장치로 유입되는 유입수의 수질 및 상기 유입수에 대한 공정 조건과 관련된 실시간의 관측 데이터를 수신하는 단계;

상기 관측 데이터를 학습된 오염 예측 모델에 입력함으로써, 상기 유입수가 수처리된 처리수의 오염 상태 및 처리수의 오염 상태에 따른 상기 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태를 예측하는 단계; 및

상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계

를 포함하는,

수처리 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 오염 예측 모델은,

상기 장치의 과거 시점에 대한 유입수의 수질 및 공정 조건에 대응하는 처리수의 오염 상태 및 여과막의 오염 상태가 학습된 LSTM(Long short-term memory) 네트워크 기반 모델인,

수처리 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 관측 데이터는,

상기 유입수의 탁도, 염도 및 오염원의 종류 중 적어도 하나 및 상기 수처리 장치의 온도, 압력, 유속 중 적어도 하나 대한 설정 정보를 포함하는,

수처리 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,

상기 여과막에 대한 세정 주기, 세정제의 양 및 세정 방식을 결정하는 단계

를 포함하는,

수처리 장치.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,

상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염도가 높은 경우,

상기 여과막의 세정 주기를 높이는 단계; 및

상기 여과막의 세정 강도를 높이는 단계

중 적어도 하나를 포함하는,

수처리 장치.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,

상기 여과막의 예측되는 막 오염 두께가 두꺼운 경우,

상기 여과막의 세정 주기를 높이는 단계; 및

상기 여과막의 세정 강도를 높이는 단계

중 적어도 하나를 포함하는,
수처리 장치.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 예측되는 오염 상태에 기초하여 상기 여과막에 대한 세정 방법을 결정하는 단계는,

상기 처리수 및 상기 여과막의 예측되는 오염도; 및 상기 여과막의 예측되는 막 오염 두께 중 둘 이상의 조합을 이용하여 상기 여과막을 세정하기 위한 주기 및 강도 중 적어도 하나를 결정하는 단계

를 포함하는,

수처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 실시예는, 수처리 공정 중의 막 오염 제어 자동화 방법 및 이를 위한 오염 예측 모델을 학습하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 막 여과는 현대 사회에서 대규모 해수담수화 플랜트는 물론 지역 상수 및 하수 처리장에서 중요한 수처리 기술로 사용되고 있다. 막 여과에 사용되는 여과막은 유입수 중의 부유물질, 용존 유기물, 금속 이온 등을 효과적으로 제거하지만, 동시에 제거된 유입 물질이 여과막에 쌓이게 된다. 이는 여과막의 여과 성능을 감소시키게 되어 수처리 비용의 증가를 초래하므로 막 여과 성능의 회복을 위해 오염물질을 제거하는 세정 과정이 필수불가결하다.

[0004] 관리자는 여과막의 오염 상태를 정확하게 알 수 없기 때문에, 유입수의 수질 측정 정보(pH, 전기전도도, 총 유기 탄소 등)나 운전 조건의 변화(막 모듈 내부 압력의 증가나 수처리 효율의 감소 등)와 같은 정보를 통해 간접적으로 막의 오염 정도를 판단한다.

[0005] 막 오염에 대한 세정 과정은 주기적으로 정해진 양의 세정제를 사용하거나, 관리자의 주관적인 경험을 통해 세정 조건을 설정하여 이루어진다. 이때, 과도한 양의 세정제는 오히려 막을 손상시킬 수 있고, 부족하면 막의 오염을 충분히 처리할 수 없게 되어 높은 수처리 효율을 획득할 수 없다. 또한, 세정 주기가 너무 길면 회복 불가능한 오염량이 증가하고, 너무 짧으면 잦은 세정으로 인해 수처리 비용이 증가하게 된다.

[0006] 그러므로, 막 오염의 원인 물질 및 막 오염의 정도에 대한 명확한 분석이 요구되며, 그에 따른 적합한 세정 방식을 선정하고 세정 강도 및 주기 등의 세정 조건을 최적화하여 수처리 비용의 감소를 도모할 필요가 있다.

[0007] 한편, 막 오염은 수처리 공정이 지속됨에 따라 막에 쌓인 오염 물질의 양이나 오염 형태가 변화한다. 이런 막 오염의 생성을 설명하기 위해 다양한 수리 모델이 연구되고 있지만, 대규모의 공장일수록 오염 원인이 다양하고 그 과정도 복잡하므로, 수리 모델은 정확한 막 오염 분석에 한계를 가진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 실시예에 따른 발명은, 딥러닝 기법을 적용하여 공정 데이터를 기반으로 매개변수의 중요도와 상호 연관성을 분석함으로써 높은 정확도를 가지는 막 오염 예측 모델을 제공하고자 한다.

[0010] 자세하게는, 유입수의 수질이 계절적인 영향을 받으며 이전 시간의 여과막 수처리 성능이 실시간의 수처리와 연관이 있다는 점을 고려하여, 과거의 정보가 기억되는 LSTM 네트워크를 이용하여 오염 예측 모델을 구축하여 수처리 공정을 자동화하는 데에 활용하고자 한다.

발명의 효과

[0012] 실시예에 따른 발명을 통해, 딥러닝 기법을 적용하여 공정 데이터를 기반으로 매개변수의 중요도와 상호 연관성을 분석함으로써 높은 정확도를 가지는 막 오염 예측 모델을 제공할 수 있다.

[0013] 자세하게는, 유입수의 수질이 계절적인 영향을 받으며 이전 시간의 여과막 수처리 성능이 실시간의 수처리 성능과 연관이 있다는 점을 고려하여, 과거의 정보가 기억되는 LSTM 네트워크 기법을 이용하여 오염 예측 모델을 구축하여 수처리 공정을 자동화하는 데에 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 실시예에서, 수처리 공정의 막 오염 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 실시예에서, 공정에서 획득한 데이터를 활용하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 실시예에서, LSTM 네트워크의 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 실시예에서, 수처리 중 막 오염 제어 방법을 수행하는 수처리 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 실시예에서, 수처리 과정이 자동화된 시스템의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0017] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 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.

[0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0020] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0021] 또한, 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0022] 어느 하나의 실시예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시

예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

- [0024] 실시예에 따른 방법은, 딥러닝 기법을 이용하여 오염을 예측하는 모델을 구축하고, 해당 모델을 이용하여 여과막의 오염에 대한 세정이 적절하게 자동적으로 이루어지도록 하기 위한 것이다.
- [0026] 도 1은 실시예에서, 수처리 공정에 막 오염 예측 모델을 적용한 막 오염 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0027] 단계(110)에서, 수처리 장치로 유입되는 유입수의 수질 및 유입수에 대한 공정 조건과 관련된 실시간의 관측 데이터를 수신한다.
- [0028] 실시예에서, 수처리 장치는 유입수의 수질 예컨대 유입수의 오염도, 염도, 오염원 등에 대한 정보를 획득하고, 유입수에 대한 공정 조건 예컨대, 장치의 온도, 압력, 유속 등의 정보를 획득할 수 있다.
- [0029] 단계(120)에서 관측 데이터를 학습된 오염 예측 모델에 입력함으로써, 유입수가 수처리된 처리수의 오염 상태 및 처리수의 오염 상태에 따른 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태를 예측한다.
- [0030] 실시예에서, 획득한 관측 데이터를 오염 예측 모델에 입력하고, 오염 예측 모델로부터 예측 결과를 획득할 수 있다. 오염 예측 모델은 LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크로 구축될 수 있다. LSTM 네트워크는 장기 시계열 데이터 예측에 장점을 가지는 딥러닝 기법이다.
- [0031] 실시예에 따른 오염 예측 모델은, 공정 가동 중에 실시간으로 수집되는 관측 데이터를 이용하여 학습될 수 있다. 예컨대, 미리 정해진 기간 동안 수집된 관측 데이터를 이용하여 오염 예측 모델을 학습할 수 있다. 또한, 예컨대, 오염 예측 모델은 새로 수집된 관측 데이터로부터 처리수의 오염 상태 및 여과막의 오염상태를 예측하는 동시에, 오염 예측 모델이 새로운 관측 데이터를 학습하여 발전된 오염 예측 모델이 될 수 있다.
- [0032] 실시예에서, 획득한 관측 데이터는 유입수가 수처리 장치로 진입하는 시점에 대응하는 오염도, 염도, 오염원 등의 유입수의 수질 및 수처리 장치의 온도, 압력, 유속 등의 공정 조건을 포함할 수 있다.
- [0033] 실시예에서, 오염 예측 모델에 미리 학습된 관측 데이터와 오염 상태의 관계에 기초하여 새롭게 수집된 관측 데이터에 대응하는 오염 상태가 예측될 수 있다. 예를 들어, 오염 예측 모델에 관측 데이터를 입력하면, 오염 예측 모델 내 관측 데이터와 관련된 정보를 이용하여 오염 상태가 출력될 수 있다.
- [0034] 오염 상태는 예컨대, 처리수의 오염도, 수처리 이후 막 오염 두께, 수투과도 등의 데이터에 해당할 수 있다.
- [0035] 단계(130)에서 처리수 및 여과막의 예측되는 오염 상태에 기초하여 여과막에 대한 세정 방법을 결정한다. 실시예에서, 수처리 장치는 예측된 오염 상태에 기초하여 수처리 장치 내 여과막에 대한 세정 방법을 결정할 수 있다. 오염 상태에 기초하여 여과막의 세정을 위한 세정 주기 및 세정 강도가 결정될 수 있고, 세정에 사용되는 화학약품의 양이나 세정의 방식 등이 결정될 수 있다.
- [0036] 이러한 방법은 룰베이스 방식 또는 룩업 테이블에 미리 저장된 방식으로 결정될 수 있다. 예컨대, 예측되는 막 오염이 심하여 비가역적 막 오염이 발생할 것으로 예측되는 경우 세정 주기를 짧게 하여 비가역적 막 오염의 발생을 줄이거나, 발생한 비가역적 막 오염을 제거하기 위해 세정제의 주입량을 증가시키는 등 세정 강도를 조절할 수 있다. 또한, 예컨대, 유입수 오염도로 예측된 막 오염 정도에 따라 세정 방식과 세정제의 양을 결정할 수 있다.
- [0037] 다른 일례로, 예측된 오염 상태에서 처리수에 의한 막 오염의 두께가 미리 정해진 두께 이상으로 두꺼워지는 경우, 세정 주기를 짧게 하거나 세정 강도를 높일 수 있고, 세정력이 높은 세정 방식이 결정될 수 있다. 또는 나열된 세정 주기, 세정 강도 및 세정 방식 중 적어도 둘 이상의 요소가 예측된 오염 상태에 따라 결정될 수 있다.
- [0038] 실시예에서, 처리수의 오염도 및 막 오염의 두께 등 처리수의 오염 상태를 나타낼 수 있는 지표를 적어도 두 개 이상 이용하여 여과막에 대한 세정 조건을 결정할 수 있다.
- [0039] 예를 들어, 세정 기준이 수처리 효율이 70% 이하로 감소하였을 때, 세정제 10 ppm을 10분간 주입하는 것으로 설정이 되어 있는 상황을 가정한다. 고농도의 오염물질의 유입에 따라 급격한 수처리 효율의 감소가 예상되는 경우, 세정 주기를 짧게 하거나(세정 기준을 70%→80%로 높임), 세정제의 양을 증가시킬 수 있고(10 ppm→15 ppm

으로 높임), 또는 Anti-scalant(스케일 방지제)나 Anti-foulant(압착 방지제)을 주입하여 비가역적 막 오염의 발생을 억제하는 등의 세정 방법을 자동적으로 수행하도록 할 수 있다.

[0040] 또한, 막의 세정 이후에도, 회복된 수처리 효율이 기대한 수처리 효율(예컨대, 90%)에 미치지 못한 경우, 세정제의 양을 증가시키거나(10 ppm→ 15 ppm), 세정 시간의 증가(10분→ 15분) 등을 고려할 수 있다.

[0041] 또한, 별도의 세정제가 필요하지 않다고 판단하여 세정제를 투입하지 않고도 처리수의 일부를 재사용하여 막 세정을 수행할 수 있다.

[0043] 도 2는 실시예에서, 공정에서 획득한 데이터를 활용하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0044] 실시예에서, 도 2(a)는 수처리 공정의 가동 중 획득한 관측 데이터를 오염 예측 모델을 학습시키는 데에 활용하는 구성을 도시하고 있으며, 도 2(b)는 학습된 오염 예측 모델이 수처리 공정을 제어하는 데에 활용되는 구성을 도시하고 있다.

[0045] 도 2(a)에 도시된 바와 같이, 수처리 장치로 유입 되는 유입수의 수질 정보, 수처리 공정 조건 정보를 포함한 입력 데이터 및 수처리 공정 가동에 의해 출력되는 막 여과 유량 및 막 오염 두께에 대한 데이터가 LSTM 네트워크에 입력되어 오염 예측 모델이 학습될 수 있다. 학습된 오염 예측 모델은 도 2(b)와 같이 유입수의 수질 정보와 수처리 공정 조건 정보를 포함하는 관측 데이터를 입력 받아 해당 관측 데이터의 수처리 공정 결과에 대응하는 오염 상태를 예측할 수 있다.

[0046] 도 2(b)에 도시된 바와 같이, 오염 예측 모델은 수신된 관측 데이터에 대응하여 수처리 장치의 공정 결과에 해당하는 처리수의 오염도 및 막 오염 두께 등에 대해 미리 예측하는 데에 이용될 수 있다. 실시예에서, 유입수가 수처리 장치에 의해 수처리 공정이 완료되기 이전에 오염 예측 모델은 입력되는 관측 데이터에 기초하여 예측되는 오염 상태를 출력할 수 있다.

[0047] 실시예에서, 오염 예측 모델을 통해 예측된 오염 상태를 수처리 장치에 제공하여 여과막을 세정하기 위한 방법을 결정할 수 있도록 할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 여과막에 대한 세정 주기, 세정 강도 및 세정 방식 중 적어도 둘 이상을 결정할 수 있다.

[0049] 도 3은 실시예에서, LSTM 네트워크의 네트워크 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0050] 실시예에 따른 LSTM 네트워크는 시계열 데이터 예측에 장점을 가진다. 예컨대, 과거 시점으로부터 축적된 데이터가 예측하고자 하는 시점에 반영하여 예측에 영향을 주기 때문에 시계열 변수가 중요하게 여겨지는 학습 모델에 이용될 수 있다.

[0051] LSTM을 구성하는 셀 스테이트(Cell state, $C_{t-1} \rightarrow C_t$)는 마이너한 선형 연산을 거쳐 신경망의 전체 체인을 관통하고, 해당 구조를 통해 데이터가 거의 손실되지 않고 학습을 위한 다음 단계로 전달될 수 있다.

[0052] LSTM 네트워크는 셀 스테이트에 정제된 구조를 가지는 입력 게이트(Input gate), 망각 게이트(Forget gate), 출력 게이트(Output gate)의 세 개의 게이트를 이용하여 메모리의 불필요한 데이터를 지우고 중요 데이터를 결정하여 기억하도록 할 수 있다.

[0053] 게이트들은 선택적으로 데이터들이 흘러갈 수 있도록 만들어진 장치로, 각 데이터에 대해서 중요도를 결정하는 연산에 기초하여 출력되는 값에 따라 해당 데이터가 지워지거나 기억되도록 할 수 있다.

[0054] 실시예에 따른 LSTM 네트워크를 이용하여 수처리 장치 내 공정에서 입력 데이터 중 여과막의 오염 상태에 영향을 미치는 중요 데이터에 대해 학습된 오염 예측 모델을 도출할 수 있다.

[0055] 실시예에서, 오염 예측 모델을 학습하는 방법에 있어서, 수처리 장치에서 유입수의 수질과 수처리 공정 조건을 포함하는 학습 데이터 세트를 획득하고, 해당 학습 데이터 세트를 LSTM 네트워크에 입력함으로써 수처리 공정에서 처리된 처리수의 오염도와 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태가 출력되도록 오염 예측 모델을 학습할 수 있다.

[0056] 이때, 학습 데이터 세트는 입력 데이터로 유입수의 수질 및 시계열에 따른 유입수에 대한 공정 조건을 포함하고, 출력 데이터로 입력 데이터에 대응하는 처리수 및 여과막의 오염 상태를 포함할 수 있고, 해당 입력

데이터가 LSTM 네트워크에 입력되어 입력된 입력 데이터에 대응하는 처리수 및 여과막의 오염 상태가 출력되도록 오염 예측 모델이 학습될 수 있다.

- [0057] 여기서, 학습되는 데이터 및 모델에 입출력 되는 데이터는 실시간으로 관측되는 데이터로 유입수 수질 정보 및 공정 조건들에 대한 값(입력값)과 처리수의 수질 정보 및 여과막 오염 상태(출력값)를 포함할 수 있다. 해당 값들은 일정한 시간 간격의 순서대로 측정되어 시계열을 이루고, 행렬의 형태로 저장 장치에 기록될 수 있다.
- [0058] 실시예에서, 행렬 형태의 데이터가 모델에 입력되면, 데이터 전처리 과정(Data preprocessing, 예컨대 Min-Max, Log scaling)을 거쳐 LSTM 네트워크로 전달될 수 있다. 이때, 전처리가 끝난 데이터들은 여전히 행렬 형태를 가질 수 있다.
- [0059] LSTM 네트워크는 한 시점의 입력값에 대한 출력값의 대응 관계를 계산하고, 이러한 대응 관계는 다음 시점의 입력값과 출력값의 대응 관계를 계산하는데 영향을 줄 수 있다.
- [0060] 실시예에서, 입력 데이터는 유입수의 탁도, 염도 및 오염원의 종류 중 적어도 하나 및 장치의 온도, 압력, 유속 중 적어도 하나에 대한 설정 정보를 포함할 수 있고, 출력 데이터는 처리수의 오염도, 여과막의 막 오염 두께 등이 포함될 수 있다.
- [0062] 도 4는 실시예에서, 수처리 방법을 수행하는 수처리 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0063] 실시예에 따른 수처리 장치(400)는, 메모리(410) 및 프로세서(420)를 포함하고, 메모리(410)는 프로세서(420)에 의해 실행되도록 구성되는 하나 이상의 프로그램을 포함할 수 있다. 해당 프로그램은 상기 도 1 내지 도 2를 통해 설명된 수처리 방법에 기초할 수 있다.
- [0064] 수처리 장치(400)는, 유입되는 유입수의 수질 및 유입수에 대한 공정 조건과 관련된 실시간의 관측 데이터를 수신한다.
- [0065] 실시예에서, 수처리 장치(400)는 유입수의 수질 예컨대 유입수의 오염도, 염도, 오염원, 온도 등에 대한 정보를 획득하고, 유입수에 대한 공정 조건 예컨대, 장치의 온도, 압력, 유속 등의 정보를 획득할 수 있다.
- [0066] 수처리 장치(400)는 관측 데이터를 학습된 오염 예측 모델에 입력함으로써, 유입수가 수처리된 처리수의 오염 상태 및 처리수의 오염 상태에 따른 유입수를 필터링하는 여과막의 오염 상태를 예측한다.
- [0067] 실시예에서, 획득한 관측 데이터를 오염 예측 모델에 입력하고, 오염 예측 모델로부터 예측 결과를 획득할 수 있다. 오염 예측 모델은 LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크로 구축될 수 있다. LSTM 네트워크는 장기 시계열 데이터 예측에 장점을 가지는 딥러닝 기법이다.
- [0068] 실시예에 따른 오염 예측 모델은, 공정 가동 중에 실시간으로 수집되는 관측 데이터를 이용하여 학습될 수 있다. 예컨대, 미리 정해진 기간 동안 수집된 관측 데이터를 이용하여 학습될 수 있다.
- [0069] 실시예에서, 획득한 관측 데이터는 유입수가 수처리 장치로 진입하는 시점에 대응하는 오염도, 염도, 오염원, 온도 등의 정보 및 수처리 장치의 온도, 압력, 유속 등의 공정 조건을 포함할 수 있다.
- [0070] 실시예에서, 오염 예측 모델을 통해 미리 학습된 예측 시점에 대한 오염 상태에 기초하여 관측 데이터에 대응하는 오염 상태가 예측될 수 있다. 예를 들어, 오염 예측 모델에 관측 데이터를 입력하면, 오염 예측 모델 내 관측 데이터와 관련된 정보를 이용하여 오염 상태가 출력될 수 있다.
- [0071] 오염 상태는 예컨대, 처리수의 오염도, 수처리 이후 막 오염 두께 등의 데이터에 해당할 수 있다.
- [0072] 수처리 장치(400)는 처리수 및 여과막의 예측되는 오염 상태에 기초하여 여과막에 대한 세정 방법을 결정한다.
- [0073] 실시예에서, 수처리 장치(400)는 예측된 오염 상태에 기초하여 수처리 장치 내 여과막에 대한 세정 방법을 결정할 수 있다. 여과막의 세정을 위한 세정 주기 및 세정 강도가 결정될 수 있고, 오염 상태에 기초하여 세정제의 종류가 결정될 수 있다.
- [0074] 이러한 방법은 룰베이스 방식 또는 룩업 테이블에 미리 저장된 방식으로 결정될 수 있다.
- [0075] 예를 들어, 예측된 오염 상태에서 처리수의 오염도가 높은 경우, 세정 주기를 높이거나 세정 강도를 높일 수 있고, 세정력이 높은 세정제가 결정될 수 있다. 또는 나열된 세정 주기, 세정 강도 및 세정제의 종류 중 적어도 둘 이상의 요소가 예측된 오염 상태에 따라 결정될 수 있다.

- [0076] 다른 일례로, 예측된 오염 상태에서 처리수에 의한 막 오염의 두께가 미리 정해진 두께 이상으로 두꺼워지는 경우, 세정 주기를 높이거나 세정 강도를 높일 수 있고, 세정력이 높은 세정제가 결정될 수 있다. 또는 나열된 세정 주기, 세정 강도 및 세정제의 종류 중 적어도 둘 이상의 요소가 예측된 오염 상태에 따라 결정될 수 있다.
- [0077] 실시예에서, 처리수의 오염도 및 막 오염의 두께 등 처리수의 오염 상태를 나타낼 수 있는 지표를 적어도 두 개 이상 이용하여 여과막에 대한 세정 방법을 결정할 수 있다.
- [0079] 도 5는 실시예에서, 수처리 과정이 자동화된 시스템의 구성도이다.
- [0080] 실시예에서, 단계(510)에서 과거의 관측 데이터를 수집할 수 있다. 관측 데이터는 수처리 장치의 수처리 공정 중에 관측되는 데이터에 해당하며, 유입수가 수처리 장치로 진입하는 시점에 대응하는 오염도, 염도, 오염원, 온도 등의 정보 및 수처리 장치의 온도, 압력, 유속 등의 공정 조건을 포함하는 입력 데이터 및 해당 입력 데이터가 수처리 장치에 의해 처리된 이후의 처리수의 오염도, 막 오염 두께 등 오염 상태에 대한 출력 데이터를 포함할 수 있다.
- [0081] 단계(520)에서 수집된 관측 데이터를 이용하여 LSTM 기반으로 학습된 오염 예측 모델을 구축할 수 있다. 이 때, 예측하고자 하는 시점의 이전 시점에 예측 대상이 되는 입력 데이터와 예측을 위해 필요한 출력 데이터를 이용하는 LSTM 네트워크가 학습에 사용될 수 있다.
- [0082] 단계(530)에서 구축된 LSTM 기반의 오염 예측 모델을 통해 수처리 공정을 예측할 수 있다. 예를 들어, 오염수가 수처리 장치에 유입될 시, 해당 오염수에 대한 관측 데이터를 획득하고 해당 오염수가 수처리 장치에 의해 수처리 공정을 거치기 이전에 수처리 공정에 대한 오염 상태를 예측할 수 있다. 오염 상태는 예를 들어, 처리수의 오염도, 막 오염의 두께 등을 포함할 수 있다.
- [0083] 단계(540)에서 예측 데이터를 기반으로 공정 데이터를 자동화할 수 있다. 일실시예에서, 예측된 오염 상태에 기초하여 수처리 장치 내 여과막에 대한 세정 방법이 결정될 수 있다. 여과막의 세정을 위한 세정 주기 및 세정 강도가 결정될 수 있고, 오염 상태에 기초하여 세정제의 종류가 결정될 수 있다.
- [0084] 예를 들어, 예측된 오염 상태에서 처리수의 오염도가 높은 경우, 세정 주기를 높이거나 세정 강도를 높일 수 있고, 세정력이 높은 세정제가 결정될 수 있다. 또는 나열된 세정 주기, 세정 강도 및 세정제의 종류 중 적어도 둘 이상의 요소가 예측된 오염 상태에 따라 결정될 수 있다.
- [0086] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0088] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매

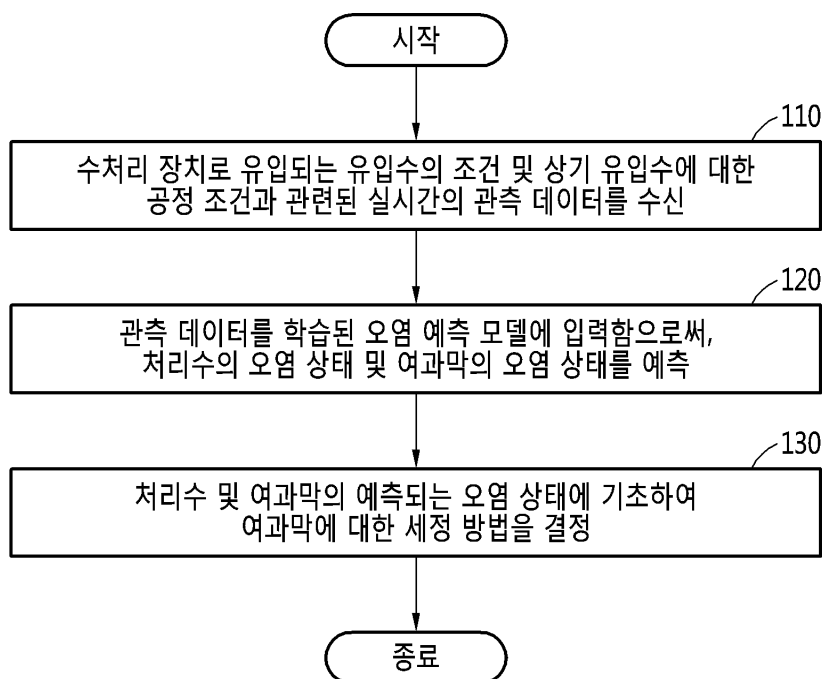
체에 저장될 수 있다.

[0090] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

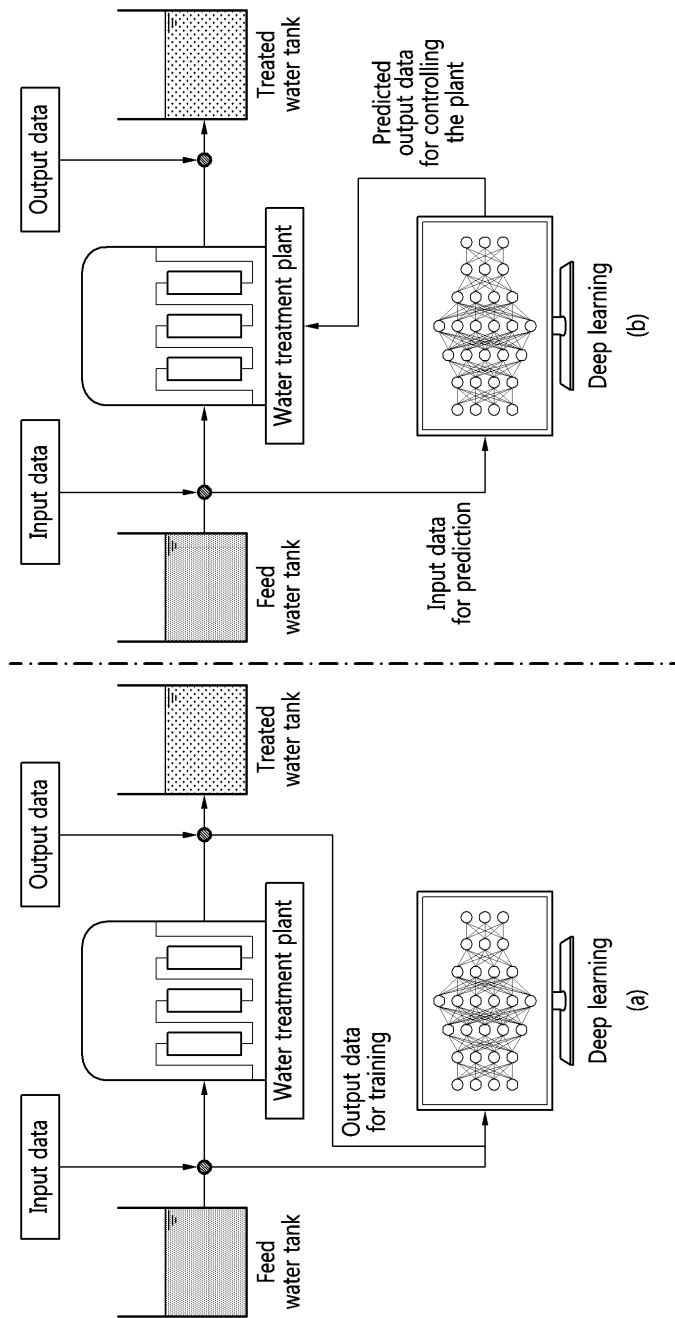
[0091] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

도면

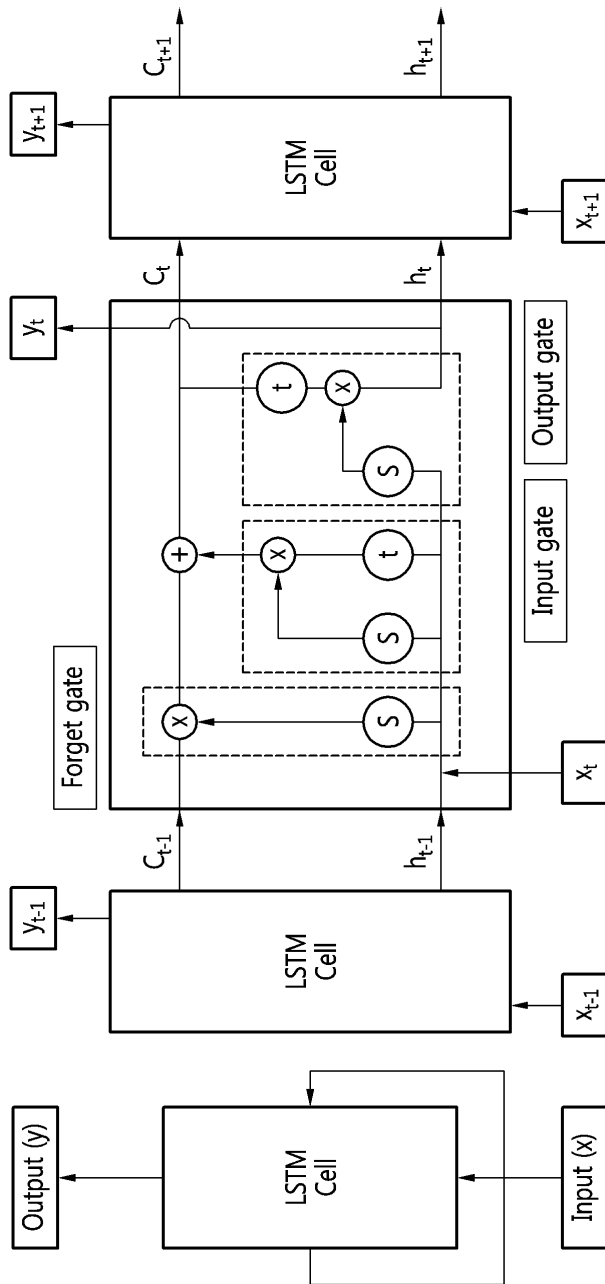
도면1



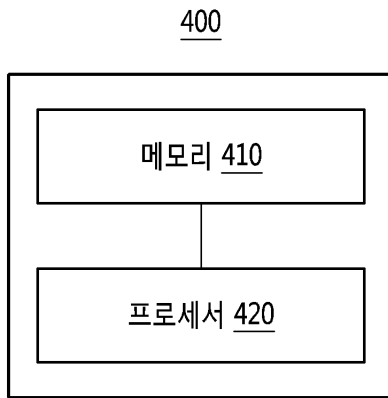
도면2



도면3



도면4



도면5

