



(19) 대한민국 지식재산처(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년11월26일

(11) 등록번호 10-2891596

(24) 등록일자 2025년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 30/20 (2020.01) G01W 1/02 (2022.01)

G06F 111/10 (2020.01) G06F 113/08 (2020.01)

G06F 119/08 (2020.01)

(52) CPC특허분류

G06F 30/20 (2020.01)

G01W 1/02 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2022-0171386

(22) 출원일자 2022년12월09일

심사청구일자 2022년12월09일

(65) 공개번호 10-2024-0086147

(43) 공개일자 2024년06월18일

(56) 선행기술조사문헌

신재우 외 1인. '수열 활용 후 하천의 수온 회복에 대한 연구'. 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, 2021.12.03., pp.243~245.*

신재우 외 1인. '수열에너지 이용 후 재방류 시 낙동강 수온에 미치는 영향'. 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2022.06.30., pp.1298~1300.

정재원 외 4인. '국내 하천수의 수열에너지 활용 가능성 분석: (2) 회귀수의 수온이 환경에 미치는 영향 평가'. 신재생에너지, 제15권 제1호, 2019.3.15., pp.9~17.

Jaewon Jung et al. 'Estimation of Temperature Recovery Distance and the Influence of Heat Pump Discharge on Fluvial Ecosystems'. Water 2020, 12, 949.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

국립한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

윤린

세종특별자치시 도움3로 75, 1109동 704호(종촌동, 가재마을 11단지)

신재우

대전광역시 유성구 학하중양로 21, 308호(덕명동, 시호루)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 유진태

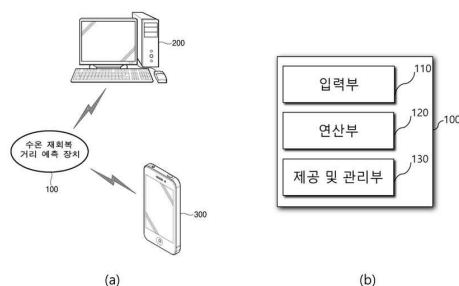
(54) 발명의 명칭 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치 및 그를 이용한 방법

(57) 요약

본 발명은 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치 및 그를 이용한 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받는 입력부; 상기 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



재회복 거리를 산출하는 연산부; 및 상기 산출된 수온 재회복 거리를 제공하는 제어 및 관리부를 포함할 수 있다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 실제 하천의 지형 등 수온 회복에 영향을 미치는 복수의 인자를 고려하여 수온의 재회복 거리를 예측할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 2111/10 (2020.01)

G06F 2113/08 (2020.01)

G06F 2119/08 (2020.01)

(72) 발명자

김영찬

대전광역시 서구 청사로 254, 112동 406호(둔산동, 등지아파트)

정현준

대전광역시 서구 청사로 281, 220동 1104호(둔산동, 샘머리아파트2단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1485018499
과제번호	ARQ202007046003
부처명	기획재정부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	(다부처)수열냉난방및재생열하이브리드시스템기술개발
연구과제명	수열에너지 활용 통합설계 플랫폼구축 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받는 입력부;

상기 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하는 연산부; 및

상기 산출된 수온 재회복 거리를 제공하는 제공 및 관리부를 포함하고,

상기 예측 모델은,

비선형 회귀 모델로, 측정 시점이 하절기 혹은 동절기인지에 따라 실제 하천의 지형과 외기 온도, 수온, 하천의 유량, 하폭, 하천의 깊이, 취수 및 재방류량을 고려한 수식을 통해 수온 재회복 거리를 산출하며,

상기 연산부는,

입력된 상기 복수의 데이터를 이용하여 복수의 변수에 가중치를 부여하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하고,

상기 가중치는 하절기 또는 동절기에 따라 상이한 값을 가지며,

아래의 수학적식을 통해 하절기에 따른 수온 재회복 거리를 산출하고,

$$y = b_1 + b_2 \times x_1 + b_3 \times x_2 + b_4 \times x_3 + b_5 \times x_3^{b_6} + b_7 \times x_4 + b_8 \times x_5 + b_9 \times x_6$$

아래의 수학적식을 통해 동절기에 따른 수온 재회복 거리를 산출하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치:

$$y = c_1 + c_2 \times x_1 + c_3 \times x_2 + c_4 \times x_3 + c_5 \times x_4 + c_6 \times x_5 + c_7 \times x_6$$

상기 y 는 수온 재회복 거리이며, 상기 b_1 은 기 설정된 상수이고, b_2 내지 b_9 는 각 변수의 하절기 가중치이며, 상기 c_1 은 기 설정된 상수이고, c_2 내지 c_7 는 각 변수의 동절기 가중치이며, x_1 은 외기 온도이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 입력부는,

수온 재회복 거리 예측 장치와 네트워크 상으로 연결된 서버로부터 하천 방류 지역의 외기 온도, 하천의 수온, 하천의 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량 중 적어도 하나를 포함한 복수의 데이터를 입력받는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제어 및 관리부는,

실제 수온 재회복 거리를 입력받아 상기 예측된 수온 재회복 거리에 각각 대응하여 관리하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제어 및 관리부는,

수온 재회복 거리 예측 장치와 네트워크 상으로 연결된 적어도 하나의 관계자 단말기에 수온 재회복 거리를 제공하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치.

청구항 8

입력부는 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받는 단계;

연산부는 상기 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하는 단계; 및

제어 및 관리부는 상기 예측된 수온 재회복 거리를 제공하는 단계를 포함하고,

상기 예측 모델은,

비선형 회귀 모델로, 측정 시점이 하절기 혹은 동절기인지에 따라 실제 하천의 지형과 외기 온도, 수온, 하천의 유량, 하폭, 하천의 깊이, 취수 및 재방류량을 고려한 수식을 통해 수온 재회복 거리를 산출하며,

상기 산출하는 단계는,

입력된 상기 복수의 데이터를 이용하여 복수의 변수에 가중치를 부여하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하고,

상기 가중치는 하절기 또는 동절기에 따라 상이한 값을 가지며,

아래의 수학적식을 통해 하절기에 따른 수온 재회복 거리를 산출하고,

$$y = b_1 + b_2 \times x_1 + b_3 \times x_2 + b_4 \times x_3 + b_5 \times x_3^{b_6} + b_7 \times x_4 + b_8 \times x_5 + b_9 \times x_6$$

아래의 수학적식을 통해 동절기에 따른 수온 재회복 거리를 산출하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 방법:

$$y = c_1 + c_2 \times x_1 + c_3 \times x_2 + c_4 \times x_3 + c_5 \times x_4 + c_6 \times x_5 + c_7 \times x_6$$

상기 y 는 수온 재회복 거리이며, 상기 b_1 은 기 설정된 상수이고, b_2 내지 b_9 는 각 변수의 하절기 가중치이며, 상기 c_1 은 기 설정된 상수이고, c_2 내지 c_7 는 각 변수의 동절기 가중치이며, x_1 은 외기 온도

이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치 및 그를 이용한 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게 설명하면 수열 에너지(Hydrothermal energy) 생산을 위한 히트 펌프(Heat pump)의 열원으로써 사용된 하천수의 취수 및 재방류를 통해 발생하는 하천 수온 변화로부터 하천 수온이 재회복하는 거리를 예측하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치 및 그를 이용한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 수열 에너지(Hydrothermal energy)는 물을 열원으로 이용하여 생산되는 친환경 에너지로, 수온은 대기온도에 비해 여름에는 낮고 겨울에는 높은 특징을 이용하여 물을 히트 펌프(Heat pump)의 열원으로써 이용하여 생산하는 에너지이다. 수열원으로는 하천수, 해수, 하수 처리수, 발전소 온배수 및 지하수 등을 활용하며, 냉방과 난방에 사용된다.
- [0003] 수열 에너지의 수열원으로써 히트 펌프에서 이용된 하천수의 경우, 하천수가 재방류된 직후 하천수의 온도변화로 인하여 수생태계에 영향을 끼치므로 수온 변화가 재회복하는 거리를 예측할 필요가 있다.
- [0004] 한국에너지 기술 연구원의 보고서를 참고하면 하천수를 수열 에너지의 수열원으로 사용한 경우, 하천의 사용 유량이 적다면 수온의 재회복 거리는 1 내지 4km 범위로 예측될 수 있고, 하천의 사용 유량이 많다면 수온의 재회복 거리는 10km 내외로 예측될 수 있다.
- [0005] 그러나, 종래의 기술을 이용하여 예측된 수온의 재회복 거리는 하천의 폭방향이 일정하다고 가정한 것이므로 실제 환경과 오차가 있어 적합하지 않다.
- [0006] 따라서, 실제 하천의 지형 등 수온 회복에 영향을 미치는 다양한 인자를 고려하여 보다 정확하게 수온 재회복 거리를 예측하는 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 이와 같이 본 발명에 따르면, 수열 에너지(Hydrothermal energy) 생산을 위한 히트 펌프(Heat pump)의 열원으로써 사용된 하천수의 취수 및 재방류를 통해 발생하는 하천 수온 변화로부터 하천 수온이 재회복하는 거리를 예측하는 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치 및 그를 이용한 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치에 있어서, 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받는 입력부; 상기 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하는 연산부; 및 상기 산출된 수온 재회복 거리를 제공하는 제공 및 관리부를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 입력부는, 수온 재회복 거리 예측 장치와 네트워크 상으로 연결된 서버로부터 하천 방류 지역의 외기 온도, 하천의 수온, 하천의 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받을 수 있다.
- [0010] 상기 연산부는, 상기 입력된 복수의 데이터에 복수의 변수를 각각 대응하고, 각 변수에 가중치를 부여하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하고, 상기 가중치는 하절기 또는 동절기에 따라 상이한 값을 갖을 수 있다.

[0011] 상기 예측 모델은, 다음의 수학적식을 통하여 하절기에 따른 수온 재회복 거리(y)를 산출할 수 있다:

$$y = b_1 + b_2 \times x_1 + b_3 \times x_2 + b_4 \times x_3 + b_5 \times x_3^{b_6} + b_7 \times x_4 + b_8 \times x_5 + b_9 \times x_6$$

[0012]

[0013] 상기 b_1 은 기 설정된 상수이고, b_2 내지 b_9 는 각 변수의 가중치이며, x_1 은 외기 온도이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

[0014] 상기 예측 모델은, 다음의 수학적식을 통하여 동절기에 따른 수온 재회복 거리(y)를 산출할 수 있다:

[0015]

$$y = c_1 + c_2 \times x_1 + c_3 \times x_2 + c_4 \times x_3 + c_5 \times x_4 + c_6 \times x_5 + c_7 \times x_6$$

[0016] 상기 c_1 은 기 설정된 상수이고, c_2 내지 c_7 는 각 변수의 가중치이며, x_1 은 외기 온도이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

[0017] 상기 제공 및 관리부는, 실제 수온 재회복 거리를 입력받아 상기 예측된 수온 재회복 거리에 각각 대응하여 관리할 수 있다.

[0018] 상기 제공 및 관리부는, 수온 재회복 거리 예측 장치와 네트워크 상으로 연결된 적어도 하나의 관계자 단말기에 수온 재회복 거리를 제공할 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따른 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 방법에 있어서 입력부는 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받는 단계; 연산부는 상기 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하는 단계; 및 제공 및 관리부는 상기 예측된 수온 재회복 거리를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 이와 같이 본 발명에 따르면, 실제 하천의 지형 등 수온 회복에 영향을 미치는 복수의 인자를 고려하여 수온의 재회복 거리를 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 방법의 순서도이다.

도 3은 도 2의 S210 단계에서 하절기에 복수의 데이터를 입력받는 일 예를 도시하는 예시도이다.

도 4는 도 2의 S210 단계에서 동절기에 복수의 데이터를 입력받는 일 예를 도시하는 예시도이다.

도 5는 도 2의 S220 단계에서 하절기 및 동절기에 입력받은 복수의 데이터를 이용하여 재회복 거리를 예측하는 프로그램의 예를 도시하는 예시도이다.

도 6a 및 도 6b는 도 2의 S220 단계에서 하절기 및 동절기의 연산부의 회귀 분석 결과를 도시하는 도면이다.

도 7은 도 2의 S230 단계에서 하절기 및 동절기의 연산부의 회귀 분석 결과를 엑셀(Excel)로 제공하는 프로그램의 예를 도시하는 도면이다.

도 8은 도 2의 S230 단계에서 관계자 단말기에 재회복 거리 예측 결과를 제공하는 일 예를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에

도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0024] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0025] 후술하는 본 발명의 실시예에서는 수온 재회복 거리(Recovery distance, REC) 예측 장치(100)는 하천수를 수열 원으로 사용한 후 재방류하는 경우 하천 수온 재회복 거리를 예측하는 것으로 구체적인 예를 들어 설명한다.
- [0026] 또한, 수온 재회복 거리 예측 장치(100)는 서버(200) 및 관계자 단말기(300)와 네트워크로 연결되고, 수온 재회복 거리 예측 장치(100)는 수온 재회복 거리를 예측하는데 있어 필요한 데이터를 서버(200)로부터 입력받는 것으로 구체적인 예를 들어 설명한다. 그러나, 본 발명이 반드시 이로 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치의 구성도이다.
- [0028] 도 1의 (a)를 참조하면, 수온 재회복 거리 예측 장치(100)는 서버(200) 및 관계자 단말기(300)와 네트워크로 연결될 수 있다.
- [0029] 구체적으로, 서버(200)는 하천수 재방류 지역에 설치된 온도 센서를 통해 기 설정된 시간(예를 들면, 10분)마다 측정된 외기 온도(Outside air temperature, T) 및 수온(Water temperature, TIN)을 입력받거나 기상청의 기상 정보시스템으로부터 해당 정보를 입력받을 수 있다. 또한, 서버(200)는 해천수 재방류 지역에 설치된 유량 센서를 통해 측정된 하천의 유량(Discharge, QIN) 값을 입력받을 수 있고, 기 저장된 지형정보로부터 하폭(River width, BTH) 및 하천의 깊이(Deep of river, DEEP) 정보를 추출할 수 있으며, 히트 펌프의 용량(Capacity of heat pump, rt) 정보를 입력받을 수 있다.
- [0030] 또한, 관계자 단말기(300)는 수자원공사 관계자 단말기, 건설기술연구원 단말기 및 수열에너지를 이용하는 사업장 또는 주택지의 관계자 단말기 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0031] 도 1의 (b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치(100)는 입력부(110), 연산부(120) 및 제공 및 관리부(130)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0032] 입력부(110)는 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받을 수 있다.
- [0033] 구체적으로, 입력부(110)는 서버(200)로부터 하천수 재방류 지역의 외기 온도, 수온, 하천의 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받을 수 있다.
- [0034] 또한, 연산부(120)는 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출할 수 있다.
- [0035] 구체적으로, 연산부(120)는 입력된 복수의 데이터에 복수의 변수를 각각 대응시키고, 각 변수의 가중치를 각각 부여하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 예측할 수 있다. 이때, 각 가중치는 하절기 또는 동절기에 따라 상이한 값을 가질 수 있다.
- [0036] 제공 및 관리부(130)는 예측된 수온 재회복 거리를 제공할 수 있다.
- [0037] 구체적으로, 제공 및 관리부(130)는 예측된 수온 재회복 거리를 수온 재회복 거리 예측 장치(100)와 네트워크로 연결된 관계자 단말기(300)에 제공할 수 있다.
- [0038] 또한, 제공 및 관리부(130)는 실제 수온 재회복 거리를 입력받아 예측된 수온 재회복 거리와 대응하여 관리할 수 있다.
- [0039] 이하에서는 도 2 내지 도 8을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 수온 재회복 거리 예측 장치(100)에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0040] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 하천 수온 변화에 따른 수온 재회복 거리 예측 방법의 순서도이다.
- [0041] 도 2를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 수온 재회복 거리 예측 방법은, 입력부(110)가 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를

입력받는 단계(S210), 연산부(120)가 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출하는 단계(S220) 및 제공 및 관리부(130)가 예측된 수온 재회복 거리를 제공하는 단계(S230)를 포함할 수 있다.

[0042] 먼저, 데이터를 입력받는 단계(S210)에서, 입력부(110)는 수온 재회복 거리 예측에 필요한 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 히트 펌프의 용량을 포함한 복수의 데이터를 입력받을 수 있다.

[0043] 도 3은 도 2의 S210 단계에서 하절기에 복수의 데이터를 입력받는 일 예를 도시하는 예시도이고, 도 4는 도 2의 S210 단계에서 동절기에 복수의 데이터를 입력받는 일 예를 도시하는 예시도이다.

[0044] 도 3 및 도 4를 참조하면, 입력부(110)는 기 설정된 시간(예를 들어, 10분, 15분 및 30분 등)마다 외기 온도(T), 수온(TIN), 하천의 유량(QIN), 하폭(BTH), 하천의 깊이(DEEP) 및 히트 펌프의 용량(rt)을 입력받을 수 있다.

[0045] 다음으로, 수온 재회복 거리를 산출하는 단계(S220)에서, 연산부(120)는 입력된 복수의 데이터를 이용하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 산출할 수 있다.

[0046] 도 5는 도 2의 S220 단계에서 하절기 및 동절기에 입력받은 복수의 데이터를 이용하여 재회복 거리를 예측하는 프로그램의 예를 도시하는 예시도이며, 도 6a 및 도 6b는 도 2의 S220 단계에서 하절기 및 동절기의 연산부의 회귀 분석 결과를 도시하는 도면이다.

[0047] 도 5에 도시된 바와 같이, 연산부(120)는 입력된 복수의 데이터에 복수의 변수를 각각 대응시키고, 각 변수의 가중치를 부여하여 기 구축된 예측 모델을 통해 수온 재회복 거리를 예측할 수 있다. 이때, 각 가중치는 하절기 또는 동절기에 따라 상이한 값을 가질 수 있다.

[0048] 부연하자면, 하절기의 경우, 연산부(120)는 유량에 대한 가중치를 가장 높게 설정하여 다음의 [수학식 1]을 통해 하절기에 따른 수온 재회복 거리(y)를 산출할 수 있다.

수학식 1

$$y = b_1 + b_2 \times x_1 + b_3 \times x_2 + b_4 \times x_3 + b_5 \times x_3^{b_6} + b_7 \times x_4 + b_8 \times x_5 + b_9 \times x_6$$

[0049]

[0050] 여기서, b_1 은 기 설정된 상수이고, b_2 내지 b_9 는 각 변수의 가중치이며, x_1 은 외기 온도이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

[0051] 도 6a를 참조하면, 연산부(120)는 예측 모델로써 비선형 회귀 모델을 사용할 수 있다. 이때, y는 수온 재회복 예측 거리이고, b1 내지 b9는 기 설정된 상수 값이다. 예를 들어, 하절기에 예측 모델의 b1 내지 b9의 상수 값은 [표 1]의 값과 같이 설정될 수 있다.

표 1

[0052]

변수	상수
b1	9357.5
b2	9.0452
b3	1.8444
b4	0.21331
b5	-6811.8
b6	0.048
b7	-0.65222
b8	56.663
b9	0.143

[0053] 또한, 연산부(120)는 다음의 [수학식 2]를 통해 동절기에 따른 수온 재회복 거리(y)를 산출할 수 있다.

수학식 2

$$y = c_1 + c_2 \times x_1 + c_3 \times x_2 + c_4 \times x_3 + c_5 \times x_4 + c_6 \times x_5 + c_7 \times x_6$$

[0055] 이때, c_1 은 기 설정된 상수이고, c_2 내지 c_7 는 각 변수의 가중치이며, x_1 은 외기 온도이고, x_2 는 수온이며, x_3 는 유량이고, x_4 는 하폭이며, x_5 는 하천의 깊이이고, x_6 는 히트 펌프의 용량이다.

[0056] 또한, 도 6b를 참조하면, 연산부(120)는 예측 모델로써 비선형 회귀 모델을 사용할 수 있다. 이때, y는 수온 재회복 예측 거리이고, b1 내지 b7는 기 설정된 상수 값이다. 예를 들어, 동절기에 예측 모델의 b1 내지 b7의 상수 값은 [표 2]의 값과 같이 설정될 수 있다.

표 2

변수	상수
b1	-135.18
b2	6.3747
b3	-36.738
b4	-2.1803
b5	1.8454
b6	202.44
b7	0.101

[0058] 다음으로, 수온 재회복 거리를 제공하는 단계(S230)에서, 제공 및 관리부(130)는 예측된 수온 재회복 거리를 제공할 수 있다.

[0059] 도 7은 도 2의 S230 단계에서 하절기 및 동절기의 연산부의 회귀 분석 결과를 엑셀(Excel)로 제공하는 프로그램의 예를 도시하는 도면이고, 도 8은 도 2의 S230 단계에서 관계자 단말기에 재회복 거리 예측 결과를 제공하는 일 예를 도시하는 도면이다.

[0060] 도 7을 참조하면, 제공 및 관리부(130)는 외기 온도, 수온, 유량, 하폭, 하천의 깊이 및 산출된 수온 재회복 거리(예측 값)에 대해 각각 a 내지 f의 변수를 대응시킴으로써 기 설정된 형식(예를 들어, 엑셀)으로 관계자 단말기(300)에 제공할 수 있다. 이때, 외기 온도 및 수온의 단위는 $^{\circ}\text{C}$ 이고, 유량의 단위는 m^3/s 이며, 하폭, 하천의 깊이 및 수온 재회복 거리의 단위는 m이고, 히트 펌프의 용량의 단위는 RT이다.

[0061] 또한, 제공 및 관리부(130)는 실제 수온 재회복 거리를 입력받아 예측된 수온 재회복 거리와 대응하여 관리할 수 있다.

[0062] 부연하자면, 제공 및 관리부(130)는 실제 수온 재회복 거리를 입력받아 예측 값과 실제 값의 오차(error)를 구하여 수온 재회복 거리 및 오차 범위를 제공할 수 있다.

[0063] 따라서, 실제 하천의 지형에서 외부 온도, 수온, 하천의 유량, 하천의 넓이, 하천의 깊이 및 취수 및 재방류량을 고려하여 수온의 재회복 거리를 예측할 수 있다.

[0064] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

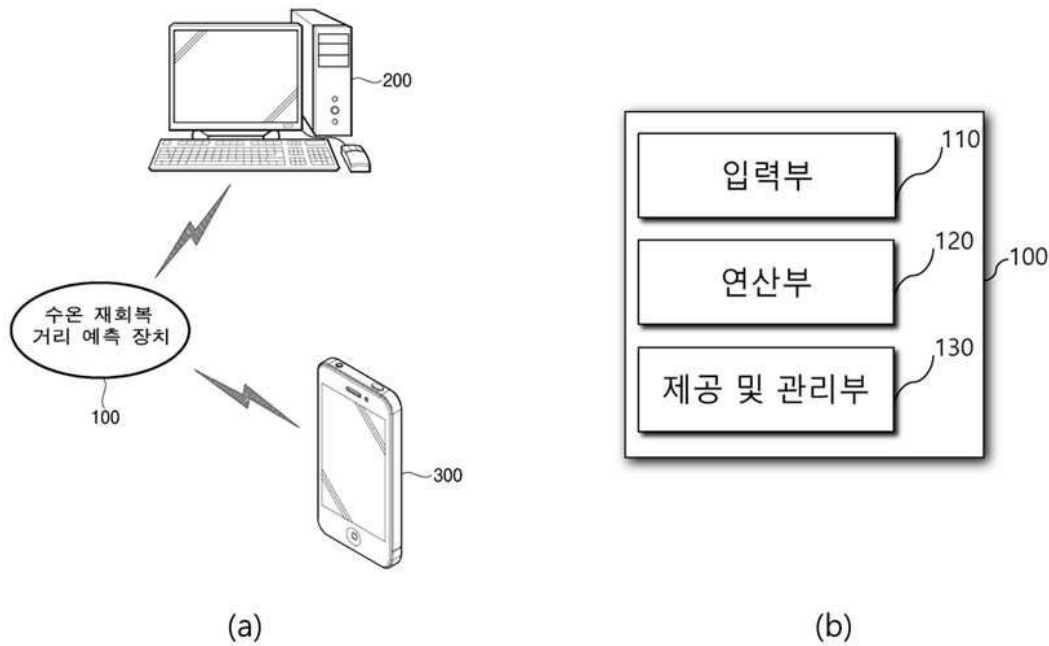
부호의 설명

[0065] 100: 수온 재회복 거리 예측 장치

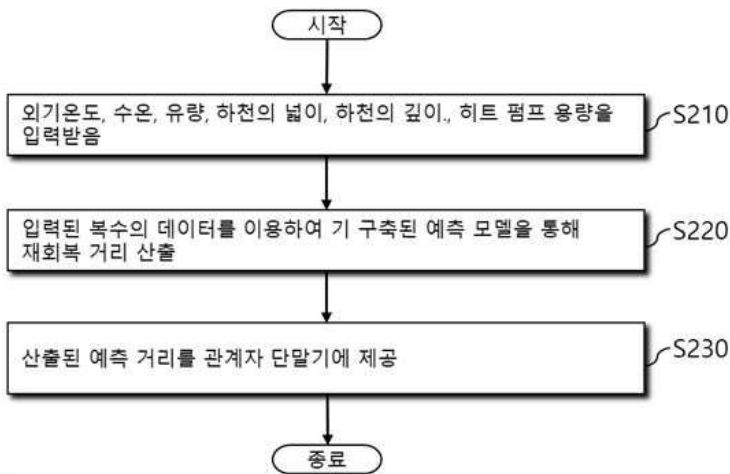
- 110: 입력부
- 120: 연산부
- 130: 제공 및 관리부
- 200: 서버
- 300: 관계자 단말기

도면

도면1



도면2



도면3

1	T	TIN	QIN	BTH	DEEP	rt
2	28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	500
3	28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	1000
4	28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	1500
5	28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	2000
6	26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	500
7	26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	1000
8	26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	1500
9	26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	2000
10	26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	500
11	26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	1000
12	26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	1500
13	26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	2000
14	27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	500
15	27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	1000
16	27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	1500
17	27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	2000
18	28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	500
19	28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	1000
20	28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	1500
21	28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	2000
22	28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	500
23	28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	1000
24	28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	1500
25	28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	2000
26	24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	500
27	24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	1000
28	24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	1500
29	24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	2000
30	24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	500
31	24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	1000
32	24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	1500
33	24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	2000
34	22.30901	24.77039	2388.242	392.8722	2.4	500

도면4

1	T	TIN	QIN	BTH	DEEP	rt
2	-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	500
3	-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	1000
4	-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	1500
5	-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	2000
6	1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	500
7	1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	1000
8	1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	1500
9	1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	2000
10	1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	500
11	1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	1000
12	1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	1500
13	1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	2000
14	6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	500
15	6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	1000
16	6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	1500
17	6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	2000
18	-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	500
19	-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	1000
20	-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	1500
21	-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	2000
22	2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	500
23	2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	1000
24	2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	1500
25	2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	2000
26	2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	500
27	2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	1000
28	2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	1500
29	2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	2000
30	7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	500
31	7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	1000
32	7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	1500
33	7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	2000

도면5

명칭 장

(a)

```

>> x=[T, TIN, QIN, BTH, DEEP, rt];
>> y=rec;
>> modelfun=@(b,x)b(1)+b(2)*x(:,1)+b(3)*x(:,2)+b(4)*x(:,3)+b(5)*x(:,3).^b(6)+b(7)*x(:,4)+b(8)*x(:,5)+b(9)*x(:,6);
>> beta=[1 1 1 1 1 1 1 1 1];
fx>> mdl=fitnlm(x,y,modelfun,beta)

```

(b)

```

>> x=[T, TIN, QIN, BTH, DEEP, rt];
>> y=rec;
>> modelfun=@(b,x)b(1)+b(2)*x(:,1)+b(3)*x(:,2)+b(4)*x(:,3)+b(5)*x(:,4)+b(6)*x(:,5)+b(7)*x(:,6);
>> beta=[1 1 1 1 1 1 1];
fx>> mdl=fitnlm(x,y,modelfun,beta)

```

도면6a

비선형 회귀 모델:

$$y \sim b1 + b2 \times x1 + b3 \times x2 + b4 \times x3 + b5 \times x3^b6 + b7 \times x4 + b8 \times x5 + b9 \times x6$$

추정된 계수:

	Estimate	SE	tStat	pValue
b1	9357.5	338.93	27.609	9.8178e-33
b2	9.0452	27.567	0.32811	0.74414
b3	1.8444	36.303	0.050807	0.95967
b4	0.21331	0.059483	3.5861	0.00074106
b5	-6811.8	348.81	-19.528	1.3382e-25
b6	0.048	0.0063298	7.5832	5.8273e-10
b7	-0.65222	0.23993	-2.7184	0.0088938
b8	56.663	94.051	0.60248	0.54948
b9	0.143	0.059182	2.4163	0.019228

관측값 개수: 60, 오차 자유도: 52

RMS 오차: 256

결정계수: 0.792, 수정된 결정계수 0.764

상수 모델에 대한 F-통계량: 28.3, p-값 = 1.26e-15

도면6b

비선형 회귀 모델:

$$y \sim b1 + b2 \times x1 + b3 \times x2 + b4 \times x3 + b5 \times x4 + b6 \times x5 + b7 \times x6$$

추정된 계수:

	Estimate	SE	tStat	pValue
b1	-135.18	431.07	-0.3136	0.75643
b2	6.3747	38.144	0.16712	0.86862
b3	-36.738	33.554	-1.0949	0.284
b4	-2.1803	0.18283	-11.925	8.2156e-12
b5	1.8454	0.62507	2.9523	0.0067689
b6	202.44	44.673	4.5316	0.00012549
b7	0.101	0.033159	3.0459	0.0054059

관측값 개수: 32, 오차 자유도: 25

RMS 오차: 105

결정계수: 0.951, 수정된 결정계수 0.939

상수 모델에 대한 F-통계량: 80.7, p-값 = 3.88e-15

도면7

```
(a) Function rec(a, b, c, d, e, f)
    rec = 9357.5 + 9.0452 * a + 1.8444 * b + 0.21331 * c - 6811.8 * c ^ 0.048 - 0.65222 * d + 56.663 * e + 0.143 * f
End Function

Function rec(a, b, c, d, e, f)

(b) rec = -135.18 + 6.3747 * a - 36.738 * b - 2.1803 * c + 1.8454 * d + 202.44 * e + 0.101 * f
End Function
```

도면8

(a)										(b)									
T	TIN	QIN	ETH	DEEP	rt	rec	예측값	error		T	TIN	QIN	ETH	DEEP	rt	rec	예측값	error	
28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	500	138	150.4525	9.023525		-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	500	1400	1322.231	5.554939	
28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	1000	140	221.9525	58.53748		-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	1000	1400	1372.731	1.947797	
28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	1500	142	293.4525	106.6567		-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	1500	1400	1423.231	1.659346	
28.5725	28.97753	532.7886	859.7196	1.13	2000	144	364.9525	153.4392		-3.94583	2.530511	122.912	859.7196	1.02	2000	1400	1473.731	5.266489	
26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	500	342	346.8838	1.428023		1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	500	380	293.9376	22.648	
26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	1000	344	418.3838	21.62321		1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	1000	382	344.4376	9.833086	
26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	1500	346	489.8838	41.58492		1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	1500	384	394.9376	2.848336	
26.54673	23.28252	5670.636	671.4325	3.13	2000	348	561.3838	61.31719		1.616263	4.561156	399.5801	671.4325	0.83	2000	386	445.4376	15.39834	
26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	500	620	430.8216	30.51265		1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	500	500	460.7404	7.851919	
26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	1000	624	502.3216	19.49975		1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	1000	500	511.2404	2.248081	
26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	1500	626	573.8216	8.33521		1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	1500	500	561.7404	12.34808	
26.54673	23.63226	6066.097	673.9336	3.73	2000	628	645.3216	2.758214		1.616263	4.561156	431.9696	673.9336	1.98	2000	500	612.2404	22.44808	
27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	500	268	234.0302	12.67531		6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	500	290	377.0774	30.02688	
27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	1000	270	305.5302	13.15932		6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	1000	290	427.5774	47.44047	
27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	1500	272	377.0302	38.61403		6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	1500	640	478.0774	25.30041	
27.19792	25.32067	2807.691	392.8722	2.5	2000	274	448.5302	63.69714		6.421505	5.875806	262.4182	392.8722	2.39	2000	640	528.5774	17.40979	
28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	500	900	1454.122	61.56914		-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	500	1400	1320.832	5.65487	
28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	1000	1400	1525.622	8.973016		-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	1000	1400	1371.332	2.047728	
28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	1500	1850	1597.122	13.66907		-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	1500	1400	1421.832	1.559415	
28.84437	28.50968	49.72605	239.0664	1.3	2000	1900	1668.622	12.17778		-1.64859	3.228423	122.2245	859.7196	1.06	2000	1400	1472.332	5.166558	
28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	500	130	53.80721	58.60984		2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	500	400	440.7829	10.19573	
28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	1000	132	125.3072	5.070296		2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	1000	400	491.2829	22.82073	
28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	1500	134	196.8072	46.87105		2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	1500	400	541.7829	35.44573	
28.13185	25.47043	691.7781	859.7196	1.06	2000	136	268.3072	97.28471		2.344428	6.013522	308.9573	671.4325	0.82	2000	800	592.2829	25.96463	
24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	500	350	99.005	71.71286		2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	500	492	388.5294	21.03061	
24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	1000	352	170.505	51.56108		2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	1000	494	439.0294	11.12765	
24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	1500	354	242.005	31.63701		2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	1500	496	489.5294	1.304556	
24.2746	25.0111	808.8754	671.4325	1.12	2000	356	313.505	11.9368		2.344428	6.013522	441.8175	673.9336	1.97	2000	498	540.0294	8.439639	
24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	500	630	102.0084	83.80819		7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	500	300	407.7969	35.9323	
24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	1000	634	173.5084	72.63274		7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	1000	300	458.2969	52.76563	
24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	1500	636	245.0084	61.47667		7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	1500	650	508.7969	21.72355	
24.2746	24.70323	1004.975	673.9336	2.21	2000	638	316.5084	50.39053		7.046508	7.827043	217.2777	392.8722	2.39	2000	650	559.2969	13.95432	
22.30901	24.77039	2388.242	392.8722	2.4	500	276	170.804	38.11448										15.79261	