(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0127483
(43) 공개일자 2020년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G06F 30/00 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2019-0051683
(22) 출원일자 2019년05월02일
심사청구일자 2019년05월02일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
(72) 발명자
조경화
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김민정
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

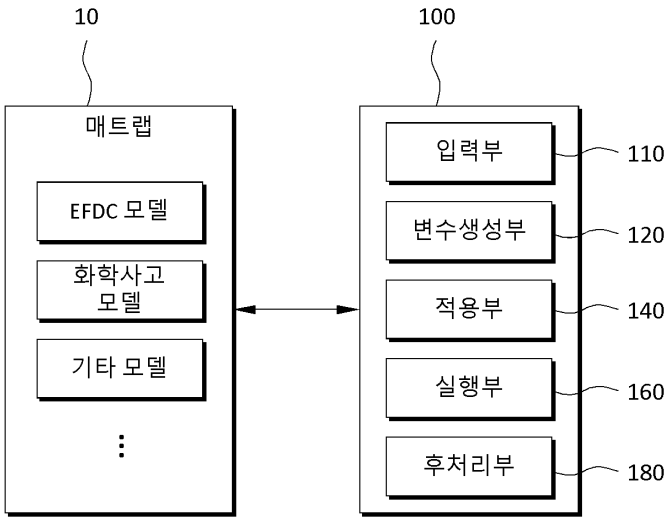
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 매트랩에서 종래 수작업에 의존했었던 경계조건(boundary condition) 및 매개변수의 수정 입력을 자동화 하고, 매개변수 최적화, 모델의 불확정성 및 매개변수의 민감도 분석을 자동으로 실시하는 데이터 분석 및 최적화 기술에 관한 것으로, 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 입력부, 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 매개변수를 생성하고, 매트랩(MATLAB) 모델의 실행 후 생성되는 모델 오류 값을 이용하여 매개변수를 최적화하는 변수생성부, 변수생성부에서 생성된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 적용부, 적용부가 입력파일에 매개변수를 적용하면 매트랩 모델을 실행시키는 실행부, 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 후처리부를 포함한다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016001970001
부처명	환경부
과제관리(전문)기관명	한국환경산업기술원
연구사업명	화학사고대응환경기술개발사업
연구과제명	화학사고 후 생태계오염 모니터링 및 생태영향 통합평가 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	광주과학기술원
연구기간	2016.07.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 입력부;

상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 매개변수를 생성하고, 매트랩(MATLAB) 모델의 실행 후 생성되는 모델 오류 값을 이용하여 상기 매개변수를 최적화하는 변수생성부;

상기 변수생성부에서 생성된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 적용부;

상기 적용부가 상기 입력파일에 매개변수를 적용하면 상기 매트랩 모델을 실행시키는 실행부; 및

상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 후처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모델은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)인 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 적용부는 efdc.inp 파일에 상기 매개변수를 적용하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 입력부가 수신하는 데이터는 경계조건(boundary condition)을 포함하고,

상기 적용부는 상기 경계조건을 qser.inp 파일에 적용하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 변수생성부는 LH-OAT(Latin Hypercube-One-factor-At-a-Time) 및 패턴서치(Pattern search) 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 변수생성부는 LH-OAT를 이용하여 매트랩 모델의 입력파일에 적용될 매개변수를 생성하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 변수생성부는 패턴서치 알고리즘를 이용하여 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는 매개변수를 탐색하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 입력부가 수신하는 데이터에는 관측 값이 포함되고,

상기 후처리부는 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 상기 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 후처리부는 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매개변수의 민감도를 분석하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 후처리부는 상기 매트랩 모델의 실행 결과, 모델 오류 및 매개변수의 민감도를 이용하여 그래프를 생성하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 장치.

청구항 11

입력부가 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 단계;

변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계;

적용부가 상기 변수생성부에서 선택된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 단계;

실행부가 상기 매트랩 모델을 실행시키는 단계;

후처리부가 상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계;

상기 변수생성부가 상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는지 확인하는 단계; 및

상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는지 못하면, 상기 변수생성부가 복수의 매개변수 중 매트랩 모델에 적용될 다른 매개변수를 선택하는 단계를 포함하고,

상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하면, 상기 변수생성부가 매트랩 모델에 적용된 매개변수가 최적의 매개변수인 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 모델은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)인 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 입력파일은 efdc.inp 파일인 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 데이터에는 경계조건(boundary condition)이 포함되고,

상기 적용부가 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 단계는, 상기 경계조건을 qser.inp 파일에 적용하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는,

LH-OAT(Latin Hypercube-One-factor-At-a-Time) 및 패턴서치(Pattern search) 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는,

LH-OAT를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는,

패턴서치 알고리즘을 이용하여 복수의 매개변수 중 하나의 매개변수를 선택하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 입력부가 수신하는 데이터에는 관측 값이 포함되고,

상기 후처리부가 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계는, 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 상기 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 후처리부가 상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계 후,

상기 후처리부가 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 후처리부가 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석하는 단계 후,

상기 후처리부가 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값, 모델 오류 값 및 배열의 민감도를 이용하여 그래프를 생성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 매트랩 모델링 자동화 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 매트랩에서 종래 수작업에 의존했었던 경계조건(boundary condition) 및 매개변수의 수정 입력을 자동화 하고, 매개변수 최적화, 모델의 불확정성 및 매개변수의 민감도 분석을 자동으로 실시하는 데이터 분석 및 최적화 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 매트랩(MATLAB)은 MathWorks사에서 개발한 수치 해석 및 프로그래밍 환경을 제공하는 공학용 소프트웨어이다. 행렬을 기반으로 한 계산 기능을 지원하며, 함수나 데이터를 그림으로 그리는 기능 및 프로그래밍을 통한 알고리즘 구현 등을 제공한다. 매트랩은 수치 계산이 필요한 과학 및 공학 분야에서 다양하게 사용된다.

[0003] 매트랩은 프로그래밍 언어라고 볼 수 있고, 애플리케이션으로도 볼 수 있으나, 사용하는 사람의 목적에 따라 두

가지 성격이 모두 나타나기도 한다. 현재 사용되는 프로그래밍 언어 중 17위 정도로 사용자의 층이 많다.

[0004] 매트랩은 자체적으로 여러 모터와 같은 하드웨어와의 인터페이스, 이미지 프로세싱 등의 유용한 툴박스들을 제공하고 있어 이공계 학부 및 공학 분야에서 손쉽게 사용할 수 있다. 예를 들어, 모터가 4개 있는 쿼드콥터에 카메라를 설치하여 시각 비행알고리즘을 시험하고 싶으면, 모터제어, 드론과의 통신, 이미지 프로세싱, 위치/자세 추정, 위치/자세 제어 알고리즘 등이 필요하다. 다른 개발 환경에서는 각각의 기능을 제공하는 환경은 있어도, 관련된 모든 라이브러리를 제공하는 경우는 매트랩 외에 드물다.

[0005] 도 1을 참조하면, 매트랩은 수학적 분석 및 설계 프로세스에 적합한 데스크탑 환경을 제공한다. 또한, 응용프로그램을 활용하면 다양한 알고리즘을 적용하는 것이 가능하다.

[0006] 도 2를 참조하면, 현재 수계모델을 실행하기 위해서는 (1)경계조건(Boundary condition) 추가, (2)파라미터 보정, (3)모델 실행, (4)output 확인 및 그래프 그리기의 각 단계를 EFDC Explorer라는 인터페이스 내의 관련 아이콘을 수동으로 하나하나 클릭하여 수행해야한다.

[0007] 다양한 시나리오 조건의 모델을 테스트하기 위해서는 경계조건을 자주 수정해야 하는데, 현재는 경계조건을 수정할 때마다 인터페이스 내의 아이콘을 수동으로 클릭해야 되기 때문에 불편하고, 수정작업에 시간이 많이 소요되며, 실수도 빈번히 발생되는 문제가 있었다.

[0008] 또한, 파라미터 보정은 인터페이스 상에서 값을 하나씩 수동으로 변경하는 방식으로 수행되기 때문에 노동집약적이고, 최적화나 민감도 분석 등을 수행할 수 없어 결과가 부정확한 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1670307호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 매트랩에서 종래 수작업에 의존했었던 경계조건(boundary condition) 및 매개변수의 수정 입력을 자동화 하고, 매개변수 최적화, 모델의 불확정성 및 매개변수의 민감도 분석을 자동으로 실시하는 데이터 분석 및 최적화 기술을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치는, 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 입력부; 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 매개변수를 생성하고, 매트랩(MATLAB) 모델의 실행 후 생성되는 모델 오류 값을 이용하여 상기 매개변수를 최적화하는 변수생성부; 상기 변수생성부에서 생성된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 적용부; 상기 적용부가 상기 입력파일에 매개변수를 적용하면 상기 매트랩 모델을 실행시키는 실행부; 및 상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 후처리부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 모델은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 적용부는 efdc.inp 파일에 상기 매개변수를 적용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 입력부가 수신하는 데이터는 경계조건(boundary condition)을 포함하고, 상기 적용부는 상기 경계조건을 qser.inp 파일에 적용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 변수생성부는 LH-OAT(Latin Hypercube-One-factor-At-a-Time) 및 패턴서치(Pattern search) 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 변수생성부는 LH-OAT를 이용하여 매트랩 모델의 입력파일에 적용될 매개변수를 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 변수생성부는 패턴서치 알고리즘을 이용하여 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는 매개변수를 탐색하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 입력부가 수신하는 데이터에는 관측 값이 포함되고, 상기 후처리부는 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 상기 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 후처리부는 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매개변수의 민감도를 분석하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 후처리부는 상기 매트랩 모델의 실행 결과, 모델 오류 및 매개변수의 민감도를 이용하여 그래프를 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 한편, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 매트랩을 활용한 모델링 자동화 방법은, 입력부가 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 단계; 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계; 적용부가 상기 변수생성부에서 선택된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 단계; 실행부가 상기 매트랩 모델을 실행시키는 단계; 후처리부가 상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계; 상기 변수생성부가 상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는지 확인하는 단계; 및 상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는지 못하면, 상기 변수생성부가 복수의 매개변수 중 매트랩 모델에 적용될 다른 매개변수를 선택하는 단계를 포함하고, 상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하면, 상기 변수생성부가 매트랩 모델에 적용된 매개변수가 최적의 매개변수인 것으로 판단하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 모델은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 입력파일은 efdc.inp 파일인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 데이터에는 경계조건(boundary condition)이 포함되고, 상기 적용부가 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 단계는, 상기 경계조건을 qser.inp 파일에 적용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는, LH-OAT(Latin Hypercube-One-factor-At-a-Time) 및 패턴서치(Pattern search) 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는, LH-OAT를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 변수생성부가 상기 입력부에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는, 패턴서치 알고리즘을 이용하여 복수의 매개변수 중 하나의 매개변수를 선택하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 입력부가 수신하는 데이터에는 관측 값이 포함되고, 상기 후처리부가 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계는, 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 상기 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 후처리부가 상기 실행부가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계 후, 상기 후처리부가 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 후처리부가 상기 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석하는 단계 후, 상기 후처리부가 상기 매트랩 모델의 실행 결과 값, 모델 오류 값 및 배열의 민감도를 이용하여 그래프를 생성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 의한 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치 및 방법에 따르면,

[0032] 첫째, 본 발명은 종래 수작업으로 실시되던 입력과정과, 적용이 어려웠던 매개변수 최적화, 모델 불확정성 분석, 매개변수 민감도 분석, 그래프 생성 및 오류 연산을 자동화할 수 있게 됨에 따라, 인력의 수고 및 작업을

위한 시간을 절감할 수 있게 된다.

[0033] 둘째, 본 발명은 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델뿐만 아니라, 다양한 모델에도 적용이 가능하므로, 매트랩을 이용한 시뮬레이션을 더 용이하게 실시할 수 있게 되어 연구개발에 큰 도움을 줄 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 컴퓨터 장치에서 실행된 매트랩(MATLAB)의 GUI를 나타낸 도면.

도 2는 종래 매트랩의 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델에서 수작업으로 경계조건(Boundary condition)을 추가하고 매개변수를 정정하여 결과 값을 조회하는 과정을 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치의 구성을 나타낸 블록도.

도 4는 변수생성부가 LH-OAT를 이용하여 생성한 복수의 매개변수를 나타낸 예시 도면.

도 5는 변수생성부가 패턴서치 알고리즘을 이용하여 입력파일에 매개변수를 업데이트하는 과정을 나타낸 예시 도면.

도 6은 efdc.inp 파일의 조회 내용 및 매개변수를 붉은색 박스로 표시한 도면.

도 7은 qser.inp 파일의 조회 내용 및 경계조건의 시계열 데이터가 적용되는 시계열 데이터 영역을 붉은색 박스로 표시한 도면.

도 8은 EET를 이용하여 매개변수의 민감도를 연산한 결과를 나타낸 예시 도면.

도 9는 EET를 이용하여 연산된 매개변수의 민감도를 그래프화하여 나타낸 도면.

도 10은 EFDC 모델의 실행 결과, 수계 내 물질 및 유체 거동 정보를 이용하여 지도에 맵핑된 결과 예를 나타낸 도면.

도 11은 화학사고 시뮬레이션 모델의 실행 결과를 나타낸 예시 도면.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 매트랩을 활용한 모델링 자동화 방법의 각 단계를 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 의한 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치 및 방법에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0036] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0037] 본 발명의 실시예에 따른 매트랩을 활용한 모델링 자동화 장치 및 방법은 매트랩(MATLAB)이 설치된 하나의 컴퓨터 장치에 설치 운영되거나, 복수의 컴퓨터 장치에 분산 설치되고 유선 또는 무선으로 각 컴퓨터 장치가 서로 연결되어 연동되는 것으로 실시될 수 있다.

[0038] 매트랩은 다양한 시뮬레이션 모델을 이용할 수 있는 환경을 제공한다. 예를 들어, 매트랩에서 이용할 수 있는 모델에는 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code), 화학사고 시뮬레이션 등이 있다.

[0039] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 매트랩 모델링 자동화 장치는 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 입력부(110), 입력부(110)에서 수신된 데이터를 이용하여 매개변수를 생성하고, 매트랩(MATLAB) 모델의 실행 후 생성되는 모델 오류 값을 이용하여 상기 매개변수를 최적화하는 변수생성부(120), 변수생성부(120)에서 생성된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 적용부(140), 적용부(140)가 상기 입력파일에 매개변수를 적용하면 상기 매트랩 모델을 실행시키는 실행부(160), 실행부(160)가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값

을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 후처리부(180)를 포함한다.

[0040] 다음에서는 일 실시예로서 매트랩 모델이 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)인 것을 기준으로 설명한다.

[0041] EFDC 수계 모델은 기능성 지표수 모델링 시스템으로 유체 역학, 퇴적물 오염 및 부영양화 구성 요소를 포함한다. EFDC는 수력 시스템을 1차원, 2차원 및 3차원으로 시뮬레이션 하는데 이용할 수 있는 유체 역학 모델이다. EFDC는 환경 평가, 관리 및 규제 요건을 지원하기 위해 강, 호수, 저수지, 습지, 강어귀 및 연안 해역 등 다양한 수역 환경에서 이용된다.

[0042] EFDC는 확장 또는 시그마 수직 좌표, 직각, 곡선 또는 직교 수평 좌표를 사용하여 수체의 물리적 특성을 나타낸다. EFDC는 가변 밀도 유체의 3차원 수직 정수, 자유 표면, 난류 평균 운동 방정식을 연산할 수 있다. 또한, 난류 운동 에너지, 난류 길이 척도, 염도 및 온도에 대한 동적으로 결합된 수송 방정식도 해결할 수 있다.

[0043] 국내에서 EFDC 모델은 국립환경과학원과 그 소속기관 및 환경공학 관련 대학 연구소 등에서 높은 빈도로 활용하고 있다.

[0044] 매트랩에서는 EFDC 모델의 시뮬레이션을 지원한다. 매트랩에서 EFDC 모델과 관련된 파일에는 efdc.inp 및 qser.inp가 포함된다.

[0045] 변수생성부(120)는 매개변수의 생성 및 최적화에 LH-OAT(Latin Hypercube-One-factor-At-a-Time) 및 패턴서치(Pattern search) 알고리즘을 이용한다.

[0046] LH-OAT 방법은 매개변수 공간을 N개의 구간으로 나누어 각 구간 별 변수를 임의로 추출한 후, 다변량 선형 회귀 방법을 이용하여 전역적 민감도를 분석하는 라틴 하이퍼큐브(Latin Hypercube, LH) 방법과, 매개변수 공간에서 다른 매개변수를 고정한 상태로 매개변수를 하나씩 변화시켜 국부적 민감도를 분석하는 One-Factor-At-a-Time(OAT) 방법을 결합한 기법이다. LH-OAT 방법은 보정 및 민감도 분석 대상 매개변수의 선택을 효과적으로 수행할 수 있다.

[0047] 변수생성부(120)는 LH-OAT를 이용하여 매트랩 모델의 입력파일에 적용될 복수의 매개변수를 생성한다. 도 4를 참조하면, 변수생성부(120)는 LH-OAT를 이용하여 복수의 매개변수(OAT)를 생성한다. 하나의 매개변수는 복수의 값으로 구성되어 세트를 이룬다. 이때 생성된 매개변수 배열은 개별적으로 EFDC 모델에 적용되어 모델의 실행에 이용된다.

[0048] 패턴서치(Pattern search) 알고리즘은 수치 최적화 방법의 하나이다. 패턴서치 알고리즘은 다차원 분석 공간에서 매개변수의 값을 변경해가며 오류를 확인하고, 오류가 감소되면 스텝크기(step size)를 축소하며 최소 오류를 가지는 해를 탐색하는 것으로 최적화를 실시한다.

[0049] 변수생성부(120)는 패턴서치 알고리즘를 이용하여 앞서 LH-OAT를 이용하여 생성된 복수의 매개변수 중 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는 매개변수를 탐색한다. 도 5를 참조하면, 변수생성부(120)는 복수의 매개변수 중 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택한다. 선택된 매개변수가 적용되어 실행된 매트랩 모델의 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하지 못하면, 변수생성부(120)는 복수의 매개변수 중에서 다른 매개변수를 선택한다. 변수생성부(120)가 선택한 다른 매개변수는 다시 매트랩 모델에 적용되어 실행된다. 변수생성부(120)는 복수의 매개변수를 하나씩 매트랩 모델에 적용하여 결과를 비교하는 것으로 최적의 매개변수를 탐색하게 된다.

[0050] 모델 오류 값의 기 설정된 기준은 오류를 허용할 수 있을 정도의 크기인 것이 바람직하다. 예를 들어, 모델 오류 지표 중 NSE(Nash Sutcliffe Efficiency)는 -∞에서 1사이의 값을 가지고, NSE 값은 모델 값의 오류가 없는 경우 1, 오류가 최대인 경우 -∞의 값을 가진다. 일반적으로 NSE 값이 0.5 이상이면 모델 성능이 충분하다고 판단되므로, 0.5를 모델 오류 판단을 위한 기 설정된 기준으로 설정할 수 있다. 이때, 실행된 매트랩 모델의 NSE 값이 0.5 미만이면 변수생성부(120)가 복수의 매개변수 중 매트랩 모델에 적용될 다른 매개변수를 선택한다. 모델의 NSE 값이 0.5 이상이면 매트랩 모델에 적용된 매개변수가 기 설정된 기준을 만족하므로, 해당 매개변수를 최적화된 매개변수인 것으로 판단하고, 다른 매개변수를 선택하는 과정을 종료한다.

[0051] 다른 실시예로서, 기 설정된 기준은 변수생성부(120)에서 생성된 전체 매개변수 중 모델 오류 값이 가장 작은 매개변수인 것이 될 수도 있다. 이 경우, 복수의 매개변수가 하나씩 매트랩 모델에 적용 및 실행되어 모델 오류 값이 가장 작은 경우를 탐색하게 된다.

[0052] 적용부(140)는 efdc.inp 파일에 변수생성부(120)가 선택한 매개변수를 적용한다.

[0053] 종래는 EFDC 인터페이스에서 수동으로 매개변수 또는 경계조건(boundary condition)의 데이터를 수정하면 efdc.inp이나 qser.inp가 업데이트 된다(도 2 (1) 참조). efdc.inp 및 qser.inp의 업데이트는 EFDC 인터페이스를 이용하여 가능하지만, efdc.inp와 qser.inp 파일이 저장된 경로에 직접 접근하여 해당 파일을 편집기로 실행하면 사용자가 인위적으로 수정하는 것도 가능하다.

[0054] 적용부(140)는 자동으로 efdc.inp 파일을 조회하고, efdc.inp 파일에 매개변수의 값을 적용한다. 이때, 적용에는 추가, 치환, 삭제 등이 포함된다. 도 6은 efdc.inp 파일의 조회 내용 중 일부를 나타낸 것이며, 붉은색 박스 영역이 매개변수이다. 또한, efdc.inp 파일에는 경계조건의 종류에 대한 정보가 라벨링된다. 적용부(140)는 도 6의 붉은색 박스와 같이 매개변수와 관련된 영역에 변수생성부(120)에서 선택된 매개변수의 값을 적용한다.

[0055] 또한, 이 실시예는 입력부(110)가 수신하는 데이터에 경계조건(boundary condition)을 더 포함한다. 경계조건은 수치해석 모델의 미분방정식을 연산할 때 추가적으로 제한이 되는 조건을 의미한다. 예를 들어, EFDC와 같은 수계모델의 경계조건은 상류 및 하류의 수위, 유량, 수질 등이 될 수 있다. 경계조건은 시계열 데이터의 형식을 가진다. 도 7은 qser.inp 파일의 조회 내용 중 일부를 나타낸 것이며, 붉은색 박스 영역은 경계조건의 시계열 데이터이다. 적용부(140)는 qser.inp 파일에 기록된 기존 시계열 데이터를 경계조건의 시계열 데이터로 정정하는 것으로 qser.inp 파일에 경계조건을 적용한다. 또한, 적용부(140)는 경계조건의 종류가 정정되어야 한다면 efdc.inp 파일에 라벨링된 정보와 qser.inp 파일의 시계열 데이터를 함께 정정한다.

[0056] 적용부(140)가 매트랩 모델의 입력파일에 매개변수 및 경계조건을 적용하면, 실행부(160)가 매트랩 모델을 실행시킨다.

[0057] 매트랩 모델의 실행 후 매트랩의 연산이 종료되면, 후처리부(180)가 매트랩에서 실행 결과 값을 수집한다. 이 실시예의 입력부(110)가 수신하는 데이터에는 관측 값이 더 포함된다. 모델의 오류를 연산하기 위해서는 기준이 되는 참 값이 필요하다. 수계 모델에서는 참 값으로 실제 관측 데이터를 이용한다. 실제 관측된 데이터에는 수위, 수온, 염분, 화학물질 농도 등이 있다. 이러한 실제 관측된 데이터가 관측 값이 된다.

[0058] 후처리부(180)는 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성한다. 모델 오류는 NSE, 평균 제곱근 편차(Root Mean Square Deviation, RMSD) 등을 이용하여 연산할 수 있다.

[0059] 후처리부(180)는 모델 오류 값 및 EET(Elementary Effect Test)를 이용하여 현재 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석한다. 도 8은 5개의 값을 가지는 매개변수의 각 값의 민감도를 분석한 결과를 나타낸 예시이다.

[0060] EET(Elementary Effect Test) 방법은 전체적 감도 해석(Global sensitivity analysis) 기법으로, 많은 수의 입력자료를 가지고 있는 모델 또는 계산 과정이 복잡한 모델에서 민감도를 분석하는데 활용된다.

[0061] 매개변수의 값이 모델의 실행 결과 값에 큰 영향을 줄수록 mean(EE) 값이 크게 나타난다. 또한, 다른 매개변수와의 조합에 따라 현재 매개변수가 모델에 미치는 영향의 차이가 클수록 std(EE) 값이 크게 나타난다.

[0062] 후처리부(180)가 EET를 이용하여 매개변수의 민감도를 연산하는 방법은 수학식1과 같다.

[0063] [수학식 1]

[0064] $$EE_s = \frac{[Y(X_1, X_2, \ldots, X_{i-1}, X_i + \Delta, \ldots X_k) - Y(X_1, X_2, \ldots, X_k)]}{\Delta}$$

[0065] 이때, EE(elementary effect)는 민감도를 보여주는 인덱스이다. X는 모델에 적용된 매개변수이다. Y는 모델의 값이다. 모델 오류 값은 실행결과 값에서 참 값을 차감한 값이므로 모델의 값에는 실행결과 값과 모델 오류 값이 모두 활용될 수 있다. i는 민감도를 분석하려는 매개변수의 인덱스(index), k는 모델에 적용된 매개별수의 총 개수, Δ는 민감도 분석을 위해 변화시킨 매개변수 값의 증감(increment)이다. 예를 들어, 모델에 적용된 매개변수, a, b, c가 있는 것으로 가정할 때, X_1=a, X_2=b, X_3=c가 된다. 이 중 민감도를 분석하려는 매개변수가 b인 경우 i는 2가 된다. 매개변수가 총 3개이므로, k=3이 된다. b=2일 때 모델을 실행한 결과와, b=3일 때 모델을 실행한 결과를 비교하면 b에 대한 민감도를 분석할 수 있고, 이때의 Δ는 1이 된다(2→3).

[0066] 도 9는 EET를 이용하여 매개변수의 민감도를 분석한 결과를 나타낸 예시 그래프이다. 이 예시 그래프에서는 매개변수 중 AHO 요소의 민감도가 가장 높은 것으로 나타나고 있다.

[0067] 후처리부(180)는 매트랩 모델의 실행 결과, 모델 오류 및 매개변수의 민감도를 이용하여 그래프를 생성한다.

[0068] 도 10은 매트랩에서 EFDC 모델이 실행되어 수계 내 물질 및 유체 거동의 결과 값이 획득되고, 그것을 이용하여 지도에 맵핑(mapping)된 그림이다.

[0069] 도 11은 다른 실시예로서, 매트랩의 화학사고 시뮬레이션 모델에서 경계조건을 화재, 누출, 폭발 시나리오로 자동 수정하여, 각 사고 별로 수계 내 톨루엔의 농도 변화를 그래프로 나타낸 도면이다.

[0070] 이어서, 본 발명의 실시예에 따른 매트랩 모델링 자동화 방법을 설명한다.

[0071] 도 12를 참조하면, 이 실시예는 입력부(110)가 변수 생성에 이용되는 데이터를 수신하는 단계(S110), 변수생성부(120)가 입력부(110)에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계(S122, S126), 적용부(140)가 변수생성부(120)에서 선택된 매개변수를 매트랩 모델의 입력파일에 적용하는 단계(S140), 실행부(160)가 매트랩 모델을 실행시키는 단계(S160), 후처리부(180)가 실행부(160)가 실행시킨 매트랩 모델의 실행 결과 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하는 단계(S184), 변수생성부(120)가 상기 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는지 확인하는 단계(S192)를 포함한다.

[0072] 만약, 모델 오류가 기 설정된 기준을 만족하는지 못하면, 변수생성부(120)가 복수의 매개변수 중 매트랩 모델에 적용될 다른 매개변수를 선택(S126)한다. 변수생성부(120)가 다른 매개변수를 선택하면, 다시 S140 단계부터 순차적으로 실행된다.

[0073] 모델 오류가 기 설정된 기준을 만족하면, 변수생성부(120)가 매트랩 모델에 적용된 매개변수가 최적의 매개변수인 것으로 판단한다(S194).

[0074] 매트랩 모델이 EFDC이면, 입력파일은 efdc.inp 파일 및 qser.inp 파일을 포함한다.

[0075] 또한, S110 단계에서 수신되는 데이터에는 경계조건(boundary condition)이 포함된다. 이때, S140 단계는 경계조건을 qser.inp 파일에 적용한다.

[0076] 변수생성부(120)가 상기 입력부(110)에서 수신된 데이터를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하고, 매트랩 모델에 적용될 하나의 매개변수를 선택하는 단계는, LH-OAT를 이용하여 복수의 매개변수를 생성하는 단계(S122)와, 패턴서치 알고리즘을 이용하여 복수의 매개변수 중 하나의 매개변수를 선택하는 단계(S126)로 구성된다. S126 단계는 모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하지 못할 때 복수의 매개변수 중 다른 매개변수를 선택한다.

[0077] 또한, S110 단계에서 수신되는 데이터에는 관측 값이 포함된다. 이때, S184 단계는 매트랩 모델의 실행 결과 값 및 상기 관측 값을 이용하여 모델 오류 값을 생성하게 된다.

[0078] 또한, 이 실시예는 S184 단계 후, 후처리부(180)가 모델 오류 값 및 EET를 이용하여 매트랩 모델에 적용된 매개변수의 민감도를 분석하는 단계(S186)를 더 포함한다.

[0079] 또한, 이 실시예는 S186 단계 후, 후처리부(180)가 매트랩 모델의 실행 결과 값, 모델 오류 값 및 배열의 민감도를 이용하여 그래프를 생성하는 단계를 더 포함한다.

[0080] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 다음 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

부호의 설명

[0081] 10 : 매트랩 100 : 매트랩 모델링 자동화 장치

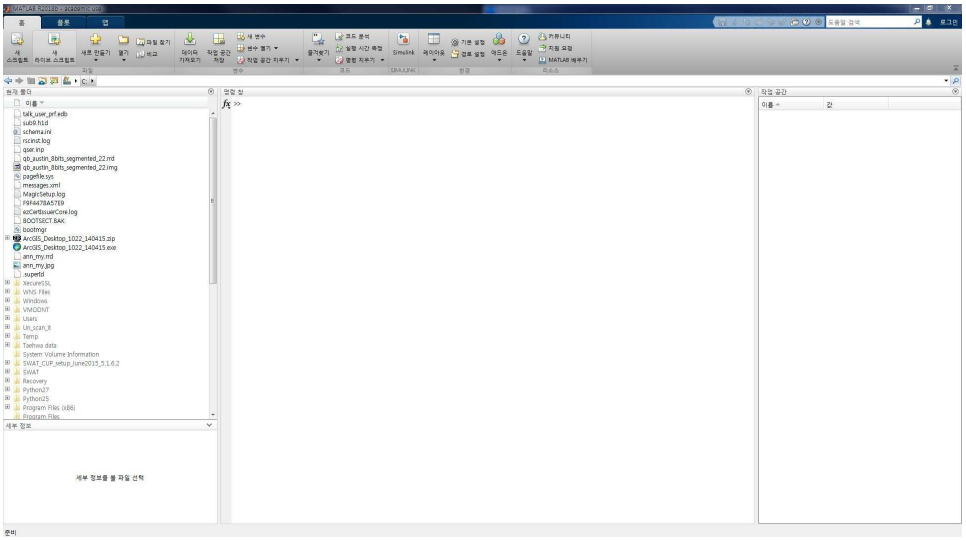
110 : 입력부 120 : 변수생성부

140 : 적용부 160 : 실행부

180 : 후처리부

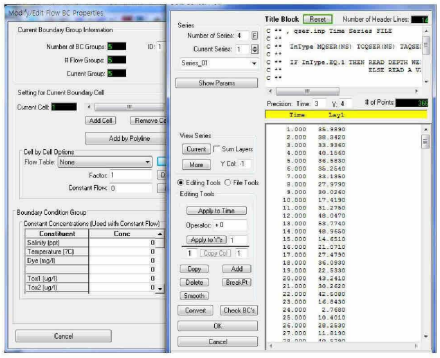
도면

도면1

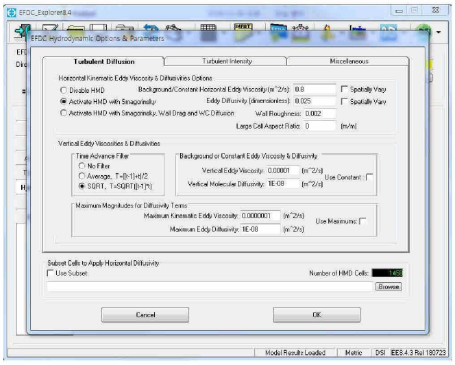


도면2

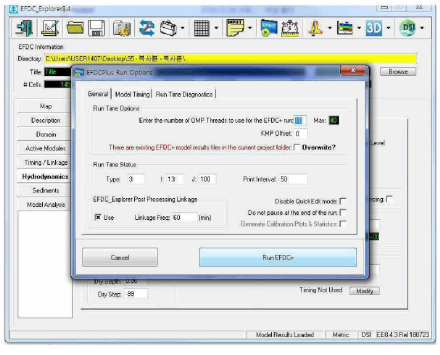
(1) 경계조건 추가



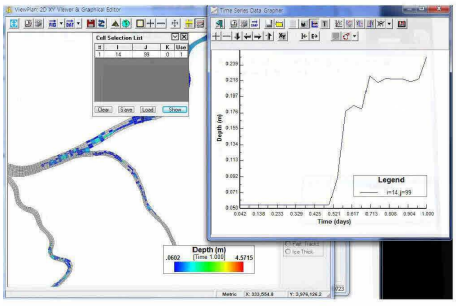
(2) 매개변수 보정



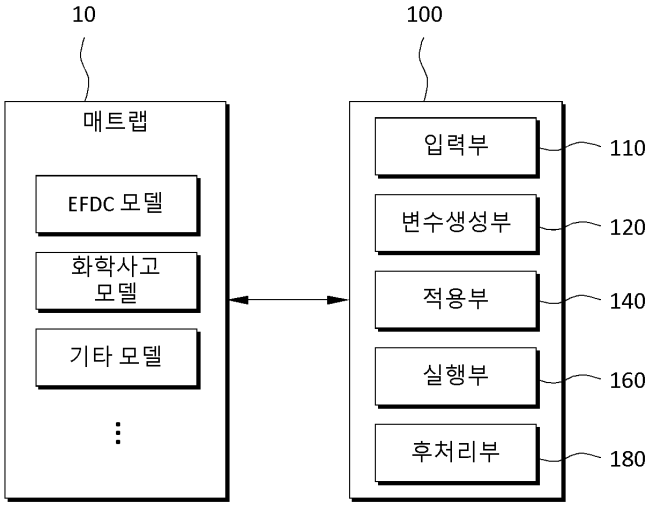
(3) 모델 실행



(4) 출력(Output) 확인 및 그래프 생성



도면3



도면4

변수 - oat(1, 1)

oat(1, 1)

oat(1, 1)

	1	2	3	4	5
1	0.1052	0.7640	0.4536	0.9122	0.3459
2	0.0992	0.7640	0.4536	0.9122	0.3459
3	0.1052	0.3800	0.4536	0.9122	0.3459
4	0.1052	0.7640	0.4763	0.9122	0.3459
5	0.1052	0.7640	0.4536	0.2568	0.3459
6	0.1052	0.7640	0.4536	0.9122	0.6334
7	0.0383	0.2810	0.1971	0.4166	0.6673
8	0.1755	0.2810	0.1971	0.4166	0.6673
9	0.0383	0.1655	0.1971	0.4166	0.6673
10	0.0383	0.2810	0.6319	0.4166	0.6673
11	0.0383	0.2810	0.1971	0.9796	0.6673
12	0.0383	0.2810	0.1971	0.4166	0.7097
13	0.1338	0.1828	0.0087	0.1651	0.7037
14	0.0305	0.1828	0.0087	0.1651	0.7037

도면5

```
명령 창
rsr = 1.183

mse = 574.027
parameter
    0.0008    78.8000    0.1500    2.8900    0.0150


rsr = 1.183

mse = 574.027
parameter
    0.2508    78.8000    0.1500    3.1400    0.0150

    3        18         1.18263          0.125      Refine Mesh
```

도면6

```
1173 ------------------------------------------------------------------------------
1174 C43D TOXIC BULK DECAY AND BIODEGRADATION PARAMETERS
1175 *
1176 *        NTOXN: TOXIC CONTAMINANT NUMBER ID
1177 *   TOX_BLK_KW: BULK DECAY RATE IN THE WATER COLUMN  (1/SECOND)
1178 *   TOX_BLK_KB: BULK DECAY RATE IN THE SEDIMENT BED  (1/SECOND)
1179 *  TOX_BLK_MXD: MAXIMUM DEPTH OF BULK DECAY IN THE SEDIMENT BED  (METERS)
1180 *   TOX_BIO_KW: BIODEGRADATION RATE IN THE WATER COLUMN  (1/SECOND)
1181 *   TOX_BIO_KB: BIODEGRADATION RATE IN THE SEDIMENT BED  (1/SECOND)
1182 *  TOX_BIO_MXD: MAXIMUM DEPTH OF BIODEGRADATION IN THE SEDIMENT BED  (METERS)
1183 * TOX_BIO_Q10W: Q10 TEMPERATURE ADJUSTMENT COEFFICIENT FOR WATER COLUMN
1184 *               BIODEGRADATION  (dimensionless)
1185 * TOX_BIO_Q10B: Q10 TEMPERATURE ADJUSTMENT COEFFICIENT FOR SEDIMENT BED
1186 *               BIODEGRADATION  (dimensionless)
1187 *   TOX_BIO_TW: REFERENCE TEMPERATURE FOR BIODEGRADATION IN WATER COLUMN (DEG C)
1188 *                 COEFF = TOX_BIO_KW(NT)*TOX_BIO_Q10W(NT)^((TEM(L,K)-TOX_BIO_TB(NT))/10)
1189 *   TOX_BIO_TB: REFERENCE TEMPERATURE FOR BIODEGRADATION IN SEDIMENT BED (DEG C)
1190 *                 COEFF = TOX_BIO_KB(NT)*TOX_BIO_Q10B(NT)^((TEMB(L)-TOX_BIO_TB(NT))/10)
1191 *
1192 C43D  NTOXN  BLK_KW  BLK_KB BLK_MXD  BIO_KW  BIO_KB BIO_MXD    Q10W    Q10B  BIO_TW  BIO_TW  COMMENTS
1193         1 5.16204E-05       0     100 2.00563E-06       0       1     1.5     1.5      20      20 ! toluene
1194 ------------------------------------------------------------------------------
1195 C43E TOXIC VOLATILIZATION PARAMETERS
1196 *
1197 *         NTOXN: TOXIC CONTAMINANT NUMBER ID
1198 *        TOX_MW: MOLECULAR WEIGHT                              (G/MOLE)
1199 *        TOX_HE: HENRY'S LAW COEFFICIENT FOR THE TOXIC     (ATM-M3/MOLE)
1200 * TOX_KV_TCOEFF: MASS TRANSFER TEMPERATURE COEFFICIENT  (DIMENSIONLESS)
1201 *                 TOX_KV_TCOEFF**(TEM(L,KC)-20)
1202 *       TOX_ATM: ATMOSPHERIC CONCENTRATION OF TOXIC          (micro G/L)
1203 *   TOX_VOL_ADJ: ADJUSTMENT FACTOR                        (DIMENSIONLESS)
1204 *
1205 C43E  NTOXN  TOX_MW  TOX_HE  TCOEFF     ATM VOL_ADJ  COMMENTS
1206         1   92.14  .00664   1.069      11       1  ! toluene
1207 ------------------------------------------------------------------------------
```

도면7

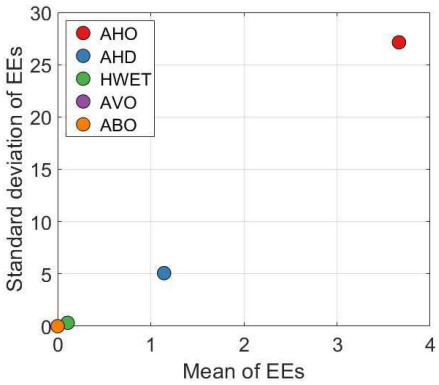
```
qser.inp
파일(F) 편집(E) 찾기(S) 매크로(M) 프로젝트(P) 도구(T) 보기(V) 창(W) 도움말(H)
        0         10        20        30        40        50        60
1119            1       13    86400        0       1       0       0 !  toxic
1120 1
1121       1.000   12.5000
1122       1.021   12.5000
1123       1.042   12.5000
1124       1.063   12.5000
1125       1.083   12.5000
1126       1.104   12.5000
1127       1.125   12.5000
1128       1.146   12.5000
1129       1.167    0.0000
1130       1.188    0.0000
1131       1.208    0.0000
1132       2.000    0.0000
1133      10.000    0.0000
1134 [EOF]
```

도면8

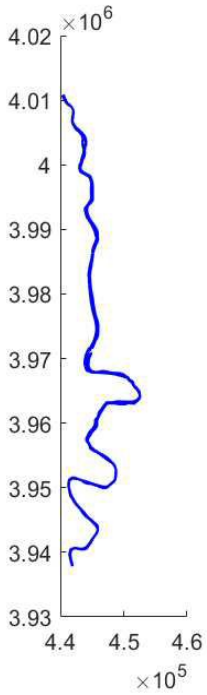
명령 창

	mean(EE)	std(EE)
X1:	0.107	0.321
X2:	3.665	27.134
X3:	1.143	5.071
X4:	0.000	0.000
X5:	0.000	0.000

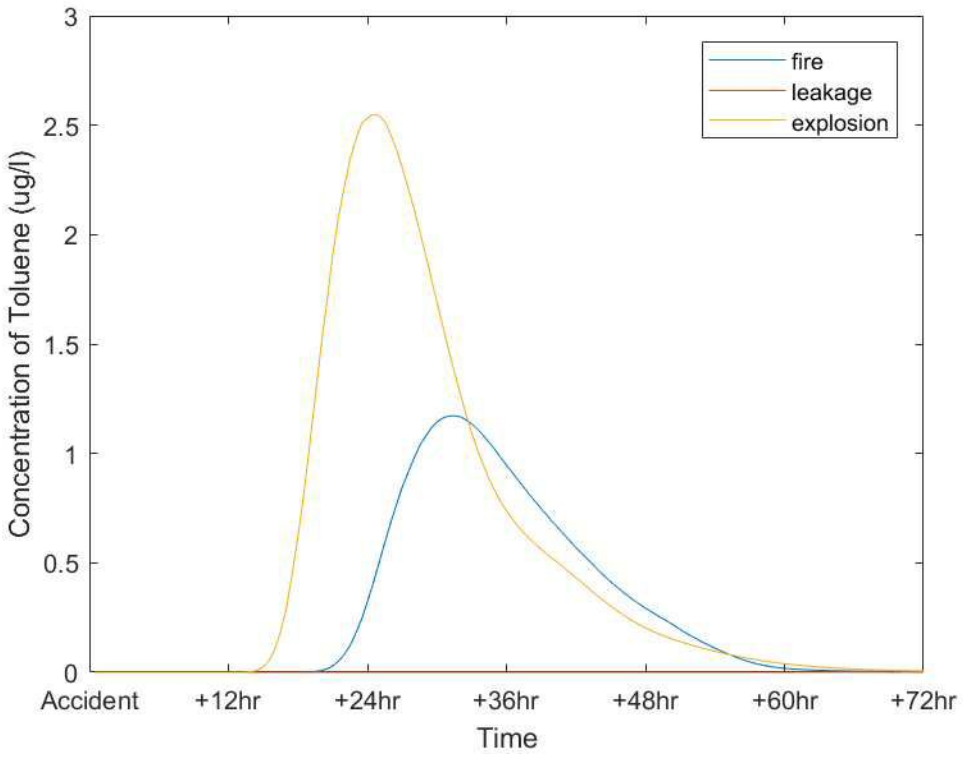
도면9



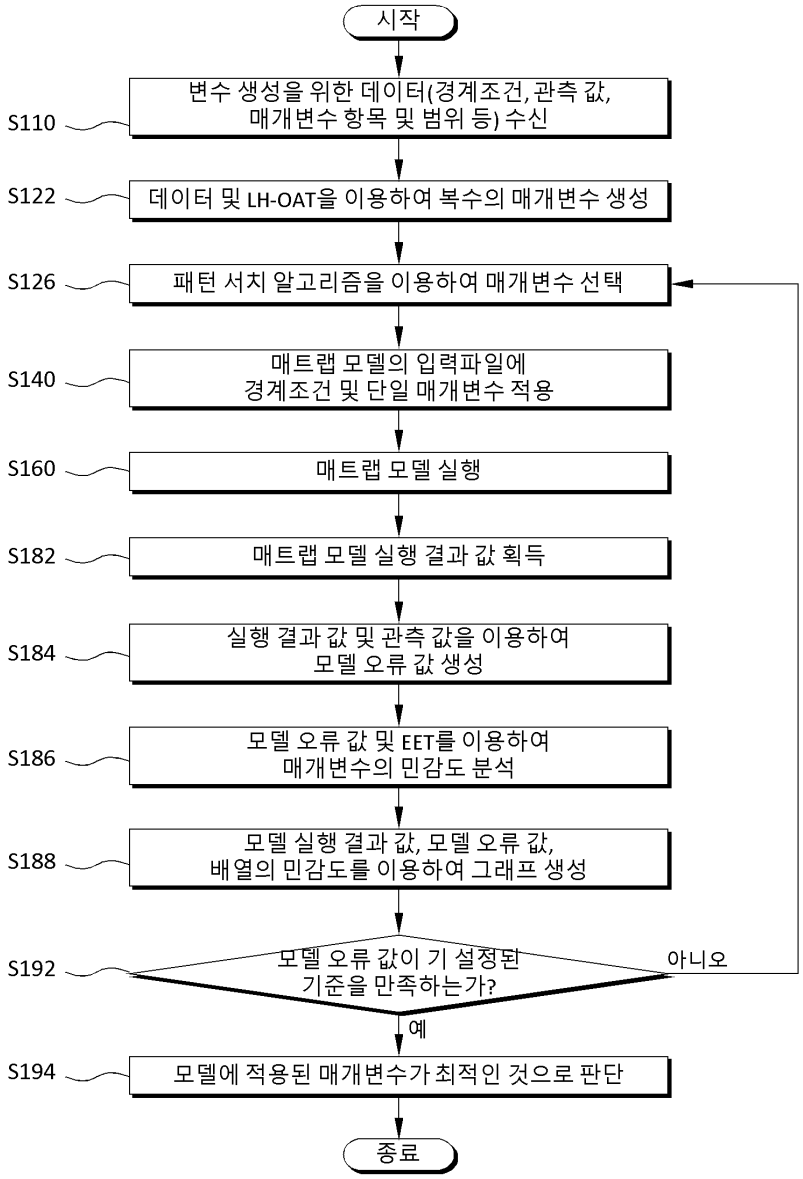
도면10



도면11


fire
leakage
explosion
Concentration of Toluene (ug/l)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Accident
+12hr
+24hr
+36hr
+48hr
+60hr
+72hr
Time

도면12


시작
S110
변수 생성을 위한 데이터(경계조건, 관측 값, 매개변수 항목 및 범위 등) 수신
S122
데이터 및 LH-OAT을 이용하여 복수의 매개변수 생성
S126
패턴 서치 알고리즘을 이용하여 매개변수 선택
S140
매트랩 모델의 입력파일에 경계조건 및 단일 매개변수 적용
S160
매트랩 모델 실행
S182
매트랩 모델 실행 결과 값 획득
S184
실행 결과 값 및 관측 값을 이용하여 모델 오류 값 생성
S186
모델 오류 값 및 EET를 이용하여 매개변수의 민감도 분석
S188
모델 실행 결과 값, 모델 오류 값, 배열의 민감도를 이용하여 그래프 생성
S192
모델 오류 값이 기 설정된 기준을 만족하는가?
아니오
예
S194
모델에 적용된 매개변수가 최적인 것으로 판단
종료