



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0142842
(43) 공개일자 2021년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 10/04 (2012.01) G06N 3/08 (2006.01)
G06Q 10/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 10/04 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0059524
(22) 출원일자 2020년05월19일
심사청구일자 2020년05월19일

(71) 출원인
동아대학교 산학협력단
부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 내 (하단동)
(72) 발명자
정지현
부산광역시 기장군 철마면 이곡길 103
권순일
부산광역시 사하구 하신번영로 400, 116동 1704호
한동권
부산광역시 북구 금곡대로 268, 306동 1604호
(74) 대리인
곽철근

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치 및 방법

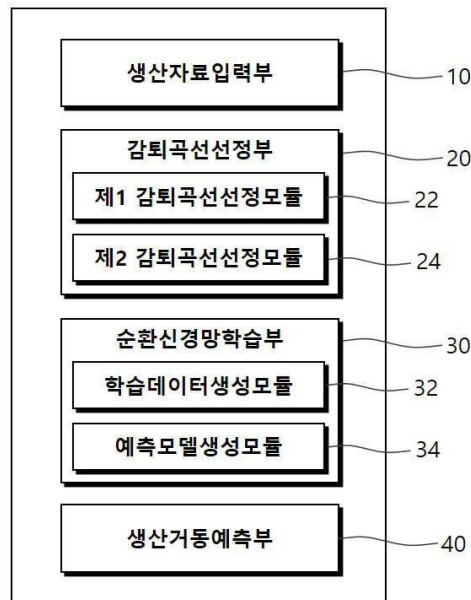
(57) 요약

본 발명은 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 인공신경망의 일종인 순환신경망을 이용하여 저류층 물성에 대한 정보가 부족하거나 동일한 필드내 시추된 다른 유정들의 생산이 저류층 전체에 영향을 미치는 전통 유가스전에 대한 생산거동을 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

100



본 발명에 따르면, 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입력부; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정부; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습부; 및 상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측부;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치를 제공할 수 있으며, 생산자료입력부를 통해 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입력단계; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 감퇴곡선선정부가 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정단계; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망학습부가 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습단계; 및 상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 생산거동예측부가 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측단계;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법을 제공할 수 있다

(52) CPC특허분류

G06Q 10/06 (2020.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415166705
과제번호	1415166705
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원(과제관리기관-한국에너지기술평가원)
연구사업명	자원개발기술개발(R&D)
연구과제명	중소형 육상 유가스전을 위한 디지털오일필드 시스템 구축 및 사업화기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	에너지홀딩스그룹(주)
연구기간	2017.05.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입력부;

상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정부;

상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습부; 및

상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측부;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생산자료는,

시간에 따른 생산량 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 감퇴곡선선정부는,

상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제1 감퇴곡선선정모듈과,

상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제2 감퇴곡선선정모듈을 구비하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 순환신경망학습부는,

상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터를 생성하는 학습데이터생성모듈과,

상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 예측모델생성모듈을 구비하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 순환신경망은,

LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망인 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 6

생산자료입력부를 통해 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입

력단계;

상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 감퇴곡선선정부가 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정단계;

상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망학습부가 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습단계; 및

상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 생산거동예측부가 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측단계;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 생산자료는,

시간에 따른 생산량 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 감퇴곡선선정단계는,

상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제1 감퇴곡선선정단계와,

상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제2 감퇴곡선선정단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 순환신경망학습단계는,

상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터를 생성하는 학습데이터생성단계와,

상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 예측모델생성단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 순환신경망은,

LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망인 것을 특징으로 하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 인공지능망의 일종인 순환신경망을 이용하여 저류층 물성에 대한 정보가 부족하거나 동일한 필드내 시추된 다른 유정들의 생산이 저류층 전체에 영향을 미치는 전통 유가스전에 대한 생산거동을 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

유가스전의 생산성 예측은 생산계획 수립에 중요한 자료로 활용되며, 유가스전 생산정의 생산성을 분석하는 방

법으로는 체적법(Volumetric Calculation Method), 유추법(Analogy Method), 물질수지평형법(Material Balance Method), 저류층 시뮬레이션법(Reservoir Simulation Method), 생산감퇴곡선법(Dcline Curve Analysis Method) 등이 있다.

- [0003] 체적법과 유추법은 탐사단계에서 원시부존량의 산정에 활용되는 기법들로, 입력변수로 지질자료 및 물리검층(Geophysical Logging) 자료가 필요한 반면, 물질수지평형법과 저류층 시뮬레이션법은 원시부존량 계산과 더불어 생산이력 검증 및 미래 유전 운영 최적화 등 광범위한 분야에 활용이 가능하며, 코어분석(Core Analysis), 물리검층, 공저압(Bottom Hole Pressure, BHP), 유정시험(Well Testing) 자료 등의 다양한 입력변수가 요구된다.
- [0004] 그러나, 코어분석, 물리검층, 공저압, 유정시험 등의 자료가 충분히 확보되지 않은 상황에서는 체적법, 유추법, 물질수지평형법 및 저류층 시뮬레이션법의 적용이 어려우므로 이러한 경우에는 과거 생산자료를 이용하여 미래 생산성을 예측하는 기법인 생산감퇴곡선법이 이용된다.
- [0005] 주지된 바와 같이, 오일 내지 가스의 생산량은 생산이 진행됨에 따라 저류층 압력 감소 혹은 유체의 생산비의 변화에 기인하여 시간의 함수로 감소하기 때문에, 생산감퇴곡선법은 생산량, 시간, 누적생산량 등의 변수로 이루어진 방정식의 계수를 조정하여 실제 생산감퇴 추이에 대응하는 생산감퇴곡선식을 선정하고, 이를 생산감퇴곡선 도시함으로써, 이를 근거로 미래 생산거동을 유사하게 예측하며, 더 나아가 궁극가채량(Estimated ultimate recovery; EUR)을 도출할 수 있는 것이다.
- [0006] 생산감퇴곡선법은 다른 생산성 분석 기법에 비하여 입력변수가 적으며, 생산자료를 통해 쉽게 미래 생산거동을 예측할 수 있다는 점에서 저비용, 고효율 기법이라 볼 수 있으나, 실제 생산자료를 곡선식에 맞춰 수학적 관계를 나타내는 것이므로 생산 운영조건이 변해 생산거동이 바뀌거나 저류층 조건에 따른 생산거동의 변화가 심할 경우, 미래의 생산거동이 과소예측 혹은 과대예측되는 문제점이 있다.
- [0007] 이를 해결하기 위하여, 최근에는, 미국공개특허 US2014/0297235호(PRODUCTION ANALYSIS AND/OR FORECASTING METHODS, APPARATUS, AND SYSTEMS)에 공지된 바와 같이, 딥러닝(Deep learning)을 포함한 머신러닝(Machine learning) 기반으로 하여 생산감퇴곡선법을 이용한 생산성 및 생산거동 예측에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0008] 여기서, 머신러닝은 대상이 되는 시스템의 작동원리를 이론적 또는 수치해석적으로 분석하는 대신 시스템에 입력되거나 출력되는 자료들 사이의 상호관계를 파악하여 분석하는 방법이며, 머신러닝의 일종인 딥러닝은 다층구조 형태의 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN)을 기반으로 스스로 입력자료를 학습하고, 학습된 정보를 기반으로 새로운 입력자료에 대하여 스스로 추론하는 기법을 의미한다.
- [0009] 따라서, 딥러닝을 기반으로 하여 생산감퇴곡선법을 이용한 생산성 및 생산거동 예측에 있어서는 유사 광구의 생산이력을 학습데이터로 사용할 수 있다.
- [0010] 그러나, 중소형의 전통적인 유가스전의 경우, 각 유정의 생산이 저류층 전체에 영향을 미치기 때문에 생산량이 매우 불규칙한 양상을 나타내는 경우가 다수이므로 이러한 생산자료를 머신러닝의 학습데이터로 사용하면 과적합 상태로 학습될 수 있다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 미국공개특허공보 US2014/0297235(2014.10.02.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 시계열 데이터 분석에서 우수한 성능을 가진 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN)을 이용하여 필드 전체의 생산이력을 학습데이터로 활용함으로써, 저류층 물성에 대한 정보가 부족하거나 동일한 필드내 시추된 다른 유정들의 생산이 저류층 전체에 영향을 미치는 중소형의 전통 유가스전에 대한 미래의 생산거동을 보다 정확하고 효과적으로 예측할 수 있는 순

환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위해서, 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입력부; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정부; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습부; 및 상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측부;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치를 제공할 수 있다.

[0015] 이때, 상기 생산자료는, 시간에 따른 생산량 데이터를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 감퇴곡선선정부는, 상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제1 감퇴곡선선정모듈과, 상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제2 감퇴곡선선정모듈을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 이와 더불어, 상기 순환신경망학습부는, 상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터를 생성하는 학습데이터생성모듈과, 상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 예측모델생성모듈을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 한편, 상기 순환신경망은, LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망인 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위해서, 생산자료입력부를 통해 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 생산자료입력단계; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료를 기초로 감퇴곡선선정부가 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정하는 감퇴곡선선정단계; 상기 생산자료입력부로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망학습부가 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 순환신경망학습단계; 및 상기 순환신경망학습부에 의해 생성된 상기 예측모델을 이용하여 생산거동예측부가 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 생산거동예측단계;를 포함하는 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법을 제공할 수 있다.

[0020] 이때, 상기 생산자료는, 시간에 따른 생산량 데이터를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 감퇴곡선선정단계는, 상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제1 감퇴곡선선정단계와, 상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 제2 감퇴곡선선정단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 게다가, 상기 순환신경망학습단계는, 상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터를 생성하는 학습데이터생성단계와, 상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성하는 예측모델생성단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 이와 더불어, 상기 순환신경망은, LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명은 시계열 데이터 분석에서 우수한 성능을 가진 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN)을 이용하여 필드 전체의 생산인력을 학습데이터로 활용함으로써, 저류층 물성에 대한 정보가 부족하거나 동일한 필드내 시추된 다른 유정들의 생산이 저류층 전체에 영향을 미치는 중소형의 전통 유가스전에 대한 미래의 생산거동을 보다 정확하고 효과적으로 예측할 수 있다는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치의 구성도.
 도 2는 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법의 흐름도.
 도 3은 도 2에 도시된 감퇴곡선선정단계의 상세흐름도.
 도 4는 도 2에 도시된 순환신경망학습단계의 상세흐름도.
 도 5는 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법의 실시예 및 학습데이터의 조합을 달리한 비교예들을 통해 예측된 생산거동을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0027] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0028] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며, 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0029] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0031] 도 1은 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치의 구성도이다.
- [0032] 도 1에 도시된 바와 같이, 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치(100)는, 크게 생산자료입력부(10), 감퇴곡선선정부(20), 순환신경망학습부(30) 및 생산거동예측부(40)를 포함한다.
- [0033] 상기 생산자료입력부(10)는 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는 역할을 하며, 여기서, 상기 생산자료는 시간에 따른 생산량 데이터를 포함한다.
- [0034] 상기 감퇴곡선선정부(20)는 상기 생산자료입력부(10)를 통해 입력된 상기 생산자료를 기초로 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 선정한다.
- [0035] 구체적으로는 상기 감퇴곡선선정부(20)가 제1 감퇴곡선선정모듈(22)과 제2 감퇴곡선선정모듈(24)을 구비하며, 상기 제1 감퇴곡선선정모듈(22)은 상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 상기 생산감퇴곡선을 선정하는 반면, 상기 제2 감퇴곡선선정모듈(24)은 상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 상기 생산감퇴곡선을 선정한다.
- [0036] 이때, 상기 총생산자료는 상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료 중 시간에 따른 생산량 데이터를 가공한 것이다.
- [0037] 다음으로, 상기 순환신경망학습부(30)는 상기 생산자료입력부(10)로부터 입력된 상기 생산자료와 상기 감퇴곡선선정부(20)로부터 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 이용하여 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN)을 학습시키고, 예측모델을 생성하는 역할을 한다.
- [0038] 구체적으로 살펴보면, 상기 순환신경망학습부(30)는 학습데이터생성모듈(32)과 예측모델생성모듈(34)을 구비하

되, 상기 학습데이터생성모듈(32)이 상기 생산자료입력부(10)로부터 입력된 상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 제1 감퇴곡선선정모듈(22)에 의해 선정된 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 즉, 상기 제2 감퇴곡선선정모듈(24)에 의해 생성된 총생산자료 및 상기 제2 감퇴곡선선정모듈(24)에 의해 선정된 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터를 생성하며, 상기 예측모델생성모듈(34)은 상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델을 생성한다.

- [0039] 여기서, 상기 순환신경망은 주어진 바와 같이, 인공신경망(Artificial Neural Network)의 일종으로, 기준 시점(t)과 다음 시점(t+1)에 네트워크를 연결하여 구조를 가지고 있어 시계열 데이터 분석에 대한 성능이 우수하며, 저류층 물성자료, 유정완결 자료 등의 여타 변수를 고려하지 않고 시간에 따른 생산량만으로 생산거동 예측함에 있어 적합하다 볼 수 있다.
- [0040] 그러나, 전통적인 순환신경망은 학습이 계속 진행됨에 따라, 장기 의존성(Long-Term Dependency)의 문제 즉, 앞에서 입력된 정보가 학습에 미치는 영향이 점점 감소하다가 결국에는 기울기값이 소실되는 문제(Vanishing Gradient Problem)로 인해 학습이 어려워지므로 본 발명의 순환신경망은 전통적인 순환신경망의 기울기값 소실 문제를 해결하기 위해 제안된 LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망을 이용하는 것이 바람직하다.
- [0041] LSTM 순환신경망은 은닉층의 메모리 셀에 입력 게이트, 망각 게이트, 출력 게이트를 추가하여 불필요한 기억을 지우고, 기억해야 할 것들을 정하는 형태이므로 비정상적인 생산자료로 인해 과적합 상태로 학습되는 것을 방지할 수 있다.
- [0042] 즉, 상기 순환신경망학습부(30)는 LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망을 이용함으로써 상기 불규칙한 양상을 보이는 과거의 생산거동으로 인해 미래 생산거동에 대한 과소 예측 혹은 과대 예측을 방지하고 상기 예측장치(100)에 대한 예측 성능 및 정확도를 높일 수 있는 것이다.
- [0043] 다음으로, 생산거동예측부(40)는 상기 순환신경망학습부(30)에 생성된 상기 예측모델을 이용하여 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 예측하는 역할을 한다.
- [0044] 이때, 상기 예측대상유정의 생산거동을 예측하기 위하여 입력변수로서 상기 생산자료입력부(10)를 통해 입력된 상기 예측대상유정의 생산자료를 이용한다.
- [0045] 도 2는 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법의 흐름도이고, 도 3은 도 2에 도시된 감퇴곡선선정단계의 상세흐름도이며, 도 4는 도 2에 도시된 순환신경망학습단계의 상세흐름도이다.
- [0046] 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법은 상기한 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 장치(100)를 이용하는 것으로, 크게 생산자료입력단계(S10), 감퇴곡선선정단계(S20), 순환신경망학습단계(S30) 및 생산거동예측단계(S40)를 포함한다.
- [0047] 먼저, 상기 생산자료입력단계(S10)는 순환신경망의 학습 및 생산거동 예측을 위한 생산자료를 입력받는 단계로, 바람직하게는 상기 생산자료입력부(10)를 통해 예측대상유정을 비롯한 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 입력받는다.
- [0048] 이때, 상기 생산자료는 시간에 따른 생산량 데이터를 포함한다.
- [0049] 상기 생산자료입력부(10)로부터 입력된 상기 생산자료는 상기 감퇴곡선선정부(20)로 보내지며, 상기 감퇴곡선선정부(20)는 상기 생산자료를 기초로 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 각각 선정한다(S20).
- [0050] 보다 상세하게는, 상기 감퇴곡선선정단계(S20)에서 상기 제1 감퇴곡선선정모듈(22)이 상기 예측대상유정의 생산자료를 기반으로 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선을 선정하고(S22), 상기 제2 감퇴곡선선정모듈(24)은 상기 필드 내 시추된 모든 유정들의 생산자료를 기초로 총생산자료를 생성하며, 상기 총생산자료를 기반으로 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 선정한다(S24).
- [0051] 상기 감퇴곡선선정단계(S20)에서 상기 감퇴곡선선정부(20)에 의해 선정된 상기 예측대상유정 및 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선은 상기 순환신경망학습단계(S30)에서 순환신경망의 학습 및 예측모델 생성에 이용된다.
- [0052] 구체적으로 살펴보면, 상기 순환신경망학습단계(S30)에서의 순환신경망의 학습 및 예측모델 생성은 상기 순환신경망학습부(30)에 의해 수행되며, 상기 학습데이터생성모듈(32)에 의해 상기 생산자료입력부(10)로부터 입력된 상기 예측대상유정의 생산자료, 상기 제1 감퇴곡선선정모듈(22)에 의해 선정된 상기 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 상기 필드 전체의 생산자료 즉, 상기 제2 감퇴곡선선정모듈(24)에 의해 생성된 총생산자료 및 상기 제2 감

퇴곡선선정모듈(24)에 의해 선정된 상기 필드 전체의 생산감퇴곡선을 포함하는 학습데이터가 생성되며(S32), 상기 예측모델생성모듈(34)에 의해 상기 학습데이터를 이용하여 상기 순환신경망을 학습시키고 예측모델이 생성된다(S34).

[0053] 이때, 상기 순환신경망은 앞서 언급한 바와 같이, 전통적인 순환신경망의 기울기값 소실 문제(Vanishing Gradient Problem)를 해결하기 위해 제안된 LSTM(Long Short-Term Memory) 순환신경망인 것이 바람직하다.

[0054] 이어서, 상기 순환신경망학습단계(S30)에서 상기 순환신경망학습부(30)에 생성된 상기 예측모델을 이용하여 상기 생산거동예측부(40)가 상기 예측대상유정에 대한 미래의 생산거동을 도출한다(S40).

[0055] 도 5는 본 발명에 따른 순환신경망을 이용한 생산거동 예측 방법의 실시예 및 학습데이터의 조합을 달리한 비교예들을 통해 예측된 생산거동을 나타낸 그래프이고, 도 5a는 제1 예측대상유정예를 대상으로 한 생산거동 예측 결과이며, 도 5b는 제2 예측대상유정을 대상으로 한 생산거동 예측 결과이며, 도 5c는 제3 예측대상유정을 대상으로 한 생산거동 예측 결과이며, 도 5d는 제4 예측대상유정을 대상으로 한 생산거동 예측 결과이다.

[0056] 도 5에 도시된 바와 같이, 4개의 예측대상유정을 대상으로 본 발명의 실시예 및 비교예 1 내지 5의 생산거동 예측 결과를 비교하였다.

[0057] 본 발명의 실시예는 예측대상유정의 생산자료, 예측대상유정의 생산감퇴곡선, 필드 전체의 총생산자료 및 총생산자료를 기반으로 선정된 필드 전체의 생산감퇴곡선을 기초로 생성된 학습데이터를 이용하여 순환신경망을 학습시켜 생산거동을 예측하였다.

[0058] 이때, 순환신경망의 고유매개변수는 시계열데이터 입력 개수가 12개이며, 망각편향이 1.0이며, 학습률이 0.001이며, dropout에서 유지할 비율이 1이고, 반복 횟수 200회로 설정하였으며, 예측 기간은 36개월로 한정하였다.

[0059] 반면, 비교예 1 내지 5는 실시예와 동일한 과정으로 생산거동을 예측하되, 학습데이터의 조합을 달리한 것으로, 구체적으로는, 비교예 1의 학습데이터는 예측대상유정의 생산자료만을 기초로 생성된 것을 이용하였으며, 비교예 2의 학습데이터는 예측대상유정의 생산자료와 예측대상유정의 생산감퇴곡선을 기초로 생성된 것을 이용하였으며, 비교예 3의 학습데이터는 필드 전체의 총생산자료를 기초로 생성된 것을 이용하였으며, 비교예 4의 학습데이터는 필드 전체의 총생산자료 및 필드 전체의 생산감퇴곡선을 기초로 생성된 것을 이용하였고, 비교예 5의 학습데이터는 예측대상유정의 생산자료 및 필드 전체의 총생산자료를 기초로 생성된 것을 이용하였다.

[0060] 이때, 비교예 1 내지 5의 순환신경망의 고유매개변수는 실시예와 동일하게 설정하였으며, 예측 기간 또한, 실시예와 동일한 36개월로 한정하였다.

[0061] 실시예 및 비교예 1 내지 5의 예측 결과를 살펴보면, 비교예 1의 경우, 제1 내지 제3 예측대상유정에서 생산거동이 감퇴의 경향에서 벗어나 오히려 증가하는 양상을 보였으며, 비교예 2의 경우, 비교예 1보다 감퇴 경향이 확실하게 나타나지만 제1 예측대상유정과 제4 예측대상유정에 대하여 타당하지 않은 결과가 도출되었다.

[0062] 또한, 비교예 3 및 4의 경우에는 필드 전체의 생산거동만 고려되어 예측대상유정의 경향이 반영되지 않았으며, 비교예 5의 경우, 전체적으로 감퇴하는 추이를 보이나 일부 예측대상유정에서 예측모델이 과적합 상태로 학습된 것으로 추정된다.

[0063] 이와 달리, 본 발명의 실시예의 경우, 전체적으로 감퇴경향을 나타내며, 비정상적인 생산량 저하 경향이 감소되어 미래의 생산거동 예측에 있어 우수한 성능을 보여주었다.

[0064] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해되어야 한다.

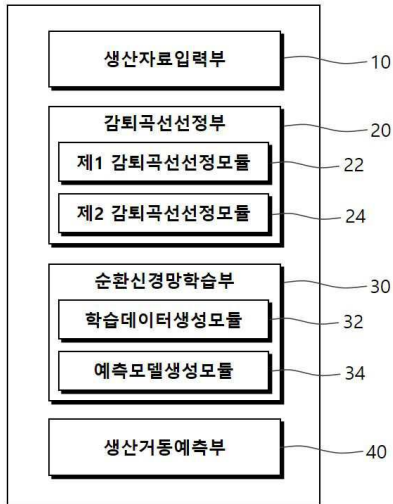
부호의 설명

- [0065] 10: 생산자료입력부
20: 감퇴곡선선정부
30: 순환신경망학습부
40: 생산거동예측부

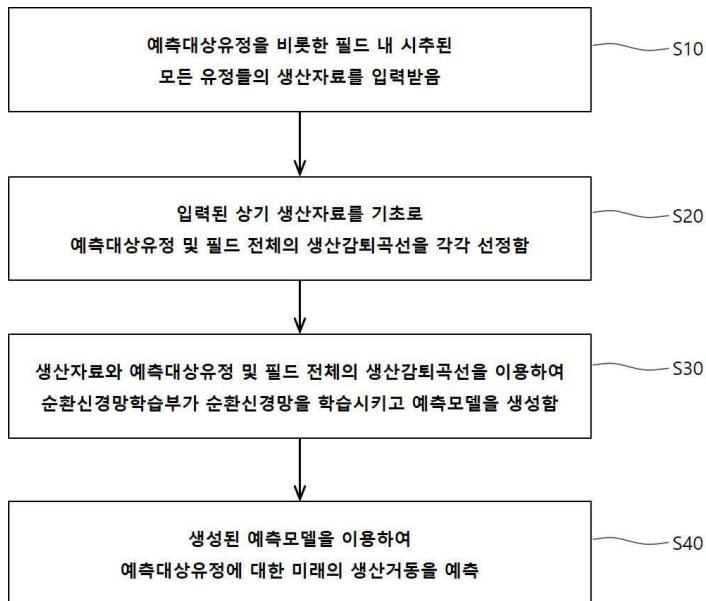
도면

도면1

100

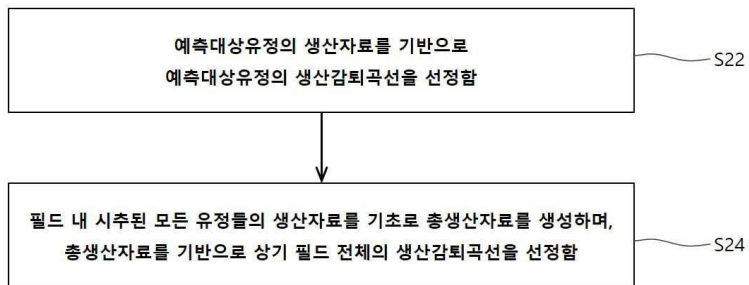


도면2



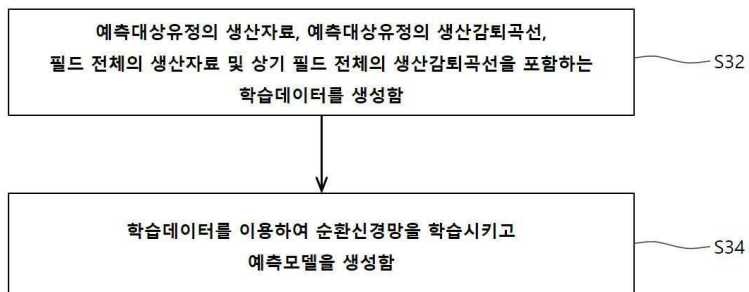
도면3

S20



도면4

S30



도면5

