



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0071289
(43) 공개일자 2019년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 10/06 (2012.01) G06F 17/18 (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 10/0637 (2013.01)
G06F 17/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0172210
(22) 출원일자 2017년12월14일
심사청구일자 2017년12월14일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
신현돈
서울특별시 양천구 목동서로 340, 930동 103호(신정동, 목동신시가지아파트9단지)
웅웬레벳
인천광역시 남구 한나루로463번길 68, 103호(용현동)
김가람
인천광역시 남구 한나루로463번길 42-1, 201호(용현동)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

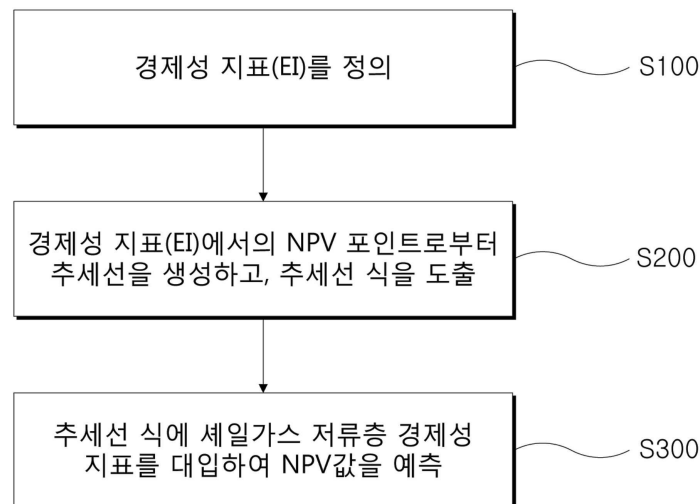
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 세일 플레이의 경제성 평가방법

(57) 요약

본 발명은 세일 플레이의 경제성 평가방법에 관한 것으로, (a) 세일가스 저류층의 경제성에 영향을 미치는 변수 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



들을 조합하여 경제성 지표(EI; economic indicator)를

$$EI = P^{a_1} \times H^{a_2} \times \phi^{a_3} \times k^{a_4} \times S_{gi}^{a_5} \times G_s^{a_6} \times \frac{X_f^{a_7}}{Spacing_{hf}^{a_8}}$$

로 정의하는 단계; (b) 상기 경제성 지표에 대한 30년에서의 현재가치 값을 상기 변수들의 특정 값에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값을 이용하여 그래프에 복수 개의 포인트들로 표현하고, 상기 복수 개의 포인트들로부터 추세선을 형성하여 상기 추세선으로부터 $y=0.0017x-6.2368$ 를 추세선 식으로 도출하는 단계; 그리고, (c) 상기 추세선 식에 상기 경제성 지표를 대입하여 셰일가스 저류층에 대한 경제성을 예측하는 단계;를 포함하여 이루어진다. 이로 인해, 셰일 플레이의 경제성 평가와 관련 있는 지표들로부터 생성된 현재가치 산출식을 이용하여, 셰일 플레이의 경제성을 효율적으로 예측할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415153036

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지국체공동연구(예특)

연구과제명 서캐나다 분지 내 주요 셰일가스 플레이 평가기법 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2017.07.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 셰일가스 저류층의 경제성에 영향을 미치는 변수들을 조합하여 경제성 지표(EI; economic indicator)를 하기의 식 1-1로 정의하는 단계;
- (b) 상기 경제성 지표에 대한 30년에서의 현재가치 값을 상기 변수들의 특정 값에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값을 이용하여 그래프에 복수 개의 포인트들로 표현하고, 상기 복수 개의 포인트들로부터 추세선을 형성하여 상기 추세선으로부터 하기의 식 1-2를 추세선 식으로 도출하는 단계; 그리고,
- (c) 상기 추세선 식에 상기 경제성 지표를 대입하여 셰일가스 저류층에 대한 경제성을 예측하는 단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 셰일 플레이의 경제성 평가방법.

[식 1-1]

$$EI = P^{a_1} \times H^{a_2} \times \phi^{a_3} \times k^{a_4} \times S_{gi}^{a_5} \times G_s^{a_6} \times \frac{X_f^{a_7}}{Spacing_{hf}^{a_8}}$$

[식 1-2]

$$y = 0.0017x - 6.2368$$

(식 1-1에서, P는 저류층 압력, H는 저류층 두께, ϕ 는 암체 공극률, k는 암체 투과도, S_{gi} 는 초기 가스 포화율, G_s 는 흡착 가스량, X_f 는 균열 길이, 그리고 $Spacing_{hf}$ 는 균열 간격이고, a_1 내지 a_8 은 변수들에 대한 지수(index)로서, 0 초과 1 미만의 값이며, 식 1-2에서 y는 x에 EI 값이 대입됨에 따라 산출되는 30년에서의 현재가치 값임.)

청구항 2

제1항에 있어서,

- (a-1) 상기 (a) 단계에서, 상기 식 1-1에 형성된 상기 변수들이 특정 값일 때에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값에 부합하도록 시뮬레이션을 수행하여 상기 식 1-1에 형성된 상기 변수들에 대한 지수들을 설정하여 상기 식 1-1을 하기의 식 2-1로 표현하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 셰일 플레이의 경제성 평가방법.

[식 2-1]

$$EI = P^{0.902} \times H^{0.702} \times \phi^{0.302} \times k^{0.282} \times S_{gi}^{0.948} \times G_s^{0.156} \times \frac{X_f^{0.405}}{Spacing_{hf}^{0.383}}$$

청구항 3

제1항에 있어서,

- (b-1) 상기 (b) 단계에서 생성한 상기 식 2의 변수 x에 상기 경제성 지표를 대입하였을 때의 y 값과 상기 경제성 지표일 때의 실제 30년에서의 현재가치 값의 상관관계를 상관 계수(R^2)로 비교하여, 상기 상관 계수 값이 설정된 값 이상인 경우에만 상기 추세선 식을 셰일가스 저류층 경제성 평가에 이용하도록 하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 셰일 플레이의 경제성 평가방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

(a-2) 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 경제성 지표(EI_D)를 설정하기 위해, 상기 (a-1) 단계에서 생성한 상기 식 2-1인 상기 경제성 지표(EI)에 포함된 변수들에 각 변수들의 평균치를 나누어 하기의 식 4-1로 정의하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 셰일 플레이의 경제성 평가방법.

[식 4-1]

$$EI_{Dx} = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gl}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{X_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{hf}}{400}\right)^{0.383}}$$

청구항 5

제4항에 있어서,

(a-3) 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 가스 가격 변수가 추가된 경제성 지표(EI_D)를 설정하기 위해, 상기 (a-2) 단계에서 생성한 상기 식 4-1에 가스 가격 변수를 추가하여 하기의 식 5-1로 정의하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 셰일 플레이의 경제성 평가방법.

[식 5-1]

$$EI_D = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gl}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{X_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{hf}}{400}\right)^{0.383}} \times \left(\frac{Gas_Price}{3}\right)$$

(식 5-1에서, Gas_Price는 가스 가격임.)

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 셰일 플레이의 경제성 평가방법에 관한 것으로, 좀더 자세하게는 미국 바넷(Barnett) 지역 셰일 플레이의 경제성을 평가함에 있어서, 셰일가스 저류층 경제성 지표와 현재가치 간 관계로부터 생성한 추세선 식을 이용하여 셰일 플레이의 경제성을 평가하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 셰일가스(shale gas)는 근원암(source rock)인 동시에 저류암(reservoir rock)인 치밀한 셰일 암체에 갇혀 있는 비전통 가스로서, 수압 파쇄(hydraulic fracturing) 기법과 수평 시추 기술을 결합하여 북미 지역을 중심으로 개발 생산되는 가스 자원이다.

[0003] 이러한 셰일가스는 지질학적 퇴적 환경 특성과 저류층의 불균질성 특성으로 인해, 셰일가스의 생산량을 예측하기 어려운 한계가 있어, 셰일가스가 포함된 셰일 플레이의 셰일가스 생산량 예측기술의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제1591430(지하구조 파악방법 및 이를 이용한 셰일가스 시추방법)

비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) An Efficient Reservoir-Simulation Approach to Design and Optimize Unconventional Gas Production, 2014(Yu and Sepehrnoori)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 셰일 플레이의 경제성과 관련이 있는 지표로부터 셰일 플레이의 경제성 산출 식을 생성하고, 이를 이용하여 셰일 플레이의 경제성을 효율적으로 예측하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법은 (a) 셰일가스 저류층의 경제성에 영향을 미치는 변수들을 조합하여 경제성 지표(EI; economic indicator)를 하기의 식 1-1로 정의하는 단계; (b) 상기 경제성 지표에 대한 30년에서의 현재가치 값을 상기 변수들의 특정 값에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값을 이용하여 그래프에 복수 개의 포인트들로 표현하고, 상기 복수 개의 포인트들로부터 추세선을 형성하여 상기 추세선으로부터 하기의 식 1-2를 추세선 식으로 도출하는 단계; 그리고, (c) 상기 추세선 식에 상기 경제성 지표를 대입하여 셰일가스 저류층에 대한 경제성을 예측하는 단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0008] [식 1-1]

$$EI = P^{a_1} \times H^{a_2} \times \phi^{a_3} \times k^{a_4} \times S_{gi}^{a_5} \times G_s^{a_6} \times \frac{X_f^{a_7}}{Spacing_{hf}^{a_8}}$$

[0009]

[0010] [식 1-2]

[0011] $y = 0.0017x - 6.2368$

[0012] (식 1-1에서, P는 저류층 압력, H는 저류층 두께, ϕ 는 암체 공극률, k는 암체 투과도, S_{gi} 는 초기 가스 포화율, G_s 는 흡착 가스량, X_f 는 균열 길이, 그리고 $Spacing_{hf}$ 는 균열 간격이고, a_1 내지 a_8 은 변수들에 대한 지수(index)로서, 0 초과 1 미만의 값이며, 식 1-2에서 y는 x에 EI 값이 대입됨에 따라 산출되는 30년에서의 현재가치 값임.)

[0013] (a-1) 상기 (a) 단계에서, 상기 식 1-1에 형성된 상기 변수들이 특정 값일 때에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값에 부합하도록 시뮬레이션을 수행하여 상기 식 1-1에 형성된 상기 변수들에 대한 지수들을 설정하여 상기 식 1-1을 하기의 식 2-1로 표현하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] [식 2-1]

$$EI = P^{0.902} \times H^{0.702} \times \phi^{0.302} \times k^{0.282} \times S_{gi}^{0.948} \times G_s^{0.156} \times \frac{X_f^{0.405}}{Spacing_{hf}^{0.383}}$$

[0015]

[0016] (b-1) 상기 (b) 단계에서 생성한 상기 식 2의 변수 x에 상기 경제성 지표를 대입하였을 때의 y 값과 상기 경제성 지표일 때의 실제 30년에서의 현재가치 값의 상관관계를 상관 계수(R^2)로 비교하여, 상기 상관 계수 값이 설정된 값 이상인 경우에만 상기 추세선 식을 셰일가스 저류층 경제성 평가에 이용하도록 하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0017] (a-2) 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 경제성 지표(EI_Dx)를 설정하기 위해, 상기 (a-1) 단계에서 생성한 상기 식 2-1인 상기 경제성 지표(EI)에 포함된 변수들에 각 변수들의 평균치를 나누어 하기의 식 4-1로 정의하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0018] [식 4-1]

$$EI_{Dx} = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gi}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{X_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{hf}}{400}\right)^{0.383}}$$

[0019]

[0020] (a-3) 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 가스 가격 변수가 추가된 경제성 지표(EI_D)를 설정하기

위해, 상기 (a-2) 단계에서 생성한 상기 식 4-1에 가스 가격 변수를 추가하여 하기의 식 5-1로 정의하는 단계; 를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[식 5-1]

$$EI_D = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gl}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{K_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{hf}}{400}\right)^{0.383}} \times \left(\frac{Gas_Price}{3}\right)$$

(식 5-1에서, Gas_Price는 가스 가격임.)

발명의 효과

이러한 특징에 따르면, 셰일 플레이의 경제성 평가와 관련 있는 지표들로부터 생성된 현재가치 산출식을 이용하여, 셰일 플레이의 경제성을 효율적으로 예측할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법의 흐름을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 변수들이 셰일 플레이의 경제성에 미치는 영향을 분석한 그래프이다.

도 3a는 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 변수들의 입력값에 따른 셰일 플레이의 30년에서의 현재가치 값을 나타낸 그래프이다.

도 3b는 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 변수들의 입력값에 따른 셰일 플레이의 30년에서의 현재가치 값을 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 경제성 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 다른 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 경제성 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 또 다른 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법에서 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 가스 가격 변수를 추가한 경제성 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법을 설명한다.

본 발명의 한 실시예에 따른 셰일 플레이의 경제성 평가방법은 미국 바넷(Barnett) 지역의 셰일 플레이에서 셰일가스의 개발 착수 전에 셰일 플레이의 경제성을 평가하는 알고리즘으로서, 판독 가능한 기록매체 등에 저장되는 형태로 구현될 수 있으며, 이를 한정하지는 않는다.

먼저, 도 1을 참고로 하여 본 발명의 한 실시예에 따른 플레이의 경제성 평가방법의 흐름을 설명하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 플레이의 경제성 평가방법은 경제성 지표(EI)를 정의(S100)하는 단계, 경제성 지표(EI)에서의 NPV 포인트로부터 추세선을 생성하고, 추세선 식을 도출(S200)하는 단계, 그리고 추세선 식에 경제성 지표를 대입하여 NPV 값을 예측(S300)하는 단계를 포함한다.

이때, 경제성 지표(EI)를 정의(S100)하는 단계는 셰일가스 저류층의 경제성과 관련이 있는 변수들을 지정하고, 지정된 변수들로부터 경제성 지표(EI)를 정의한다.

[0031] 한 예에서, 셰일가스 저류층의 경제성과 관련이 있는 변수들은 압채 투과도, 저류층 두께, 균열 간격, 균열 길이, 압채 공극률, 초기 가스 포화율, 저류층 압력, 흡착 가스량, 균열 너비, 그리고 균열 투과도 중에서 적어도 하나를 포함하여 지정된다.

[0032] 이 단계(S100)에서, 복수 개의 변수들 중 적어도 하나를 포함하여 지정된 변수들이 셰일 플레이의 경제성에 미치는 영향을 도 2의 그래프와 같이 각각 분석하여, 분석 결과에 따라 변수들 중 저류층 압력, 저류층 두께, 압채 공극률, 압채 투과도, 초기 가스 포화율, 균열 길이, 균열 간격 항목을 경제성 지표(EI) 산출에 이용할 변수로 지정한다.

[0033] 도 2의 그래프는 셰일가스 저류층의 경제성과 관련이 있는 변수들 각각이 셰일 플레이의 경제성에 미치는 영향을 가로축에 퍼센트(%)로 나타내는데, 도 2의 그래프의 세로축에 기재된 변수들은 맨 위에서부터 순차적으로 압채 투과도, 저류층 두께, 균열 간격, 균열 길이, 압채 공극률, 초기 가스 포화율, 저류층 압력, 흡착 가스량, 균열 너비, 균열 투과도 순으로 경제성 지표에 영향을 준다.

[0034] 경제성 지표(EI)를 정의(S100)하는 단계는 도 2의 그래프에서 영향 값이 설정값 이상인 변수들을 곱하여 식 1과 같이 경제성 지표(EI; Economic Indicator)를 정의한다.

[0035] [식 1]

[0036]
$$EI = RQ \times CQ$$

[0037]
$$RQ = P^{a_1} \times H^{a_2} \times \phi^{a_3} \times k^{a_4} \times S_{gi}^{a_5} \times G_s^{a_6}$$

[0038]
$$CQ = \frac{X_f^{a_7}}{Spacing_{hf}^{a_8}}$$

[0039]
$$EI = P^{a_1} \times H^{a_2} \times \phi^{a_3} \times k^{a_4} \times S_{gi}^{a_5} \times G_s^{a_6} \times \frac{X_f^{a_7}}{Spacing_{hf}^{a_8}}$$

[0040] 위의 식 1에서, RQ(reservoir quality)는 저류층 특성 관련 지표이고, CQ(completion quality)는 수압파쇄 특성 관련 지표이며, P는 저류층 압력, H는 저류층 두께, ϕ 는 압채 공극률, k는 압채 투과도, S_{gi} 는 초기 가스 포화율, G_s 는 흡착 가스량, X_f 는 수압파쇄로 형성된 균열 길이, 그리고 $Spacing_{hf}$ 는 수압파쇄 균열 간격이다. 그리고, a_1 내지 a_8 은 변수들에 대해 부여되는 지수(index)로서, 0 초과 1 미만의 값으로 지정되며, 서로 다른 값으로 부여될 수 있다.

[0041] 한 예에서, a_1 내지 a_8 은 식 1의 우변에 형성된 각 변수들의 입력값으로부터 시뮬레이션되는 현재가치 값과 상관관계(R^2) 값이 설정 값 이상이 되도록 지정된다. 이때, 변수들의 입력값으로부터 현재가치 값을 산출하는 시뮬레이션은 각 변수들의 값에 따라 30년에서의 현재가치 값의 결과 데이터를 이용하여 이루어질 수 있다.

[0042] 바람직한 예에서, 각 변수들의 입력값에 따른 30년에서의 현재가치 값은 도 3a의 (a) 내지 (d)의 그래프에 각각 도시된 저류층 압력, 두께, 압채 공극률 및 압채 투과도에 따른 30년에서의 현재가치 값과, 도 3b의 (a) 내지 (d)의 그래프에 각각 도시된 및 초기 가스 포화율, 흡착 가스량, 균열 길이, 균열 간격에 따른 30년에서의 현재가치 값으로부터 도출될 수 있다.

[0043] 이때, 도 3a 및 도 3b의 각 변수들에 따른 30년에서의 현재가치 값 그래프는 도 2의 그래프를 참고로 하는 분석으로부터 산출될 그래프일 수 있고, 그래프 형태가 아닌 데이터베이스 형태를 갖는 각 변수별 30년에서의 현재가치 값 데이터로부터 구현될 수 있으며, 이를 한정하지는 않는다.

[0044] 이처럼, 도 3a 및 도 3b에 도시된 것과 같이, 각 변수들에 따른 각각의 30년에서의 현재가치 값들의 데이터가 존재함에 따라, 모든 변수들에 대한 30년에서의 현재가치 값을 시뮬레이션할 수 있다.

[0045] 그리고, 모든 변수들로부터 식 1을 통해 산출된 경제성 지표(EI)에 따른 30년에서의 현재가치 값을 시뮬레이션 으로부터 얻을 수 있는데, 이때, 경제성 지표(EI)는 위의 식 1의 우변에 형성된 모든 변수들의 각 지수들을 설정함으로써 산출된다. 한 예에서, 변수들의 지수 설정은 변수들이 특정 값일 때에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값에 부합하도록 시뮬레이션을 통해 설정되며, 본 발명의 바람직한 실시예에서 a_1 는 0.902, a_2 는 0.702, a_3 은 0.302, a_4 는 0.282, a_5 는 0.948, a_6 은 0.156, a_7 은 0.405, 그리고 a_8 은 0.383으로 설정된다.

[0046] 이와 같이 각 변수들의 지수들이 설정됨에 따라, 위의 식 1에서의 경제성 지표(EI)는 다음의 식 2와 같이 표현 된다.

[0047] [식 2]

$$EI = P^{0.902} \times H^{0.702} \times \phi^{0.302} \times k^{0.282} \times S_{gi}^{0.948} \times G_s^{0.156} \times \frac{X_f^{0.405}}{Spacing_{nf}^{0.383}}$$

[0048]

[0049] 이와 같이, 첫 번째 단계(S100)에서 식 1 및 식 2와 같이 경제성 지표(EI)를 정의함에 따라, 경제성 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값을 도 4의 그래프와 같이 복수 개의 포인트들로 나타내어 추세선을 생성하고, 추세선 식을 도출한다.

[0050] 경제성 지표(EI)에서의 30년에서의 현재가치 값(NPV; net present value) 포인트로부터 추세선을 생성하고 추세선 식을 도출(S200)하는 단계를 좀더 자세히 설명하면, 도 4의 그래프에 표시된 포인트들을 대략적으로 이어 추세선을 형성하고, 해당 추세선으로부터 아래의 식 3을 추세선 식으로 생성한다.

[0051] [식 3]

$$y=0.0017x-6.2368$$

[0053] 도 4의 그래프에서, 가로 축인 경제성 지표(EI)의 단위는 경제성 지표 산출에 이용되는 변수들의 단위들의 조합이고, 세로 축인 30년에서의 현재가치 값의 단위는 MM\$(million dollar)이다.

[0054] 그리고, 이 단계(S200)에서, 식 3의 추세선 식의 우변의 x에 경제성 지표(EI) 값을 대입하였을 때 산출되는 좌변인 y 값과, 우변의 x에 대입된 경제성 지표일 때의 실제 30년에서의 현재가치 값의 상관관계를 상관 계수(R^2)로 비교한다.

[0055] 이때, 도 4의 그래프와 같이, 추세선 식과 실제 값의 상관 계수 값이 설정 값 이상인 경우, 경제성 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값 산출을 위한 추세선 식이 셰일가스 저류층의 특성을 나타내는 변수들로부터 경제성을 판단하는 데 적절하다고 판단할 수 있다. 한 예에서, 상관 계수 값의 적절성 판단을 위한 설정 값은 0.95일 수 있고, 도 4를 참고로 하는 예에서 상관 계수(R^2)가 0.9882로 산출됨에 따라, 도 4의 그래프로부터 산출된 식 3의 추세선 식을 셰일가스 저류층의 경제성을 평가하는 데 사용하도록 한다.

[0056] 그러나, 다른 한 실시예에서, 첫 번째 단계(S100) 및 두 번째 단계(S200)는 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 경제성 지표(EI_Dx)(Dimensionless Economic Indicator)(이하, '제2 지표'로 혼용 기재함)를 다음의 식 4로 정의하고, 정의된 제2 지표(EI_Dx)에 따른 30년에서의 현재가치 값을 도 5와 같이 그래프 상에 포인트로 표현하고 이로부터 추세선을 생성하여 식 5와 같이 추세선 식을 도출하도록 수행될 수 있다.

[0057] [식 4]

$$EI_Dx = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gi}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{X_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{nf}}{400}\right)^{0.383}}$$

[0058]

[0059] 위의 식 4에서, 우변에 형성된 각 변수들을 나눈 분모들은 각 변수들의 평균값이다.

[0060] 이때, 식 4의 우변에 형성된 각 변수들에 특정 값을 대입하여 좌변인 제2 지표(EI_Dx)의 값을 산출하고, 각 변수들의 특정 입력 값일 때에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값을 도 5의 그래프에 포인트들로 표현하며, 포인트들로부터 생성된 추세선은 다음의 식 5와 같이 추세선 식으로 나타낼 수 있다.

[0061] [식 5]

[0062] $y=7.9175x-6.2368$

[0063] 도 5의 그래프에서, 가로 축은 제2 지표이고, 단위는 제2 지표 산출에 이용되는 변수들의 단위들의 조합이고, 세로 축인 30년에서의 현재가치 값의 단위는 MM\$(million dollar)이다.

[0064] 그리고, 식 5의 추세선 식의 우변의 x에 제2 지표 값을 대입하였을 때 산출되는 좌변인 y 값과, 우변의 x에 대입된 제2 지표일 때의 실제 30년에서의 현재가치 값의 상관관계는 상관 계수(R^2)로 비교되는데, 상관 계수 값이 0.9882로 상관 계수 값의 적절성 판단을 위한 설정 값인 0.95보다 크므로 제2 지표를 이용하는 식 5가 30년에서의 현재가치 값 예측에 적절하다고 판단하여 이를 셰일가스 저류층의 경제성을 평가하는 데 사용하도록 한다.

[0065] 또한, 본 발명의 또 다른 한 실시예에서, 첫 번째 단계(S100) 및 두 번째 단계(S200)는 셰일가스 저류층의 크기를 고려하지 않았을 때의 가스 가격 변수가 추가된 경제성 지표(EI_D)(dynamic economic indicator)(이하, ‘제3 지표’로 혼용 기재함)를 다음의 식 6으로 정의하고, 정의된 제3 지표에 따른 30년에서의 현재가치 값을 도 6과 같이 그래프 상에 포인트로 표현하고 이로부터 추세선을 생성하여 식 7과 같이 추세선 식을 도출하도록 수행될 수 있다.

[0066] [식 6]

$$EI_D = \left(\frac{P}{3200}\right)^{0.902} \times \left(\frac{H}{300}\right)^{0.702} \times \left(\frac{\phi}{0.05}\right)^{0.302} \times \left(\frac{k}{0.00023}\right)^{0.282} \times \left(\frac{S_{gt}}{0.7}\right)^{0.948} \times \left(\frac{G_s}{90}\right)^{0.156} \times \frac{\left(\frac{X_f}{350}\right)^{0.405}}{\left(\frac{Spacing_{hf}}{400}\right)^{0.383}} \times \left(\frac{Gas_Price}{3}\right)$$

[0067]

[0068] 위의 식 6에서, 우변에 가스 가격에 관련된 변수(Gas Price)가 추가되며, 우변에 형성된 변수들에 특정 값을 대입하여 좌변인 제3 지표(EI_D)의 값을 산출하고, 각 변수들의 특정 입력 값일 때에 대해 미리 알고 있는 30년에서의 현재가치 값을 도 6의 그래프에 포인트들로 표현하며, 포인트들로부터 생성된 추세선은 다음의 식 7과 같이 추세선 식으로 나타낼 수 있다.

[0069] 이때, 제2 지표 대비 제3 지표에서 추가된 가스 가격 변수는 2~8의 값으로 적용될 수 있고, 단위는 USD/Mscf(USD/thousand standard cubic feet; 미국달러/천표준세제곱피트)이다.

[0070] [식 7]

[0071] $y=9.6394x-8.9272$

[0072] 도 6의 그래프에서, 가로 축은 제3 지표로서 단위는 제3 지표 산출에 이용되는 변수들의 단위들의 조합이고, 세로 축인 30년에서의 현재가치 값의 단위는 MM\$이다.

[0073] 그리고, 식 7의 추세선 식의 우변의 x에 지표 값을 대입하였을 때 산출되는 좌변인 y 값과, 우변의 x에 대입된 제3 지표일 때의 실제 30년에서의 현재가치 값의 상관관계는 상관 계수(R^2)로 비교되는데, 상관 계수 값이 0.9892로 상관 계수 값의 적절성 판단을 위한 설정 값인 0.95보다 크므로 제3 지표를 이용하는 식 7이 30년에서의 현재가치 값 예측에 적절하다고 판단하여 이를 셰일가스 저류층의 경제성을 평가하는 데 사용하도록 한다.

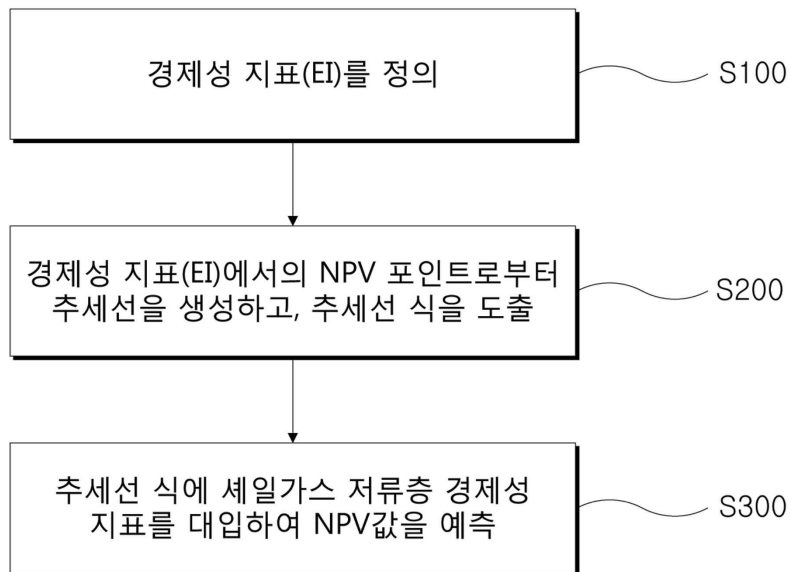
[0074] 이처럼, 첫 번째 단계(S100) 및 두 번째 단계(S200)로부터 지표가 정의되고, 추세선 식이 도출됨에 따라, 세 번째 단계(S300)에서는 추세선 식을 이용하여 셰일가스 저류층의 30년에서의 현재가치 값을 예측한다.

[0075] 이에 따라, 셰일가스 저류층의 경제성을 평가하는 데 관련있는 지표들을 이용하여 셰일가스 저류층의 경제성을 평가할 수 있는 식을 산출하고, 산출된 식을 이용하여 셰일가스 저류층의 경제성을 용이하게 평가할 수 있어, 셰일가스 저류층의 개발 전에 해당 지역의 경제성을 미리 예측하여 셰일가스 저류층 개발에 참고할 수 있다.

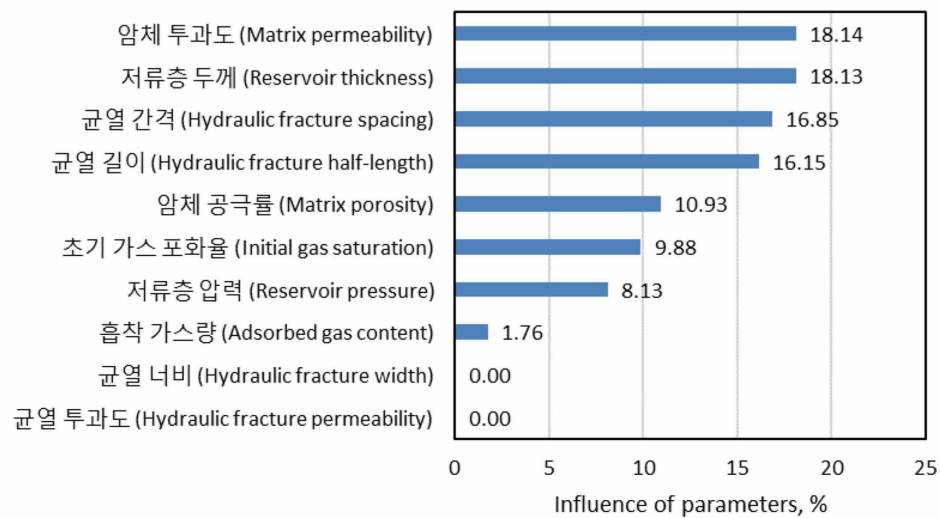
[0076] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

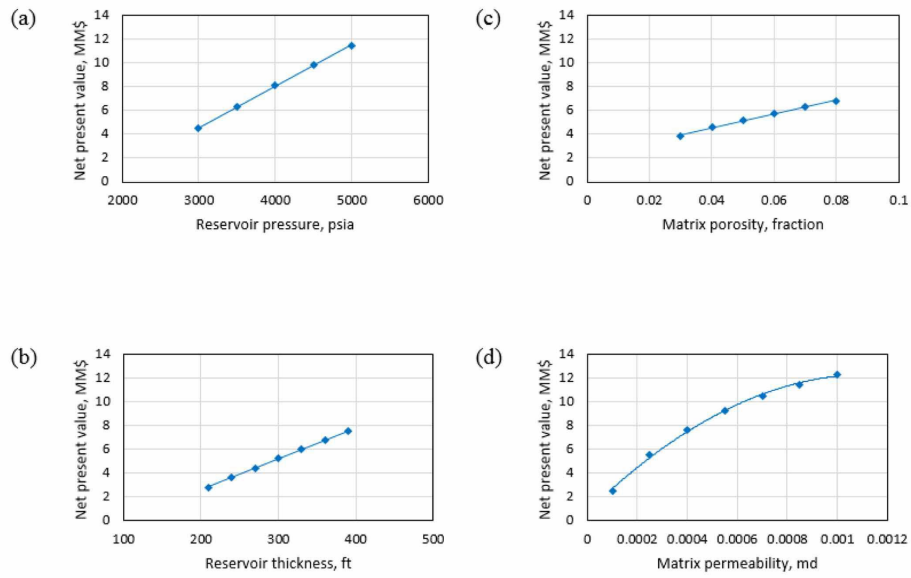
도면1



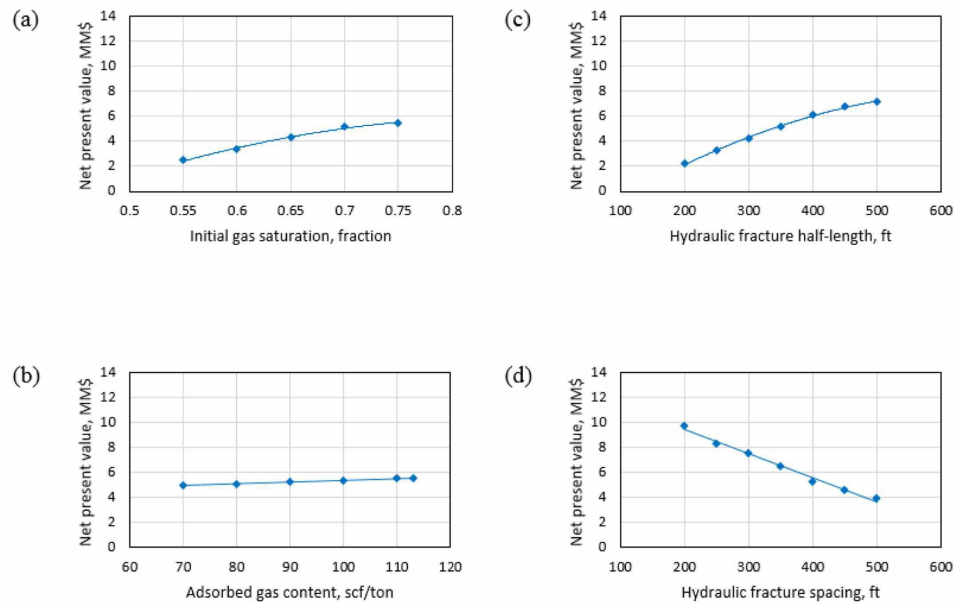
도면2



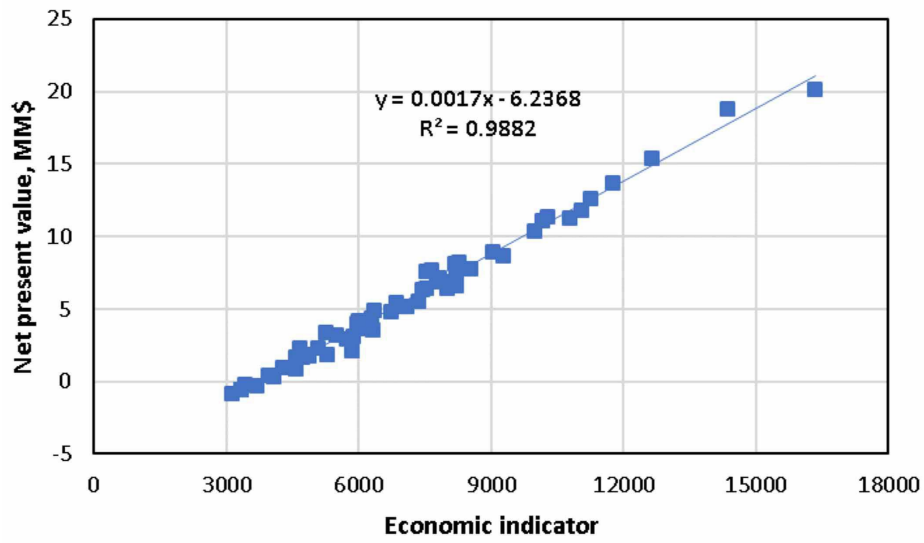
도면3a



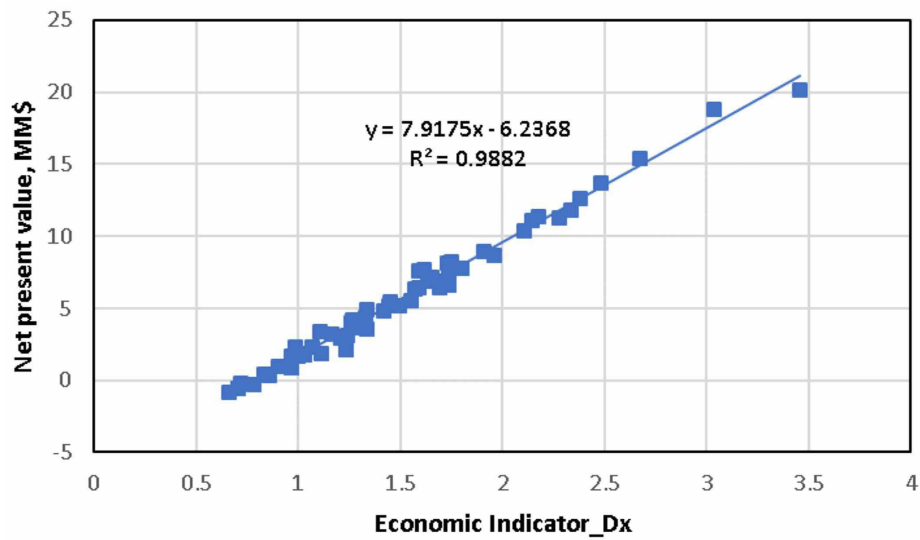
도면3b



도면4



도면5



도면6

