

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2019년 10월 3일 (03.10.2019) **WIPO | PCT**

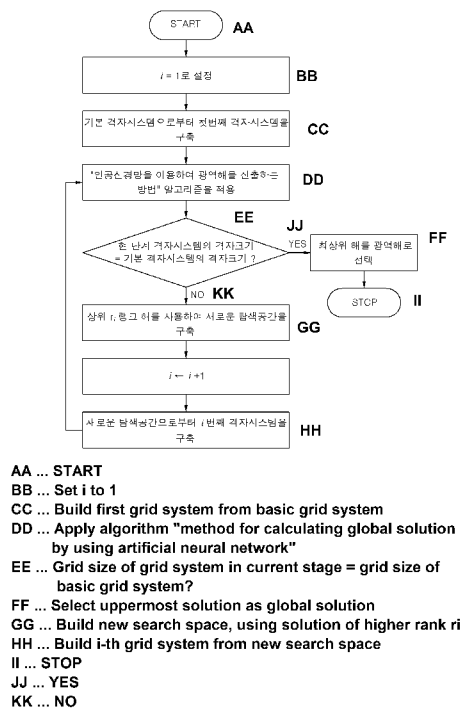


(10) 국제공개번호
WO 2019/190003 A1

- (51) 국제특허분류: **G06N 3/04** (2006.01) **E21B 41/00** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/009385
- (22) 국제출원일: 2018년 8월 16일 (16.08.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0037167 2018년 3월 30일 (30.03.2018) KR
- (71) 출원인: 조선대학교 산학협력단 (**INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, CHOSUN UNIVERSITY**) [KR/KR]; 61452 광주시 동구 필문대로 309, Gwangju (KR).
- (72) 발명자: 장일식 (**JANG, Il Sik**); 61452 광주시 동구 필문대로 309, 조선대학교 에너지자원공학과, Gwangju (KR). 오세은 (**OH, Se Eun**); 61452 광주시 동구 필문대로 309, 조선대학교 에너지자원공학과, Gwangju (KR). 강현정 (**KANG, Hyun Jeong**); 61452 광주시 동구 필문대로 309, 조선대학교 에너지자원공학과, Gwangju (KR).
- (74) 대리인: 특허법인임엔정 (**LIM & JEONG PATENT LAW FIRM**); 03143 서울시 종로구 율곡로2길 7, 303호, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(54) Title: METHOD FOR OPTIMIZING LOCATIONS OF MULTIPLE WELLBORES IN OIL AND GAS RESERVOIR BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

(54) 발명의 명칭: 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a method for determining optimal locations of multiple wellbores in an oil and gas reservoir. The present invention proposes a selection method using an artificial neural network which replaces an existing computational model. Further, there are a practical limit and increasing uncertainty in directly applying an artificial neural network to a case in which the amount of data is very large. In this regard, the present invention proposes a method in which an artificial neural network can be applied sequentially and by stages. Therefore, it is expected that optimal locations of multiple wellbores can be effectively and reliably selected using the method even when the amount of data is very large.

(57) 요약서: 본 발명은 유가스 저류층에서 복수의 시추정의 최적 위치를 결정하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명에서는 기존의 전산모델을 대체하여 인공신경망을 통한 선정방법을 제시한다. 또한 데이터의 개수가 매우 많은 경우 인공신경망을 직접 적용하는 것은 현실적으로 한계가 있으며, 불확실성이 증대되는 문제가 있다. 이에 본 발명에서는 순차적, 단계적으로 인공신경망을 적용할 수 있는 방법을 제시한다. 이를 통해 데이터의 개수가 매우 많은 경우에도, 효과적이고 신뢰성있게 최적 위치를 선정할 수 있을 것으로 기대된다.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의시추정 위치 최적화 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 에너지, 자원분야의 기술로서, 특히 오일, 가스 저류층에서 복수의 시추정 위치를 모델링을 통해 최적화하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 오일, 가스의 생산을 위해서는 이른바 '생산모델링'을 수행한다. 즉, 유전이나 가스전을 대상으로 하여 전산모델을 이용하여 시뮬레이션을 해보는 것이다. 예컨대, 가스전을 3차원 격자로 구획하여 복수의 셀을 가지는 3차원 그리드(grid)를 형성한다. 각각의 셀에는 가스함유량이 설정되어 있고, 셀의 압력이 감압됨에 따라 오일, 가스가 배출되는 양이 함수로 입력되어 있다. 보다 구체적으로 설명하면, CBM 가스전의 경우에는 생산정이 구축되면 셀의 압력이 감압되면서 석탄으로부터 메탄가스가 탈착되는데, 탈착량을 압력에 대한 함수로 지정할 수 있다. 그리고 탈착된 메탄가스는 그리드 내 균열망을 따라 생산정까지 이동된다. 셀의 상태는 시간에 따라 변화하게 되므로 동적 모델링이 된다. 유가스전의 개발의 전 과정은 전산모델을 이용한 모델링이 수행된다.
- [3] 한편, 최근 인공신경망(ANN, Artificial Neural Networks)에 대한 연구가 매우 활발하다. 인공신경망은 인간의 뇌를 모방하여 입력층-은닉층-출력층으로 구성되며, 학습자료로 주어지는 입력값과 출력값 사이의 비선형 관계를 학습하여 모델을 구축한다. 입력값-출력값 사이의 비선형 관계 모델이 구축되면, 새로운 입력값이 주어질 때 모델을 이용하여 출력값을 예측한다. 여기서, 학습에 사용되는 입력값-출력값의 자료는 기존의 전산모델을 통해 확보한다. 인공신경망은 입력값을 처리하여 출력값을 도출하는데 속도가 매우 빠르다는 이점이 있다. 또한 인공신경망 모델을 계속적으로 사용하면 데이터가 축적됨에 따라 입력-출력값 사이의 비선형 관계 모델을 더욱 정교하게 발전시킬 수 있다는 이점도 있다.
- [4] 유가스 저류층의 모델링에도 인공신경망을 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존의 인공신경망에서는 출력값이 최대 또는 최소가 되는 입력값을 찾아내는 문제인 경우, 인공신경망 모델의 예측 오차로 찾아진 입력값에 대한 실제값(전산 모델링에 의한 값)은 해당 도메인에서 최대 또는 최소가 되지 못하는 한계가 있었다.
- [5] 즉 종래의 방법을 사용하면 인공신경망을 통해 광역해를 찾는 영역(탐색공간)을 축소할 수 있다. 이러한 과정을 반복적(순차적)으로 적용하면 탐색공간을 순차적으로 축소할 수 있으며, 최종적으로 진정한 광역해 (true global solution)를 도출할 수 있다.

- [6] 하지만 위의 방법에 의해서도 탐색공간이 너무 크면 인공신경망을 사용하여 탐색공간을 축소하는 과정에서 불확실성이 커져 광역해가 탈락할 가능성이 증가하는 한계가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명에서는 탐색공간이 기하급수적으로 증가하여도 안정적으로 광역해를 도출할 수 있는 모델링 방법을 제공하며, 특히 상기한 방법을 유가스 저류층의 모델링에 적용함으로써, 저류층에 설치되는 복수의 시추정 최적 위치를 결정하는 방법을 제공하는데 목적이 있다.
- [8] 또한 본 발명에서는 상기한 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체를 제공하는데 목적이 있다.
- [9] 한편, 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법은,
- [11] (a)오일 또는 가스 저류층을 다수의 기본격자들로 구획하여 형성된 기본격자시스템의 전체 영역을 탐색공간으로 설정하며, 상기 탐색공간을 상기 기본격자보다 큰 크기의 격자로 다시 구획하는 단계;
- [12] (b)탐색공간 내 다수의 격자들 중에서 어느 격자에 복수의 시추정이 위치하면 적합한지를 인공신경망 평가모델을 적용하여 평가하고, 격자별 적합도를 순위로 나타내는 단계;
- [13] (c)상기 평가단계에서 사용한 현재의 격자 크기가 상기 기본격자의 크기 보다 일정 범위 이상 큰 경우 탐색공간을 재구축하기 위한 후속 단계를 진행하며, 일정 범위 내에 있다면 상기 평가단계의 결과를 최적 위치로 결정하는 단계;
- [14] (d)상기 평가단계에서 격자별 적합도에서 일정 순위까지의 상위 랭크에 기록된 격자들을 새로운 탐색공간으로 재구축하는 단계;
- [15] (e)재구축된 탐색공간을 상기 기본격자 크기 이상이되 선행하는 상기 평가단계에서 사용한 격자 크기 보다는 작은 크기의 격자들로 재구획하는 단계;를 포함하며,
- [16] 상기 탐색공간 내의 격자 크기를 점차 작게 하여 상기 기본격자의 크기와 일정 범위 내에서 동일하게 됨으로써, 상기 (c)단계에서 상기 복수의 시추정의 최적 위치가 결정될 때까지, 상기 (b)단계에서 (e)단계까지를 반복적으로 수행하는 것에 특징이 있다.

발명의 효과

- [17] 본 발명은 유가스 저류층에서 복수의 시추정의 최적 위치를 선정함에 있어서 인공신경망 모델을 이용하되, 인공신경망을 순차적, 단계적으로 적용함으로써

데이터의 개수가 매우 많은 경우에도 매우 효과적으로 최적 위치를 선정할 수 있다.

[18] 또한 본 발명을 적용하여 최적 위치를 선정하는 경우, 인공신경망 모델을 한번에 직접 적용하는 경우에 비하여 전산모델의 결과와 일치할 확률이 높아 최적 위치 선정의 신뢰성이 증대한다는 이점이 있다.

[19] 한편, 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급됨을 첨언한다.

도면의 간단한 설명

[20] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법의 개략적 흐름도이다.

[21] 도 2는 본 발명의 대상이 되는 저류층을 기존의 전산모델을 통해서 격자화한 것을 보여주는 이미지이다.

[22] 도 3 내지 도 7은 본 발명에 따른 방법을 설명하기 위한 것으로서, 도 3은 기본격자시스템과 제1단계 격자시스템을 나타낸 것이다.

[23] 도 4는 제1단계 격자시스템을 기초로 인공신경망을 통해 평가한 상위랭크들과, 제2단계에서 확장할 영역을 나타낸 것이고, 도 5는 제2단계에서 확정된 탐색공간과 제2단계 격자시스템을 나타낸 것이다.

[24] 도 6은 제2단계에서 인공신경망을 통해 찾아낸 상위랭크들과 확장할 영역을 나타낸 것이고, 도 7은 제3단계에서의 탐색공간과 제3단계 격자시스템을 나타낸 것이다.

[25] 도 8은 “인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법”에 대한 순서도이다.

[26] 도 9는 위 인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법의 적용예의 대상이 된 저류층에 대한 이미지이다.

[27] 도 10 내지 도 13은 인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법에 따라 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측 데이터들과 탐색집단을 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들을 비교하는 그래프이다.

[28] 도 14는 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 것으로서 저류층의 제1단계 격자시스템을 나타낸 것이다.

[29] 도 15(a) 내지 도 15(d)는 도 8에 도시된 과정을 통해 인공신경망을 구축 및 재구축하는 과정을 나타낸 것이다.

[30] 도 16은 제1단계 격자시스템에서 최적 위치를 선정한 후 상위랭크(헤칭된 격자들)를 나타낸 것이다.

[31] 도 17은 제2단계 격자시스템을 나타낸 것이고, 도 18은 제2단계 격자시스템을 대상으로 광역해를 구한 결과를 나타낸 것이다.

[32] 도 19는 제3단계 격자시스템을 구축한 결과이다.

[33] 도 20(a) 내지 도 20(d)는 도 8의 인공신경망을 이용하여 제3단계

격자시스템에서 최적 위치를 선정하는 과정을 나타낸 것이다.

[34] 도 21은 제3단계 격자시스템에 대하여 도20(a) 내지 도 20(d)의 과정을 적용하여 찾아는 최적 위치의 결과를 나타낸 것이다.

[35] 도 22는 기존 생산정 6개의 생산프로파일과, 여기에 추가 생산정 2개의 최적위치를 포함한 생산프로파일을 전산모델을 통해 비교한 것이다.

[36] ※ 첨부된 도면은 본 발명의 기술사상에 대한 이해를 위하여 참조로서 예시된 것임을 밝히며, 그것에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되지는 아니한다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[37] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법은,

[38] (a)오일 또는 가스 저류층을 다수의 기본격자들로 구획하여 형성된 기본격자시스템의 전체 영역을 탐색공간으로 설정하며, 상기 탐색공간을 상기 기본격자보다 큰 크기의 격자로 다시 구획하는 단계;

[39] (b)탐색공간 내 다수의 격자들 중에서 어느 격자에 복수의 시추정이 위치하면 적합한지를 인공신경망 평가모델을 적용하여 평가하고, 격자별 적합도를 순위로 나타내는 단계;

[40] (c)상기 평가단계에서 사용한 현재의 격자 크기가 상기 기본격자의 크기 보다 일정 범위 이상 큰 경우 탐색공간을 재구축하기 위한 후속 단계를 진행하며, 일정 범위 내에 있다면 상기 평가단계의 결과를 최적 위치로 결정하는 단계;

[41] (d)상기 평가단계에서 격자별 적합도에서 일정 순위까지의 상위 랭크에 기록된 격자들을 새로운 탐색공간으로 재구축하는 단계;

[42] (e)재구축된 탐색공간을 상기 기본격자 크기 이상이되 선행하는 상기 평가단계에서 사용한 격자 크기 보다는 작은 크기의 격자들로 재구획하는 단계;를 포함하며,

[43] 상기 탐색공간 내의 격자 크기를 점차 작게 하여 상기 기본격자의 크기와 일정 범위 내에서 동일하게 됨으로써, 상기 (c)단계에서 상기 복수의 시추정의 최적 위치가 결정될 때까지, 상기 (b)단계에서 (e)단계까지를 반복적으로 수행하는 것에 특징이 있다.

[44] 본 발명에 따르면, 상기 (a)단계 또는 (e)단계에서 상기 탐색공간을 기본격자보다 큰 크기의 격자로 구획할 때, 상기 기본격자를 복수 개 묶어서 하나의 격자로 형성한다.

[45] 그리고, 상기 (d)단계에서 탐색공간을 재구축할 때, 상기 상위랭크의 격자들이 차지하는 기본영역과, 상기 기본영역으로부터 주변으로 일정 범위 내에서 확장한 추가영역을 합하여 탐색공간으로 재구축한다.

[46] 여기서, 상기 추가영역은 상기 상위랭크의 격자들 옆에 바로 이웃하는 격자의 중심부를 포함하지 않는 범위까지만 확장하는 것이 바람직하다. 보다 구체적으로, 상기 추가영역을 결정할 때 상기 격자 내부의 기본격자들 단위로

확장하는 것이 바람직하다.

- [47] 한편 상기 인공신경망 모델을 이용한 평가방법은,
- [48] 다수의 분석대상 데이터 중 선택된 입력 데이터들과, 상기 분석대상 데이터를 분석하기 위해 구축된 전산모델에 상기 입력 데이터들을 입력하여 출력된 실제 출력 데이터들을 학습자료로 분류하는 초기 학습자료 생성단계;
- [49] 상기 분석대상 데이터를 탐색집단으로 분류하는 초기 탐색집단 생성단계;
- [50] 학습자료를 이용하여 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하되, 상기 인공신경망 모델에 상기 탐색집단을 입력시 출력되는 데이터를 토대로 상기 인공신경망 모델의 재구축 여부를 판단하고, 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단시 학습자료를 재설정하여 인공신경망 모델을 재구축하는 모델 구축 단계; 및
- [51] 상기 모델 구축단계를 통해 인공신경망 모델의 재구축이 필요없다고 판단시 광역해를 산출하는 광역해 산출단계;를 포함한다. 여기서, 상기 분석대상 데이터는 상기 복수의 시추정이 설치되는 상기 격자의 위치에 대한 데이터이다.
- [52] 본 발명의 일 예에서, 상기 모델 구축 단계는, 상기 학습자료를 이용하여 상기 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하는 제1모델링 단계; 상기 인공신경망 모델에 상기 탐색집단에 포함된 각 데이터들을 입력하여 출력 예측 데이터를 획득하는 제2모델링 단계; 상기 출력 예측 데이터들을 토대로 상기 인공신경망 모델에 대한 재구축 여부를 판단하는 제3모델링 단계; 및 상기 제3모델링 단계를 통해 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단되면, 상기 학습자료를 포함하는 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 결정하는 제4모델링 단계를 포함하고, 상기 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 이용하여 상기 제1모델링 단계부터 상기 제4모델링 단계까지를 반복한다.
- [53] 그리고, 상기 제3모델링 단계는, 상기 제2모델링 단계를 통해 산출된 출력 예측 데이터들 중 기설정된 선별기준에 해당하는 출력 예측 데이터들을 선택하는 제1선택단계; 상기 제1선택단계를 통해 선택된 출력 예측 데이터들에 각각 대응되는 입력데이터를 추출하는 선별데이터 추출단계; 상기 선별데이터 추출단계를 통해 추출된 입력 데이터들 중 상기 인공신경망 구축에 사용된 학습자료에 미포함된 입력 데이터를 추출하는 미포함 데이터 추출단계; 및 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들의 수가 기설정된 판별기준 수 미만이면, 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요하지 않은 것으로 판단하고, 상기 미포함 데이터 추출단계에서 선택된 상기 입력 데이터 수가 기설정된 판별기준 수 이상이면, 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요한 것으로 판단하는 재구축 여부 판단단계;를 포함한다.
- [54] 또한, 상기 제3모델링 단계는, 상기 판별기준 수는 상기 초기 학습자료 생성단계에서 상기 분석대상 데이터 중 상기 입력 데이터로 선택된 데이터의 수와 동일한 것이 바람직하다.

- [55] 본 발명의 일 예에서 상기 제4모델링 단계는, 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들 중 일부를 선택하는 제2선택단계; 상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터를 상기 학습자료에 추가하여 새로운 학습자료를 생성하는 자료 추가 단계; 및
- [56] 상기 미포함 데이터 추출단계에서 선택된 입력 데이터 및 상기 학습자료에 포함된 입력 데이터를 새로운 탐색집단으로 설정하는 집단 추가 단계;를 포함한다.
- [57] 상기 제2선택단계에서는, 상기 초기 학습자료 생성단계에서 상기 학습자료로 선택된 입력 데이터의 수 또는 상기 학습자료로 선택된 입력 데이터의 수보다 작은 수만큼 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들에서 데이터를 선택한다.
- [58] 또한 상기 자료 추가 단계는, 상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터들을 상기 전산모델에 입력하여 출력된 실제 출력 데이터를 획득하는 데이터 추가 획득단계; 및 상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터 및 상기 데이터 추가 획득단계에서 획득한 실제 출력 데이터를 상기 학습자료에 추가하여 새로운 학습자료를 생성하는 자료 생성 단계를 포함한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [59] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [60] 본 발명은 가스전, 유전 등에서 복수의 시추정을 설치할 때 어느 위치에 설치하는 것이 가장 적합한지를 시뮬레이션하기 위한 모델링 방법에 관한 것이다. 따라서 본 발명에 따른 방법은 소프트웨어 형태로 구현되어 컴퓨터에서 실행하는 형태가 된다.
- [61] 본 발명에서 복수의 시추정이란 예컨대 가스나 오일을 생산하기 위한 것이라면 복수의 생산정이 될 것이다. 또한 가스나 오일의 생산을 촉진하기 위하여 거꾸로 저류층에 유체를 주입하는 경우에는 복수의 주입정이 될 수도 있다. 마찬가지로 이산화탄소의 저장을 위한 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술에서는 이산화탄소 주입정이 될 수 있다.
- [62] 본 발명은 개발 예정 또는 가행중인 유전이나 가스전이 주요 대상이지만, CCS 분야와 같이 단순히 이산화탄소를 저장하기 위한 저류층에 대해서도 적용될 수 있다.
- [63] 더 나아가, 본 발명은 반드시 복수의 시추정을 결정하기 위한 모델링에 국한되지 않으며, 다수의 격자로 이루어진 격자시스템에서 모델링을 통해 다양한 문제를 해결하는데 사용할 수 있다. 보다 구체적으로, 격자시스템에서 격자 자체가 입력데이터로 작용하는 모든 예에 대하여 적용할 수 있다. 예컨대 본 발명의 일 예에서는 두 개의 격자(격자마다 식별번호 부여)가 하나의

데이터세트를 형성하여, 두 개의 시추정이 각각 어느 격자에 위치하면 좋은지를 결정하게 된다.

- [64] 이하, 첨부된 도면을 참고하여, 본 발명의 일 예에 따른 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법(이하, '위치 최적화 방법')에 대하여 더욱 자세히 설명하기로 한다.
- [65] 도 1은 본 발명에 따른 위치 최적화 방법의 개략적 흐름도이다. 도 1을 참고하면, 위치 최적화 방법은 기본격자시스템을 전제로 한다.
- [66] 격자시스템이란 일정한 공간을 다수의 격자로 구획해 놓은 그리드 시스템을 의미한다. 즉, 본 예에서는 저류층을 상하좌우로 연속적으로 배치된 다수의 격자로 구성한다. 각 격자마다 좌표에 따른 식별번호, 또는 별도의 식별번호가 부여될 수 있다.
- [67] 전산모델 프로그램을 이용하여 저류층을 기본격자시스템으로 구축한 예가 도 2에 도시되어 있다. 도 2를 참고하면, 저류층이 곡면으로 형성되며, 복수의 층으로 형성되어 3차원 구조로 이루어져 있음을 알 수 있다. 6개의 화살표는 현재 설치되어 있는 생산정을 나타낸 것이다.
- [68] 도 3은 본 발명을 쉽게 설명하기 위하여 기본격자시스템의 평면을 개략적으로 간소화하여 나타낸 것이다. 즉, 실제 기본격자시스템의 평면은 도 2와 같이 일반적으로 곡면으로 이루어지는데 도 3에서 단순한 평면으로 나타내었고, 격자의 수도 대폭 축소하였다.
- [69] 도 3에서 가는 실선으로 표현된 사각의 가장 작은 격자가 기본격자시스템의 기본격자(a)이다. 에너지, 자원분야에서는 부존량 모델링, 생산량 모델링 등에 상기한 전산모델과 격자시스템이 널리 사용되고 있으므로 더 이상의 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [70] 본 발명에서는 먼저 기본격자시스템 전체 영역(평면영역)을 탐색공간으로 설정한다. 여기서 탐색공간이란 복수의 시추정이 설치될 수 있는 대상영역이 된다. 즉 첫 번째 단계에서는 복수의 시추정이 형성될 수 있는 대상 영역을 최광범위로 설정한다.
- [71] 그리고 위 탐색공간에 대하여 격자시스템을 새롭게 구축한다. 기본격자시스템으로부터 처음으로 새롭게 구축되는 격자시스템이므로 이를 1단계 격자시스템이라고 한다. 기본격자시스템은 다수의 기본격자(a)에 의해서 이루어지지만, 1단계 격자시스템은 탐색공간에서 격자의 크기를 기본격자보다 크게 형성한다는 점에서 다르다.
- [72] 도 3에서 굵은 실선으로 구획된 것이 1단계 격자(b)가 된다. 도면에서 알 수 있듯이, 1단계 격자(b)는 기본격자(a)를 5*5로 묶어 놓은 격자이다. 격자의 크기가 기본격자에 비하여 25배로 커졌다. 물론 1단계 격자(b)의 크기는 기본격자(a) 보다 크면 되며 크기는 사용자에게 의하여 결정된다. 바람직하게는 1단계 격자(b)는 기본격자(a)를 묶어 놓은 형태로 특정한다. 예컨대, 5*5, 6*6, 7*7, 5*7 과 같이 기본격자(a)를 단위로 하여 묶어서 형성한다.

- [73] 이렇게 제1단계 격자시스템을 형성하면, 격자의 수가 기본격자시스템에 비하여 현저히 줄어든다. 즉, 도 3에서 기본격자시스템에서 기본격자(a)는 50×50 의 2500개가 있지만, 제1단계 격자시스템에서의 격자(b)는 10×10 의 100개로 25배가 줄어들었다.
- [74] 본 발명은 복수의 시추정이 놓여질 최적의 위치를 찾기 위한 것이다. 여기서 위치는 바로 격자를 의미한다. 예컨대 제1격자시스템에서는 1번 내지 100번으로 넘버가 부여된 제1단계 격자(b)가 있는데, 이들 중 어떤 2개의 격자에 시추정을 형성할 때 가장 생산에 유리한가를 평가하는 것이다. 2개의 시추정이 각각 배치되는 2개의 격자가 하나의 데이터가 된다. 그러면 총 데이터의 개수는 ${}_{100}C_2$ 이므로 4,851개이다. 만약 제1단계격자시스템이 아닌 기본격자시스템을 사용한다고 하면 데이터 개수는 기하급수적으로 늘어난다. 즉, 기본격자(a)를 사용한다면 ${}_{2500}C_2$ 이므로 3,123,750개의 데이터가 나온다.
- [75] 본 예에서는 2개의 시추정을 예로 들었지만, 3개의 시추정 또는 더 많은 시추정의 최적 위치를 산정한다고 하면 데이터의 개수는 기하급수적으로 증가할 것이다.
- [76] 데이터의 수가 많으면 후술할 인공지능망을 이용한 평가에서 불확실성이 높아져 광역적 최대값을 찾지 못할 확률이 높아진다. 이를 보완하기 위하여 본 발명에서는 단계적 해법을 제시한다. 먼저 복수의 기본격자(a)들을 묶어서 제1단계 격자시스템을 만들어 경우의 수를 줄여서 후술할 인공지능망을 통해 광역적 최대값을 도출한다. 그리고 최대값과 상위랭크들을 탐색공간으로 설정한 후 다시 격자의 크기를 작게하는 단계를 거쳐 정교하게 해를 찾아가는 과정을 반복적으로 수행한다. 이하 자세하게 설명한다.
- [77] 도 3과 같이 제1단계 격자시스템을 만들고, 인공지능망 모델을 통해 복수의 시추정, 본 실시예에서는 2개의 시추정이 각각 어느 위치에 설치되면 최적인지를 평가한다. 최적 위치는 순위로 나타낼 수 있다. 예컨대, 가장 많은 생산량이 예상되는 시추정의 위치에 대해서 평가한다면, 생산량을 수치화할 수 있고, 위의 4,851개의 데이터에 대하여 순위를 매길 수 있다. 인공지능망 모델에 대해서는 뒤에서 자세하게 설명하기로 한다.
- [78] 도 4에는 인공지능망 모델을 통해 획득된 결과에서 1위부터 5위까지의 상위랭크들을 표시한 것이다. 2개의 제1단계 격자(b)가 하나의 데이터 이므로, 5위까지 하면 총 10개의 제1단계 격자(b)가 지정된다. 도 4에는 9개의 제1단계 격자(b)가 지정되어 있는데, 이는 2개의 데이터에서 하나의 제1단계 격자(b)가 중복되었기 때문이다. 예컨대, (14번-94번)과, (24번-94번)이 모두 5위 안에 랭크되어 있고, 94번 격자를 모두 포함하기 때문이다.
- [79] 여기서, 상위랭크의 개수는 사용자가 임의로 결정할 수 있다. 본 실시예와 같이 5위까지로 제한할 수도 있으며, 더 후순위까지 확장할 수도 있다.
- [80] 참고로, 도 3 및 도 4에서 격자의 가운데에 검은색은 격자의 대표값으로서 생산정이 위치되는 영역을 표시한 것이다.

- [81] 상기한 바와 같이 제1단계 격자시스템을 이용하여 복수의 시추정이 선정될 위치의 상위랭크들을 확정된 후에는 탐색공간을 다시 설정한다.
- [82] 탐색공간은 앞선 인공신경망 모델을 통한 평가에서 상위랭크들에 기록된 제1단계 격자(b)들로 지정할 수 있다. 그러나, 본 실시예와 같이 탐색공간을 주변으로 약간 확장하는 것이 바람직하다. 상위랭크 격자의 주변으로 영역을 확장함으로써 최대 광역해를 찾을 수 있는 확률을 더욱 상승시킬 수 있기 때문이다.
- [83] 도 4를 참고하면, 헤칭된 제1단계 격자(b)의 외곽으로 점선까지 탐색공간을 확장한 것을 볼 수 있다. 다만, 탐색공간을 확장하더라도, 인접한 격자의 중앙부까지 확장하는 것은 바람직하지 않다. 예컨대, 제1단계 격자(b)는 5*5의 기본격자(a)로 이루어져 있으므로, 탐색공간을 주변의 격자로 확장하더라도 최대 2열 또는 2행의 기본격자(a)까지만 확장한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 점선까지 확장된 영역이 2열, 2행의 기본격자(a)까지만 확장된 것을 볼 수 있다. 물론 1열 또는 1행만 확장해도 된다. 또한 탐색공간을 확장하는 경우, 기본격자(a) 단위로 확장한다.
- [84] 상기한 바와 같이, 탐색공간을 다시 정의하면, 도 4의 헤칭된 영역과 점선까지 확장된 영역이 새로운 탐색공간이 된다. 원래의 탐색공간보다 대폭 축소된 영역이다.
- [85] 재구축된 탐색공간에 대해서, 도 5에 도시된 바와 같이, 다시 제2단계 격자시스템을 구축한다. 도 5를 참고하면, 제2단계 격자시스템에서는 기본격자(a)를 3*3 단위로 묶어서 제2단계 격자(c)를 형성하였다. 여기서 중요한 점은, 단계를 거처가면서 점차 격자의 크기를 줄여가야 한다는 것이다. 즉, 제1단계에서는 기본격자(a)를 5*5로 묶었지만, 제2단계에서는 3*3으로 묶어서 격자 사이즈를 줄였다. 3단계를 진행할 때에는 더 줄이고, 최종 단계에서는 기본격자(a) 단위와 일치시켜야 한다. 탐색공간을 좁혀 나가되, 좁혀진 영역에 대해서는 해상도를 높여서 정교함을 추구한다.
- [86] 다만, 도 5를 참고하면, 기본격자(a)를 3*3으로 묶는 경우 탐색공간의 과부족이 있을 수 있다. 즉, 도 5를 보면, 제2단계 격자(c)가 탐색공간을 일부 벗어나 있거나, 일부는 모두 채우지 못하는 경우도 있지만, 앞서와 같이 탐색공간을 일부 확장 또는 일부 축소하는 개념으로 이해할 수 있다. 다만, 이 경우에도 앞서 상위랭크로 기록된 격자 영역은 모두 포함되는 것이 바람직하다.
- [87] 제2단계에서의 탐색공간과 격자시스템이 구축되면, 제1단계와 마찬가지로 인공신경망 모델을 이용하여 최적의 위치를 평가하고, 사전에 설정된 상위랭크의 수에 따라 결과를 나타낸 결과가 도 6에 도시되어 있다. 도 6에서 헤칭된 7개의 제2단계 격자(c)가 나타나 있다. 이제 다시 앞서와 동일한 과정을 반복한다. 즉, 도 7에 도시된 바와 같이, 상위랭크들이 기록된 격자들의 주변까지 영역을 확장하여, 다시 탐색공간을 정의하고, 제3단계 격자시스템을 구축한다. 제3단계 격자시스템에서 사용하는 제3단계 격자는 기본격자(a)를 그대로

사용한다. 그리고 인공신경망 모델을 통해 최적 위치를 평가한다. 여기서 복수의 시추정의 최적 위치를 평가하여, 최적 위치로 결정한다.

- [88] 위에서는 본 발명의 전체적인 과정과, 각 과정이 가지는 의미에 대해서 설명하였다. 본 발명은 컴퓨터에서 소프트웨어를 통해 구현되므로, 도 1로 돌아가서 컴퓨터 알고리즘으로 설명해 본다.
- [89] 도 1의 알고리즘을 참고하면, “START” 상태에서 이미 기본격자시스템이 구축되어 있다. “ $i=1$ ”은 제1단계를 의미한다. 이에 따라 제1단계 격자시스템(첫 번째 격자시스템)을 구축한다. 여기서는 제1단계 격자(b)의 개수(ex: $5*5$)를 지정해준다. 그리고 인공신경망 모델을 이용하여 광역해를 산출하며, 이들을 순위로 나타낸다.
- [90] 결과를 도출한 후에는 현재 단계의 격자의 크기와 기본격자의 크기를 상호 비교한다. 앞에서 언급한 것처럼, 본 발명에서는 처음에는 복수의 기본격자를 묶어서 격자를 크게 형성하고, 차수(단계)를 거듭하면서 격자의 사이즈를 점차 작게 해 나가면서 과정을 반복한다.
- [91] 제1단계에서는 당연히 격자의 크기가 기본격자보다 크므로 알고리즘에서 아래 단계로 진행한다. 제1단계 평가에서 상위랭크들을 토대로 새로운 탐색공간을 구축한다. 그리고 “ i ”에 1을 더하여 차수(단계)를 증가시키고, 그 단계의 격자시스템을 구축한 후에 다시 인공신경망을 통한 평가를 수행한다. 이 과정은 순환적으로 반복해 나간다.
- [92] 단계를 증가시키면서 위 과정을 반복하다 보면, 앞에서 설명한 것처럼, 현 단계의 격자의 크기가 기본격자의 크기가 같아지는 단계가 온다. 격자크기가 같은 경우 그 단계에서 인공신경망을 통해서 구해진 광역해를 최종 해로 결정한다. 즉, 현 단계에서 구해진 광역해를, 복수의 시추정이 설치되는 최적 위치로 결정한다.
- [93] 참고로, 다른 실시예에서는 현 단계의 격자의 크기가 기본격자보다 약간 크지만, 사전에 정해 놓은 일정 범위 내에서 큰 경우 순환과정을 종료시키고, 알고리즘을 종료할 수도 있다. 즉, 본 발명이 반드시 현 단계에서의 기본격자와 기본격자의 크기가 동일해질 때까지 강제적으로 반복해야 하는 것은 아니며, 그 범위가 더 확장될 수 있다.
- [94] 위에서 설명한 것처럼, 본 발명에서는 데이터의 개수가 너무 많아 인공신경망을 통해 한 번의 프로세스로 광역해를 도출하는 경우, 진정한 최적해가 도출되지 않을 불확실성을 낮추기 위한 것이다. 처음 단계에는 큰 사이즈의 격자를 이용하여 데이터수를 줄임으로써, 즉 경우의 수를 감소시킴으로써 최적 위치가 해당된 영역이 누락되지만 않게 한다. 그리고 좀 더 좁혀진 탐색공간에서는 해상도를 높여가면서 정밀하게 최적 위치를 탐지함으로써, 최종적으로 광역해를 찾아낸다. 이를 통해, 실제 최적해를 찾을 가능성이 현저히 상승될 뿐만 아니라, 최적해를 찾는 과정도 간소화되어 프로세스 차원에서 큰 이점을 갖는다.

- [95] 이하에서는, 본 발명에서 사용하는 인공신경망 모델에 대하여 설명한다. 본 발명에서는 인공신경망 모델을 사용하여, 복수의 시추정의 최적 위치를 평가하고 결정한다. 인공신경망 모델로는 유전자 알고리즘, 통계적 알고리즘 등을 사용할 수 있지만, 본 실시예에서는 본 발명의 연구진에 의하여 개발된 인공신경망 모델을 사용한다. 인공신경망 모델은 대한민국 특허출원 제10-2017-0017703호 “인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법”으로 출원되어 있으며, 본 발명이 출원되는 시점에서 미공개된 상태이다. 이하, 첨부한 도면을 참고하여 본 발명에서 사용하는 인공신경망 모델에 대하여 설명하기로 한다.
- [96] 다만, 본 실시예는 복수의 시추정의 최적 위치를 결정하는 것이지만, 설명의 편의를 위해 이하에서는 1개의 시추정의 최적 위치를 선정하는 것을 예로 들어 설명하기로 한다.
- [97] 도 8에는 본 발명에 따른 인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법에 대한 순서도가 도시되어 있다.
- [98] 도면을 참조하면, 인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법은 초기 학습자료 생성단계(S100), 초기 탐색집단 생성단계(S200), 모델 구축 단계(S300) 및 광역해 산출단계(S400)를 포함한다.
- [99] 초기 학습자료 생성단계(S100)는 인공신경망 모델을 구축하기 위한 학습자료를 생성하는 단계이다. 먼저, 다수의 분석대상 데이터 중 일부를 입력 데이터들로 선택한다. 이때, 분석대상 데이터들의 수에 따라 선택하는 입력 데이터의 수를 결정할 수 있는데, 분석대상 데이터들 중 10개 또는 20개의 입력 데이터를 선택하는 것이 바람직하다. 본 발명과 매칭시키면, 여기서 분석대상 데이터는 격자를 의미한다. 예컨대 앞에서 설명한 제1단계 격자시스템을 적용하여 1개의 시추정만 선정하는 경우, 경우의수, 즉 분석데이터의 개수는 제1단계 격자의 개수 100개가 분석데이터가 된다. 복수의 시추정이라면 데이터의 개수가 앞에서처럼 훨씬 많아진다.
- [100] 다음, 분석대상 데이터를 분석하기 위해 구축된 전산모델에 입력 데이터들을 입력하여 출력된 실제 출력 데이터들을 획득한다. 전산모델은 분석대상 데이터를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하기 위한 것으로서, 시추 위치에 대한 정보를 입력하면 유가스 생산량을 산출하는 시추위치에 따른 유가스 생산량 시뮬레이션 모델과 같은 분석용 전산모델(Computational model)이 적용된다. 전산모델을 사용하면 정확한 출력 데이터를 획득할 수 있으나, 분석대상 데이터의 수가 많은 경우, 전산모델의 계산에 많은 시간에 소요되므로 본 발명은 학습된 인공신경망 모델을 이용하여 광역해의 계산시간을 절감하고자 한다.
- [101] 상술된 바와 같이 선택된 입력 데이터 및 실제 출력 데이터들은 인공신경망 모델을 구축하기 위한 학습자료로 분류하며, 데이터 베이스(미도시)에 저장한다.
- [102] 초기 탐색집단 생성단계(S200)는 분석대상 데이터를 탐색집단으로 분류하는 단계이다. 이 단계에서는, 선택된 입력 데이터를 포함하여 분석대상 데이터들

전체를 탐색집단으로 분류한다.

- [103] 모델 구축 단계(S300)는 학습자료를 이용하여 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하되, 인공신경망 모델에 탐색집단을 입력시 출력되는 데이터를 토대로 인공신경망 모델의 재구축 여부를 판단하고, 인공신경망 모델의 사용이 재구축이 필요하다고 판단시 학습자료를 재설정하여 인공신경망 모델을 재구축하는 단계이다. 모델 구축단계는 제1 내지 제4모델링 단계(S340)를 포함한다.
- [104] 제1모델링 단계(S310)는 학습자료를 이용하여 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하는 단계이다. 인공신경망 모델을 구축하는 알고리즘을 사용하여 학습자료를 근거로 인공신경망 모델을 구축한다. 알고리즘은 종래에 일반적으로 인공신경망 모델을 구축하는 알고리즘이 사용되므로 상세한 설명은 생략한다.
- [105] 제2모델링 단계(S320)는 인공신경망 모델에 상기 탐색집단에 포함된 각 데이터들을 입력하여 출력 예측 데이터를 획득하는 단계이다. 작업자는 탐색집단에 포함된 데이터를 각각 인공신경망 모델에 입력하여 출력 예측 데이터들을 출력한다.
- [106] 제3모델링 단계(S330)는 출력 예측 데이터들을 토대로 인공신경망 모델에 대한 재구축 여부를 판단하는 단계로서, 제1선택단계(S331), 선별데이터 추출단계(S332), 미포함 데이터 추출단계(S333) 및 재구축 여부 판단단계(S334)를 포함한다.
- [107] 제1선택단계(S331)는 제2모델링 단계(S320)를 통해 산출된 출력 예측 데이터들 중 기설정된 선별기준에 해당하는 출력 예측 데이터들을 선택하는 단계이다. 출력 예측 데이터가 유가스 생산량과 같이 숫자일 경우, 제1선택단계(S331)에서, 출력 예측 데이터들을 내림차순 또는 오름차순으로 순위를 결정하고, 결정된 순위에서 1순위부터 기설정된 기준순위까지를 선별기준으로 설정한다.
- [108] 이때, 기준순위는 제2모델링 단계(S320)에서 출력된 출력예측 데이터들의 수와 기설정된 산출 비율의 곱에 대응되는 값으로 설정한다. 산출비율은 20% 또는 30%로 설정할 수 있으나, 이에 한정하는 것이 아니라 분석대상 데이터의 수에 따라 적합한 비율을 임의로 설정할 수 있다. 예를 들어, 제2모델링 단계(S320)에서 100개의 출력 예측 데이터가 산출되고, 산출비율이 20%로 설정될 경우, 기준순위는 20위가 되며, 제1선택단계(S331)에서, 결정된 순위에서 1순위부터 20순위에 해당하는 출력 예측 데이터들을 선택한다.
- [109] 한편, 제1선택단계(S331)에서 최대 값을 갖는 출력 데이터를 광역해로 산출할 경우에는 출력 예측 데이터들을 내림차순으로 순위를 결정한다. 본 발명의 다른 실시예에서는 최저 값을 갖는 출력 데이터를 광역해로 산출할 수 있고, 이 때에는 출력 예측 데이터들을 오름차순으로 순위를 결정하는 것이 바람직하다.
- [110] 선별데이터 추출단계(S332)는 제1선택단계(S331)를 통해 선택된 출력 예측 데이터들에 각각 대응되는 입력 데이터를 추출하는 단계이다.

- [111] 미포함 데이터 추출단계(S333)는 선별데이터 추출단계(S332)를 통해 추출된 입력 데이터들 중 인공신경망 구축에 사용된 학습자료에 미포함된 입력 데이터(T)등을 추출하는 단계이다. 작업자는 추출된 입력 데이터들을 데이터 베이스에 저장한다.
- [112] 재구축 여부 판단단계(S334)는 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들의 수를 기준으로 인공신경망 모델의 재구축 여부를 판별하는 단계이다. 즉, 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들의 수가 기설정된 판별기준 수 미만이면, 인공신경망 모델의 재구축이 필요하지 않은 것으로 판단하고, 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터 수가 기설정된 판별기준 수 이상이면, 인공신경망 모델의 재구축이 필요한 것으로 판단한다.
- [113] 여기서, 판별기준 수는 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 분석대상 데이터 중 입력 데이터로 선택된 데이터의 수와 동일하게 설정할 수 있으나, 이에 한정하는 것이 아니라 분석 데이터의 수에 따라 적합한 수를 임의로 설정할 수도 있다. 예를들어, 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 20개의 입력 데이터를 선택했다면, 판별기준 수는 20이 적용된다.
- [114] 제4모델링 단계(S340)는 제3모델링 단계(S330)를 통해 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단되면, 학습자료를 포함하는 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 결정하는 단계로서, 제2선택단계(S341), 자료 추가단계(S342) 및 집단 추가 단계(S343)를 포함한다.
- [115] 제2선택단계(S341)는 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들 중 일부를 선택하는 단계이다. 이 단계에서는, 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 분석대상 데이터 중 학습자료로 선택된 데이터의 수만큼 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들에서 데이터를 선택하는 것이 바람직하나, 이에 한정하지 않고, 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 학습자료로 선택된 데이터의 수보다 작은 수만큼 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들에서 데이터를 선택할 수도 있다.
- [116] 예를 들어 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 20개의 입력 데이터를 선택했다면, 제2선택단계(S341)에서는 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들 중 20개를 랜덤으로 선택한다.
- [117] 자료 추가 단계(S342)는 제2선택단계(S341)에서 선택된 입력 데이터를 학습자료에 추가하여 새로운 학습자료를 생성하는 단계로서, 데이터 추가 획득단계(S344) 및 자료 생성 단계(S345)를 포함한다.
- [118] 데이터 추가 획득단계(S344)는 제2선택단계(S341)에서 선택된 입력 데이터들을 전산모델에 입력하여 출력된 실제 출력 데이터를 획득하는 단계이다. 전산모델은 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 사용된 전산모델이 적용된다.

- [119] 자료 생성 단계(S345)는 제2선택단계(S341)에서 선택된 입력 데이터 및 데이터 추가 획득단계(S344)에서 획득한 실제 출력 데이터를 학습자료에 추가하여 새로운 학습자료를 생성하는 단계이다.
- [120] 집단 추가 단계(S343)는 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터 및 학습자료에 포함된 입력 데이터를 새로운 탐색집단으로 설정하는 단계이다.
- [121] 한편, 모델 구축 단계(S300)는 제3모델링 단계(S330)를 통해 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단되면, 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 이용하여 제1모델링 단계(S310)부터 제4모델링 단계(S340)까지를 반복하는 것이 바람직하다. 또한, 모델 구축 단계(S300)에서 제1모델링 단계(S310)부터 제4모델링 단계(S340)까지를 다수회 반복하다 제3모델링 단계(S330)에서 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 추출된 입력 데이터들의 수가 기설정된 판별기준 수 미만이면, 이 때의 인공신경망 모델의 재구축이 필요하지 않은 것으로 판단한다.
- [122] 광역해 산출단계(S400)는 모델 구축단계를 통해 재구축이 필요하지 않은 것으로 판단되면 광역해를 산출하는 단계로서, 입력 데이터 산출단계(S410), 출력 데이터 산출단계(S420) 및 완료단계(S430)를 포함한다.
- [123] 입력 데이터 산출단계(S410)는 제1선택단계(S331)에서 선택된 출력 예측 데이터들에 대응되는 입력 데이터를 산출하는 단계이다. 즉, 제1선택단계(S331)에서 선택된 출력 예측 데이터가 출력되도록 상기 인공신경망 모델에 입력된 입력 데이터를 산출한다.
- [124] 출력 데이터 산출단계(S420)는 전산모델을 이용하여 입력데이터 산출단계(S410)에서 선택된 입력 데이터들에 대한 실제 출력 데이터를 산출하는 단계이다. 즉, 입력 데이터 산출단계(S410)에서 산출된 입력 데이터들을 전산모델에 입력하여 출력된 실제 출력 데이터를 획득한다. 이때, 전산모델은 초기 학습자료 생성단계(S100)에서 사용된 전산모델이 적용된다.
- [125] 완료단계(S430)는 출력 데이터 산출단계(S420)에서 산출된 실제 출력 데이터들과 모든 학습자료를 구성하는 실제 출력 데이터들 중 가장 큰 값 또는 가장 작은 값을 갖는 실제 출력 데이터에 대응되는 입력 데이터를 산출하는 단계이다. 이 단계에서 최대 값을 갖는 출력 데이터를 광역해로 산출할 경우에는 가장 큰 값을 갖는 실제 출력 데이터에 대응되는 입력 데이터를 산출하고, 최저 값을 갖는 출력 데이터를 광역해로 산출할 경우에는 가장 작은 값을 갖는 실제 출력 데이터에 대응되는 입력 데이터를 산출하는 것이 바람직하다.
- [126] 이하, 인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법의 적용예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [127] (적용예)
- [128] 적용예로서, 유가스가 매장된 저류층에서 유가스 생산량을 최대화시킬 수 있는 시추위치를 결정하는 문제에서 위 방법을 적용한다. 저류층은 도 9에 도시된

바와 같은 구조를 갖는 것으로서, 도 9는 전산모델에 의한 시물레이션을 위해 상하방향, 좌우방향 및 후방향으로 4800개의 격자로 격자화(I방향×J방향×K방향=40×40×3)시킨 것이다.

- [129] 저류층 중앙에 유가스를 채취하기 위한 기존의 생산정이 설정되어 있으며, 기존의 생산정 외에 유가스 생산량이 최대가 되는 수평정 1개의 시추위치를 산출하는 문제이다. 이때, 수평정은 한 지점에서 상하방향 그리고 좌우방향 등 2가지 방향으로 놓일 수 있기 때문에 분석대상 데이터는 3200개(=40×40×2 방향)의 시추위치에 대한 데이터들이다.
- [130] 먼저 3200개 자료에 대해 전산모델을 사용하여 실제 출력자료를 미리 획득한 후 광역해를 확인하였고, 이를 제안한 인공신경망모델의 광역해 도출 능력을 검증하는 자료로 사용하였다
- [131] 초기 학습자료 생성단계(S100)에서, 저류층을 이루는 시추위치에 대한 데이터들 즉, 분석대상 데이터에서 20개의 시추위치를 입력데이터로 선정하고, 입력 데이터로 선정된 20개의 시추위치에 대한 각각의 데이터를 기구축된 전산모델에 입력하여 시물레이션을 진행한다. 이때, 전산모델은 시추위치의 정보에 따른 유가스 생산량에 대한 전산모델이다. 전산모델에 의해 출력된 20개의 실제 출력 데이터를 입력 데이터와 함께 학습자료로 분류한다.
- [132] 초기 탐색집단 생성단계(S200)에서, 분석대상 데이터들을 탐색집단으로 분류하는데, 저류층 중 외부경계부분, 기존 생산정 설치부분을 제외한 2858개를 탐색집단으로 분류한다.
- [133] 다음, 모델 구축 단계(S300)를 통해 학습자료를 토대로 인공신경망모델을 구축한다. 이때, 실시 예에 적용되는 모델 구축 단계(S300)를 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [134] 먼저, 제1모델링 단계(S310)를 통해, 20개의 입력 데이터 및 20개의 실제 출력 데이터를 통해 인공신경망 모델을 구축하고, 제2모델링 단계(S320)를 통해, 탐색집단을 이루는 2858개의 데이터를 인공신경망 모델에 입력하여 2858개의 출력 예측 데이터를 획득한다.
- [135] 이때, 도 10에는 초기의 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측데이터들과 탐색집단을 이루는 2858개의 데이터를 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들을 비교하는 그래프가 개시되어 있다. 여기서, X축은 탐색집단을 이루는 2858개의 데이터를 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들의 값을 나타낸 것이고, Y축은 2858개의 데이터를 초기의 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측 데이터들의 값을 나타낸 것이다. 또한, 우측 상단의 삼각형은 실제 광역해 즉, 최대 생산량을 갖는 데이터이고, 중앙의 사각형들은 인공신경망 모델을 구축하기 위해 사용된 학습자료에 해당되고, 점선은 30%의 산출비율에 나타내기 위한 기준선이다, 즉, 점선의 상측에 해당되는 점들은 산출비율에 포함된 데이터이고, 점선의 하측에 해당되는 점들은 산출비율에 미포함된

데이터들이다. 이때, 도 10에, $y=x$ 인 가상선(미도시)을 추가한다고 가정하면, $y=x$ 인 가상선의 상측에 위치한 점들은 전산모델을 통해 출력된 데이터보다 초기의 인공신경망 모델을 통해 출력된 데이터가 더 크게 나온 경우이고, $y=x$ 인 가상선의 하측에 위치한 점들은 전산모델을 통해 출력된 데이터보다 초기의 인공신경망 모델을 통해 출력된 데이터가 더 작게 나온 경우이다.

[136] 다음, 제1선택단계(S331)를 통해, 산출된 출력 예측 데이터들을 내림차순으로 순위를 결정한다. 이때, 산출비율을 30%로 설정하여, 결정된 순위에서 1순위부터 857순위까지의 출력 예측 데이터를 선택한다.

[137] 다음, 선별데이터 추출단계(S332)를 통해, 857개의 출력 예측 데이터에 각각 대응되는 입력 데이터를 추출하고, 미포함 데이터 추출단계(S333)를 통해 857개의 출력 예측 데이터 중 인공신경망 구축에 사용된 학습자료에 미포함된 입력 데이터를 추출한다.

[138] 이때, 재구축 여부 판별단계에서 초기 인공신경망 모델을 판단결과, 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터 수가 기설정된 판별기준 수인 20개 이상이므로 초기 인공신경망 모델의 재구축이 필요한 것으로 판단한다.

[139] 다음, 제4모델링 단계(S340)를 통해 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 결정한다. 즉, 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터들 중 20개의 입력 데이터를 선택하고, 선택된 20개의 입력 데이터를 전산모델에 입력하여 실제 출력 데이터들을 산출한다. 이때, 새로 선택된 20개의 입력 데이터와, 실제 출력 데이터를 기존의 학습자료에 포함시켜 새로운 학습자료를 결정한다. 또한, 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터 및 초기 인공신경망 모델의 구축에 사용된 학습자료에 포함된 입력 데이터를 새로운 탐색집단으로 설정한다.

[140] 다음, 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 이용하여 제1모델링 단계(S310)부터 상기 제4모델링 단계(S340)까지를 반복하는데, 제3모델링 단계(S330)에서 인공신경망 모델의 재구축이 필요하지 않다고 판단될 때까지 반복한다.

[141] 도 11에는 두 번째의 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측 데이터들과 탐색집단을 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들을 비교하는 그래프가 개시되어 있고, 도 12에는 세 번째의 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측 데이터들과 탐색집단을 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들을 비교하는 그래프가 개시되어 있고, 도 13에는 네 번째의 인공신경망 모델을 통해 출력된 출력 예측 데이터들과 탐색집단을 전산모델에 입력하여 획득한 실제 출력 데이터들을 비교하는 그래프가 개시되어 있다. 도 11 내지 도 13에 도시된 표식은 도 10에 도시된 표식과 동일한 의미를 갖는다. 도 10 내지 도 13을 참조하면, 인공신경망 모델을 재구축하는 횟수가 증가할수록 탐색집단의 수가 줄어들고, 인공신경망 모델을 통해 출력되는 출력 예측 데이터 값이 전산모델을 통해 출력되는 실제 출력 데이터값에 유사해지고, 인공신경망을

이용하여 실제 광역해 즉, 실제 최대 값을 갖는 데이터에 대해 정확도가 높은 광역해를 산출할 수 있음을 알 수 있다.

- [142] 한편, 위 적용예의 경우, 총 5번의 인공신경망 모델의 구축을 완료한 시점에서 미포함 데이터 추출단계(S333)에서 선택된 입력 데이터수가 8개로 기설정된 판별기준 수인 20개보다 작으므로 인공신경망 모델의 재구축이 필요하지 않은 것으로 판단하고, 8개의 입력 데이터를 전산모델에 입력하여 실제 출력 데이터를 출력한다. 출력된 실제 출력 데이터들과 모든 학습자료의 실제 출력 데이터 중 가장 큰 값을 갖는 실제 출력 데이터에 대응되는 입력 데이터를 광역해로 결정한다. 여기까지가 인공신경망을 구축하여 광역 최적해를 산출하는 과정을 설명한 것이다.

[143]

- [144] 다시 본 발명으로 돌아가서 설명한다.

- [145] 본 발명에서는 도 1에 도시된 바와 같이, 탐색공간을 점차 줄여가되 해상도를 높여가면서, 복수의 시추정에 대한 최적해를 위 인공신경망을 통해 도출한다. 다르게 말하면, 기본격자시스템을 기초로 제1단계 격자시스템으로부터 제n단계 격자시스템까지 순차적으로 단계를 구축하고, 각 단계별로 위의 과정에 따라 인공신경망을 구축하여, 복수의 시추정에 대한 최적해를 찾는다. 차수(i)가 하나씩 증가하여 단계가 올라갈 때마다, 새로운 격자시스템 상의 격자를 이용하여 학습자료를 만들고, 이를 이용하여 인공신경망 모델을 구축하며, 구축된 인공신경망의 탐색집단을 줄여가면서 인공신경망을 재구축한다. 최종적으로 구축된 인공신경망을 이용하여 각 단계에서의 최적 위치에 대한 해를 산출한다.

- [146] 이제 본 발명의 구성과 흐름에 대하여 모두 설명하였으며, 구체적 실시예에 대하여 설명한다.

[147] (실시예)

- [148] 본 발명의 실시예는 도 2에 도시된 유가스 저류층에서 유가스 생산량을 최대화시킬 수 있는 시추위치 2곳을 결정하는 것이다.

- [149] 저류층은 도 2에 도시된 것과 같은 구조이며, 전산모델 시뮬레이션을 위해 저류층을 I방향×J방향×K방향=61×37×3으로 격자화시킨 것이다. 저류층에는 기존 생산정 6개(해칭된 부분, w)가 있어 생산 중에 있으며 저류층 전체의 유가스 생산량을 최대화할 수 있는 생산정 2개를 추가할 경우 최적위치를 선정하는 문제이다.

- [150] 수직 생산정 2개를 추가할 경우 총 가능한 조합은 2,545,896 가지의 경우의 수(평면방향)가 나온다. 물론 위 입력데이터를 도 8에 도시된 인공신경망 알고리즘에 그대로 적용하여 우리가 찾고자 하는 2군데의 최적 위치를 찾을 수도 있다. 그러나 입력 데이터의 개수가 이렇게 많은 경우에는 도 8에 도시된 알고리즘을 그대로 적용하는 경우 실제 최적위치를 찾지 못할 확률이 높아질 수 있다. 본 발명은 이를 해결하기 위하여 나온 것이다. 즉, 본 발명의 연구진에

의하여 개발된 도 8의 알고리즘을 사용하되, 순차적 단계적으로 적용하는 것이다. 즉 다단계 격자시스템을 적용하여 경우의 수를 작게 하여 접근하였다. 디자인 변수로는 $n1 = 5$, $n2 = 3$, $n3 = 1$ 로 설정하고, $r1 = r2 = 5$ 로 정하였다. 여기서, n 은 각 단계에서의 격자의 크기를 말하는 것으로, $n1$ 은 1단계 격자시스템에서 기본격자를 5×5 로 묶어서 하나의 격자로 만든다는 의미이며, $n2=3$ 은 2단계에서 격자의 크기를 기본격자 3×3 개로 만든다는 의미이며, $n3=1$ 은 제3단계에서의 격자는 기본격자와 동일하게 하겠다는 의미이다. $r1 = r2 = 5$ 는 제1단계와 제2단계에서 상위랭크는 각각 5위까지만 산정하겠다는 의미이다. 물론 위 값들은 실시예에 따라 변할 수 있으며, 단계가 훨씬 더 늘어날 수도 있다.

- [151] 먼저 1단계 격자시스템을 구축하기 위해 $n1 = 5$ 로 설정하여, 기본격자시스템의 5×5 격자를 1개의 격자로 구성하였다. 도 14에 1단계 격자시스템이 구축되어 있다. 여기서, 진한 실선이 구축된 1단계 격자시스템이며, 검은색 격자는 이 시스템에서 시추정이 놓일 수 있는 위치를 나타낸다. 가는 실선은 기본격자시스템을 의미한다. 1단계 격자시스템에서는 2개의 시추정을 위치시킬 수 있는 경우의 수 즉, 탐색공간이 총 3,486가지로 급격히 줄어 들었다. 이 격자시스템에 대해 도 8에 도시된 광역해를 찾는 알고리즘을 적용한다. 도 15는 도 8에 도시된 과정을 통해 인공신경망을 구축 및 재구축하는 과정을 나타낸 것이다. 도 15(a) 내지 도 15(d)는 앞의 도 10 내지 도 13과 대응되는 것이다.
- [152] 도 15(d)의 우측 상단에 삼각형으로 표시된 데이터가 제1단계에서의 광역해, 즉 복수의 시추정의 최적 위치이다.
- [153] 그리고 $r1 = 5$ 로 설정하여 도 15(d)의 최종 결과에서 상위 5랭크의 해를 모아 놓은 것이 도 16의 헤칭된 격자들이다. 상위랭크를 5개 중에서 중복되는 격자가 많아서 실제 6개의 격자만 선택되었다.
- [154] 도 16의 상위 5랭크 영역 주변을 조금더 확장하여 제2단계 격자시스템을 구축하였다. 도 17에는 2단계 격자시스템이 진한 실선으로 나타나 있으며 시추가능 위치가 검은색으로 표시되어 있다. 제2단계 격자시스템에서의 탐색공간의 크기는 280개로, 도 8에 도시된 인공신경망 모델을 다시 구축하여 광역해를 구하고 상위 5랭크를 표시한 결과가 도 18에 나타나 있다. 도 18에서 헤칭된 격자는 상위 5랭크 해에 해당하는 것으로, 이 영역을 조금 더 확장하여 탐색공간으로 설정한 후 도 19와 같이 제3단계 격자시스템을 구축한다. 도 19를 참고하면, 제3단계 격자시스템은 기본격자시스템의 격자크기와 동일하며 탐색공간은 2,800 가지의 경우의 수(입력데이터)가 있다.
- [155] 다시 제3단계 격자시스템을 대상으로 도 8에 도시된 인공신경망 모델을 이용하여 광역해를 도출한다. 인공신경망을 구축, 재구축하는 과정은 도 20(a) 내지 도 20(d)에 순차적으로 나타나 있다. 도 20(d)의 우측 상단에 삼각형으로 나타낸 점이 최종 광역해이다. 이 광역해의 입력데이터를 제3단계 격자시스템에 나타내면 도 21과 같이 된다.
- [156] 제3단계 격자시스템에서의 격자 크기는 기 격자 크기와 동일하므로 이제

격자시스템을 갱신하지 않고 제3단계에서 도출된 해를 최종 해로 결정한다. 도 21에서 r로 표시된 2개의 격자가 최종적으로 2개의 시추정이 각각 설치될 최적 위치이다.

- [157] 참고로, 도 22는 기존 생산정 6개의 생산프로파일과, 여기에 추가 생산정 2개의 최적위치를 포함한 생산프로파일을 전산모델을 통해 비교한 것이다.
- [158] 이상에서 설명한 바와 같이, 기본격자시스템을 직접 사용하여 인공신경망 모델을 한 번 적용해서 2개의 최적 위치를 찾아내고자 하는 경우, 2,545,896가지의 경우를 모두 다뤄야하는 어려운 상황이 있다. 그러나 본 발명에서는 기존과 달리 다단계 격자시스템의 접근법을 사용하면 총 3번의 단계를 거쳐 6,566 ($=3,486+280+2,800$) 가지의 경우만 고려하면 된다.
- [159] 즉, 본 발명에 따라 다단계 격자시스템을 이용하여 광역해를 찾는 알고리즘을 이용하면, 고려해야하는 경우의 수가 기하급수적으로 증가하는 경우에도 매우 쉽게 광역해를 찾을 수 있는 장점이 있다. 물론 각 단계별로 인공신경망을 새롭게 구축해야 하지만, 최근 인공신경망의 구축 속도는 매우 빠르므로 본 발명을 적용하는데 있어서 문제가 되지 않는다.
- [160] 본 발명의 연구진에 의하여 개발된 “인공신경망을 이용하여 광역해를 산출하는 방법”은 입력데이터가 매우 많은 경우 한 번에 직접 적용하여 실제 광역해를 찾기에는 현실적으로 제한이 있었다. 그러나 본 발명을 통해 다단계로 접근함으로써 최적해를 찾는 과정이 매우 빠를 뿐만 아니라, 찾아진 광역해가 실제 광역해와 일치할 가능성이 높아졌다. 이에 본 발명을 이용하면 기존의 전산모델을 이용한 시뮬레이션을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.
- [161] 본 발명은 앞서도 설명하였듯이, 컴퓨터에서 프로그램으로 실행된다. 이에 본 발명은 상기한 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램이 수록된 기록 매체를 제공한다.
- [162] 한편, 지금까지 본 발명에서 사용하는 인공신경망 모델로서 도 8에 도시된 형태를 예로 들어 설명하였으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 이외에도 기존에 개발되어 있는 유전자 알고리즘과 같은 다른 광역해 탐색모델은 물론 또 다른 인공신경망모델을 사용할 수도 있을 것이다.
- [163] 또한 본 발명이 복수의 시추정의 위치를 사용하는 것으로 설명하였으나, 1개의 시추정을 찾는 데에도 사용될 수 있다.
- [164] 또한 인공신경망 모델의 재구축 여부를 판단하기 위한 판별기준 수를 N인 것으로 설명 및 도시하였으나, 판별기준 수가 이에 한정되는 것은 아니며, 예컨대 T가 $N \sim 3N$ 사이에서 사전에 정해진 값보다 작은 경우로 확장할 수 있다. 더 확장해서 $3N$ 이상의 값에 대해서도 적용할 수 있을 것이다.
- [165] 본 발명의 보호범위가 이상에서 명시적으로 설명한 실시예의 기재와 표현에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 자명한 변경이나 치환으로 말미암아 본 발명이 보호범위가 제한될 수도 없음을 다시 한 번 첨언한다.

청구범위

- [청구항 1] (a)오일 또는 가스 저류층을 다수의 기본격자들로 구획하여 형성된 기본격자시스템의 전체 영역을 탐색공간으로 설정하며, 상기 탐색공간을 상기 기본격자보다 큰 크기의 격자로 다시 구획하는 단계;
 (b)탐색공간 내 다수의 격자들 중에서 어느 격자에 하나 이상의 시추정이 위치하면 적합한지를 인공신경망 평가모델을 적용하여 평가하고, 격자별 적합도를 순위로 나타내는 단계;
 (c)상기 평가단계에서 사용한 현재의 격자 크기가 상기 기본격자의 크기보다 일정 범위 이상 큰 경우 탐색공간을 재구축하기 위한 후속 단계를 진행하며, 일정 범위 내에 있다면 상기 평가단계의 결과를 최적 위치로 결정하는 단계;
 (d)상기 평가단계에서 격자별 적합도에서 일정 순위까지의 상위 랭크에 기록된 격자들을 새로운 탐색공간으로 재구축하는 단계;
 (e)재구축된 탐색공간을 상기 기본격자 크기 이상이되 선행하는 상기 평가단계에서 사용한 격자 크기 보다는 작은 크기의 격자들로 재구획하는 단계;를 포함하며,
 상기 탐색공간 내의 격자 크기를 점차 작게 하여 상기 기본격자의 크기와 일정 범위 내에서 동일하게 됨으로써, 상기 (c)단계에서 상기 시추정의 최적 위치가 결정될 때까지, 상기 (b)단계에서 (e)단계까지를 반복적으로 수행하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 (a)단계 또는 (e)단계에서 상기 탐색공간을 기본격자보다 큰 크기의 격자로 구획할 때, 상기 기본격자를 복수 개 묶어서 하나의 격자로 형성하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 (d)단계에서 탐색공간을 재구축할 때,
 상기 상위랭크의 격자들이 차지하는 기본영역과, 상기 기본영역으로부터 주변으로 일정 범위 내에서 확장한 추가영역을 합하여 탐색공간으로 재구축하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
 상기 추가영역은 상기 상위랭크의 격자들 옆에 바로 이웃하는 격자의 중심부를 포함하지 않는 범위까지만 확장하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.

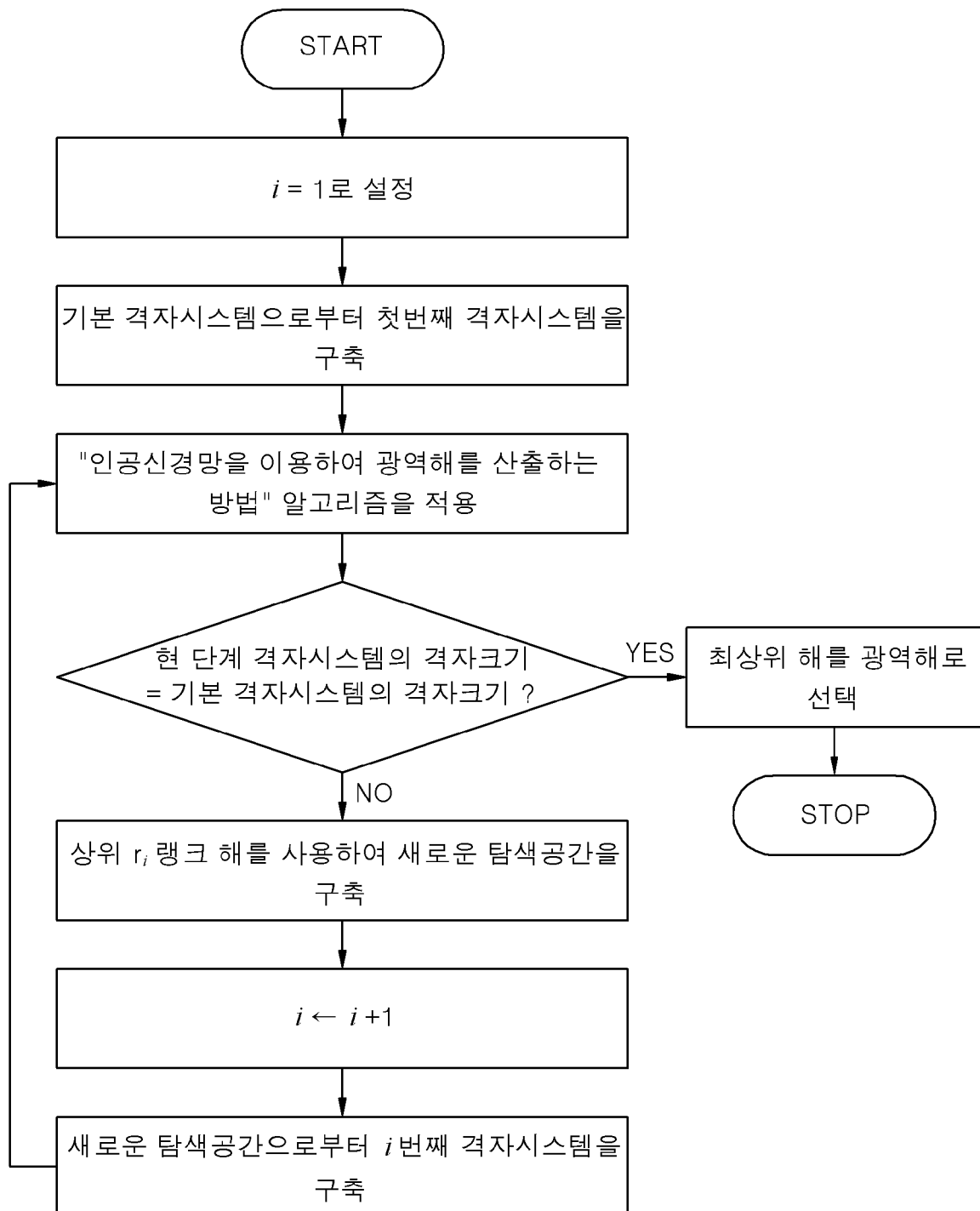
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 추가영역을 결정할 때, 상기 격자 내부의 기본격자들 단위로 확장하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
 상기 인공신경망 모델을 이용한 평가방법은,
 다수의 분석대상 데이터 중 선택된 입력 데이터들과, 상기 분석대상 데이터를 분석하기 위해 구축된 전산모델에 상기 입력 데이터들을 입력하여 출력된 실제 출력 데이터들을 학습자료로 분류하는 초기 학습자료 생성단계;
 상기 분석대상 데이터를 탐색집단으로 분류하는 초기 탐색집단 생성단계;
 상기 학습자료를 이용하여 상기 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하되, 상기 인공신경망 모델에 상기 탐색집단을 입력시 출력되는 데이터를 토대로 상기 인공신경망 모델의 재구축 여부를 판단하고, 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단시 학습자료를 재설정하여 인공신경망 모델을 재구축하는 모델 구축 단계; 및
 상기 모델 구축단계를 통해 인공신경망 모델의 재구축이 필요없다고 판단시 광역해를 산출하는 광역해 산출단계;를 포함하며,
 상기 분석대상 데이터는 상기 복수의 시추정이 설치되는 상기 격자의 위치에 대한 데이터인 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
 상기 모델 구축 단계는,
 상기 학습자료를 이용하여 상기 전산모델에서 출력되는 데이터를 예측하기 위한 인공신경망 모델을 구축하는 제1모델링 단계;
 상기 인공신경망 모델에 상기 탐색집단에 포함된 각 데이터들을 입력하여 출력 예측 데이터를 획득하는 제2모델링 단계;
 상기 출력 예측 데이터들을 토대로 상기 인공신경망 모델에 대한 재구축 여부를 판단하는 제3모델링 단계; 및
 상기 제3모델링 단계를 통해 상기 인공신경망 모델의 재구축이 필요하다고 판단되면, 상기 학습자료를 포함하는 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 결정하는 제4모델링 단계를 포함하고,
 상기 새로운 학습자료 및 새로운 탐색집단을 이용하여 상기 제1모델링 단계부터 상기 제4모델링 단계까지를 반복하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.

- [청구항 8] 제7항에 있어서,
 상기 제3모델링 단계는
 상기 제2모델링 단계를 통해 산출된 출력 예측 데이터들 중 기설정된
 선별기준에 해당하는 출력 예측 데이터들을 선택하는 제1선택단계;
 상기 제1선택단계를 통해 선택된 출력 예측 데이터들에 각각 대응되는
 입력데이터를 추출하는 선별데이터 추출단계;
 상기 선별데이터 추출단계를 통해 추출된 입력 데이터들 중 상기
 인공신경망 구축에 사용된 학습자료에 미포함된 입력 데이터를 추출하는
 미포함 데이터 추출단계; 및
 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들의 수가
 기설정된 판별기준 수 미만이면, 상기 인공신경망 모델의 재구축이
 필요하지 않은 것으로 판단하고, 상기 미포함 데이터 추출단계에서
 선택된 상기 입력 데이터 수가 기설정된 판별기준 수 이상이면, 상기
 인공신경망 모델의 재구축이 필요한 것으로 판단하는 재구축 여부
 판단단계;를 포함하는, 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서
 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
 상기 제3모델링 단계는,
 상기 판별기준 수는 상기 초기 학습자료 생성단계에서 상기 분석대상
 데이터 중 상기 입력 데이터로 선택된 데이터의 수와 동일한 것을
 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정
 위치 최적화 방법.
- [청구항 10] 제8항에 있어서,
 상기 제4모델링 단계는,
 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들 중 일부를
 선택하는 제2선택단계;
 상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터를 상기 학습자료에 추가하여
 새로운 학습자료를 생성하는 자료 추가 단계; 및
 상기 미포함 데이터 추출단계에서 선택된 입력 데이터 및 상기
 학습자료에 포함된 입력 데이터를 새로운 탐색집단으로 설정하는 집단
 추가 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서
 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,
 상기 제2선택단계에서는,
 상기 초기 학습자료 생성단계에서 상기 학습자료로 선택된 입력
 데이터의 수 또는 상기 학습자료로 선택된 입력 데이터의 수보다 작은
 수만큼 상기 미포함 데이터 추출단계에서 추출된 입력 데이터들에서
 데이터를 선택하는 것을 특징으로 하는 유가스 저류층에서 인공신경망을

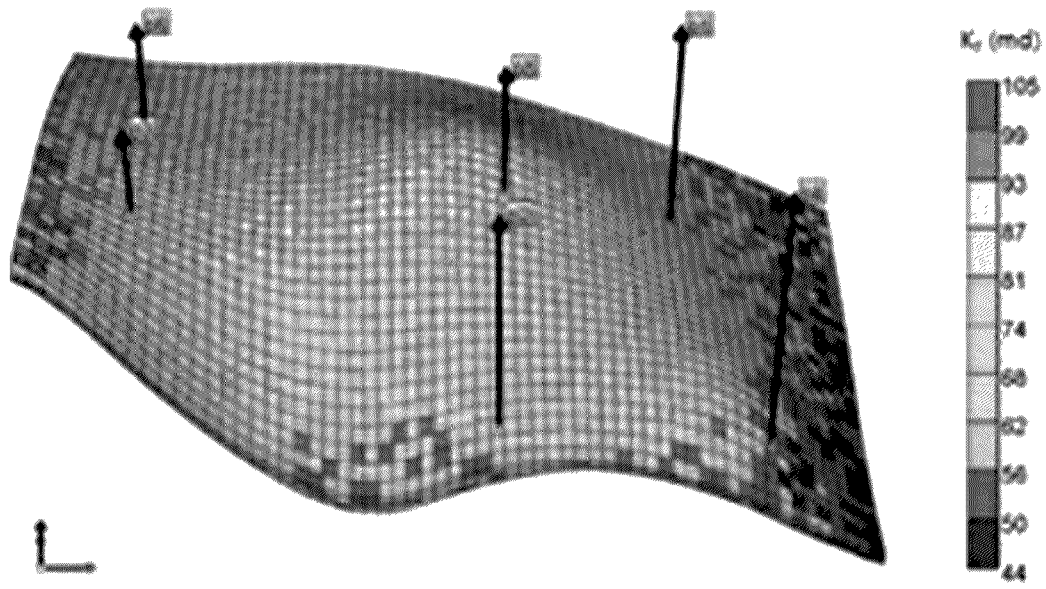
이용한 복수의 시추정 위치 최적화 방법.

[청구항 12] 제10항에 있어서,
상기 자료 추가 단계는,
상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터들을 상기 전산모델에
입력하여 출력된 실제 출력 데이터를 획득하는 데이터 추가 획득단계; 및
상기 제2선택단계에서 선택된 입력 데이터 및 상기 데이터 추가
획득단계에서 획득한 실제 출력 데이터를 상기 학습자료에 추가하여
새로운 학습자료를 생성하는 자료 생성 단계를 포함하는, 것을 특징으로
하는 유가스 저류층에서 인공신경망을 이용한 복수의 시추정 위치
최적화 방법.

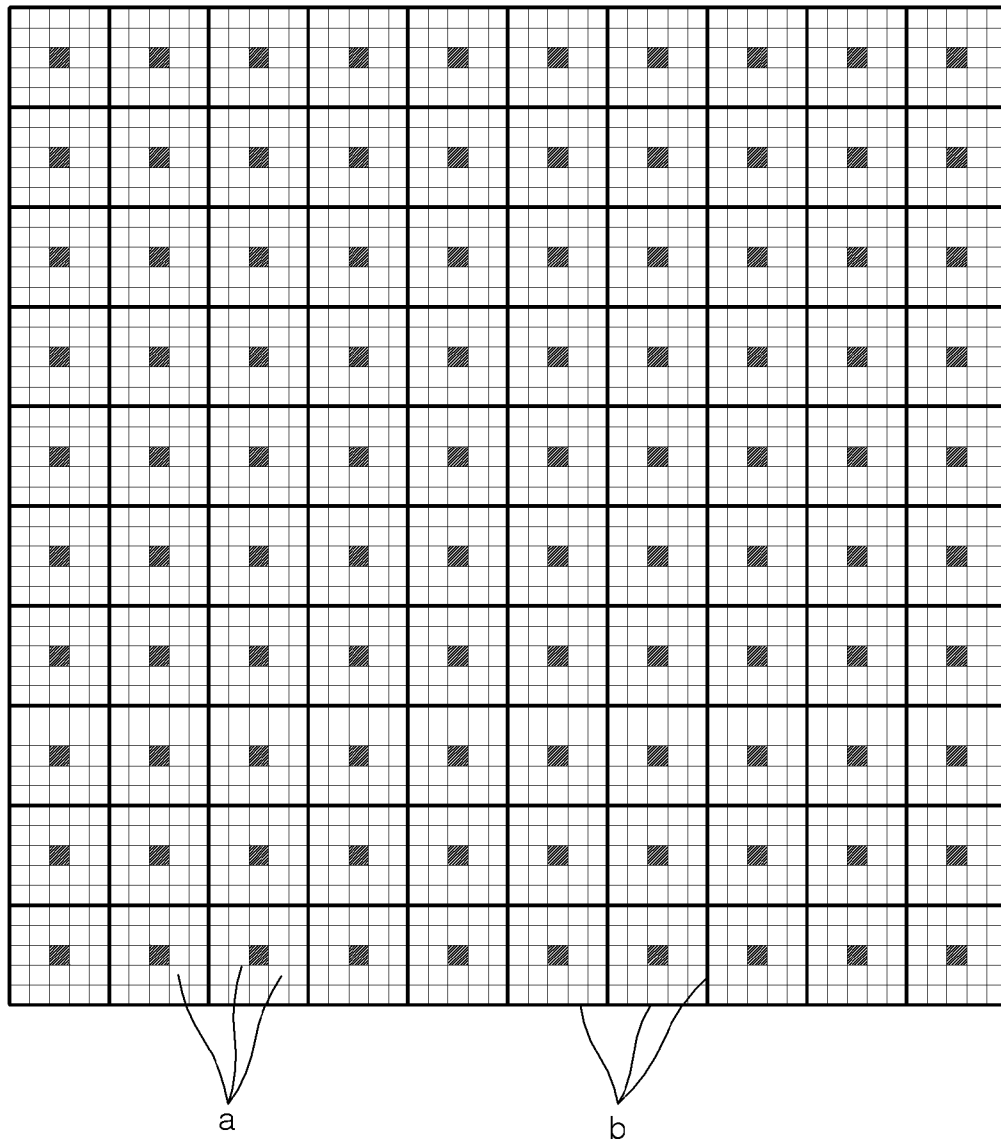
[도1]



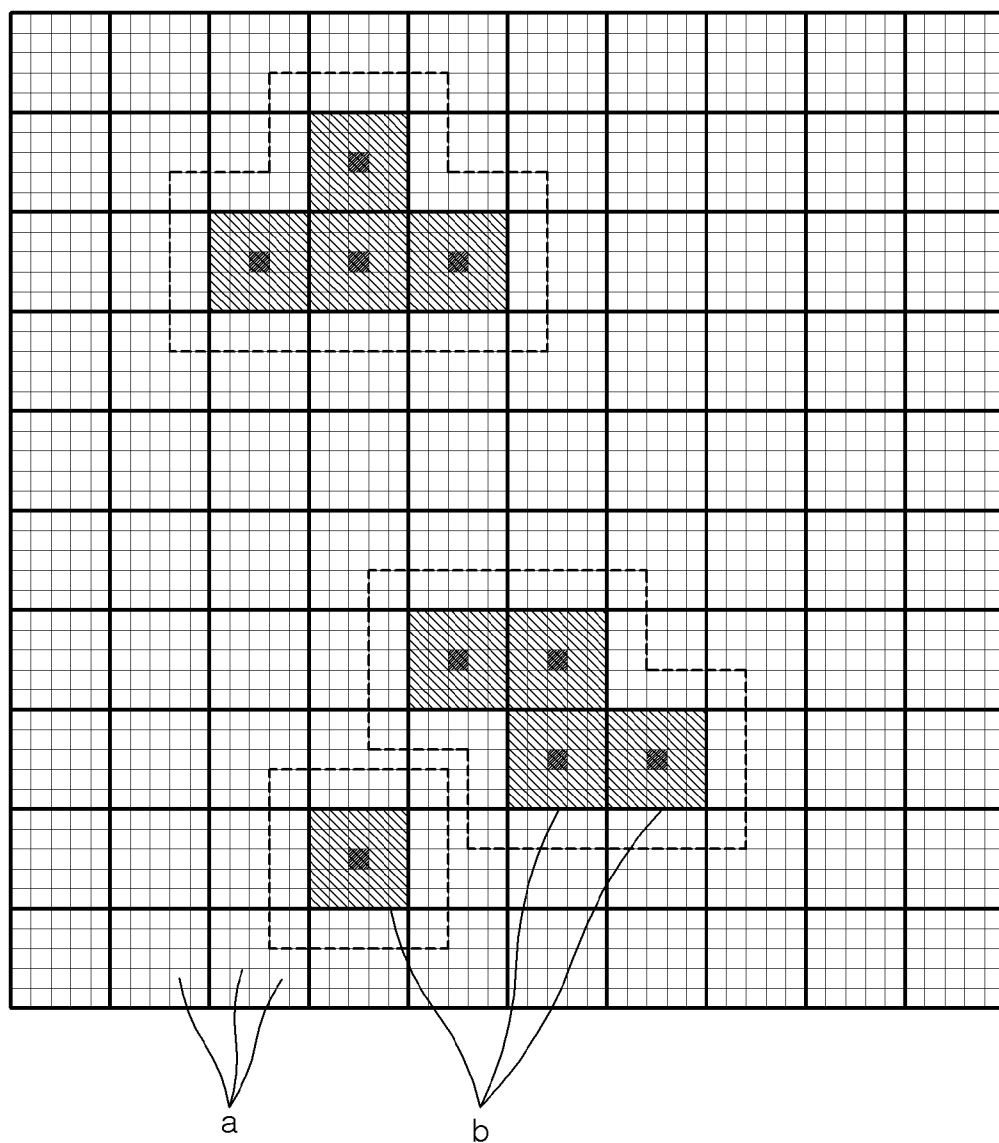
[도2]



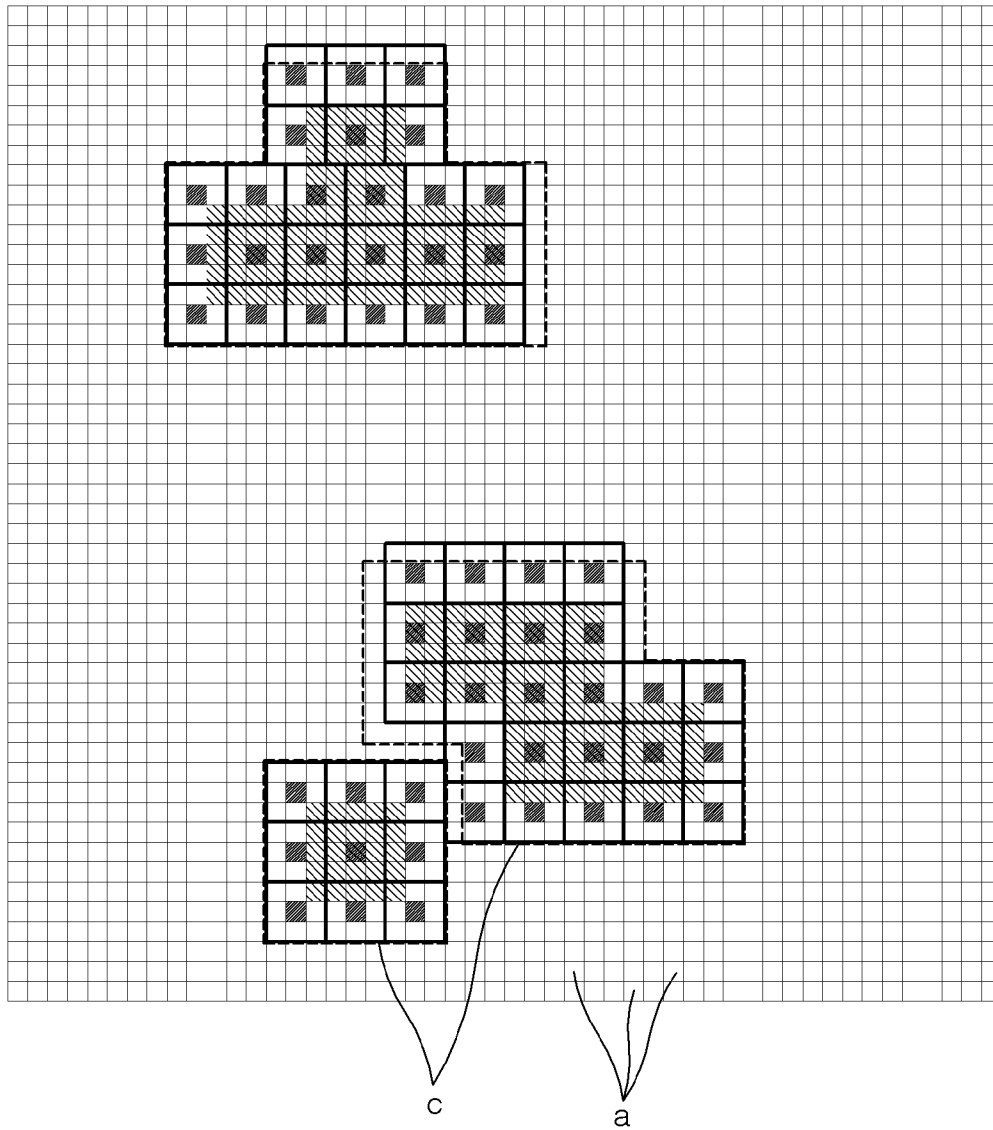
[도3]



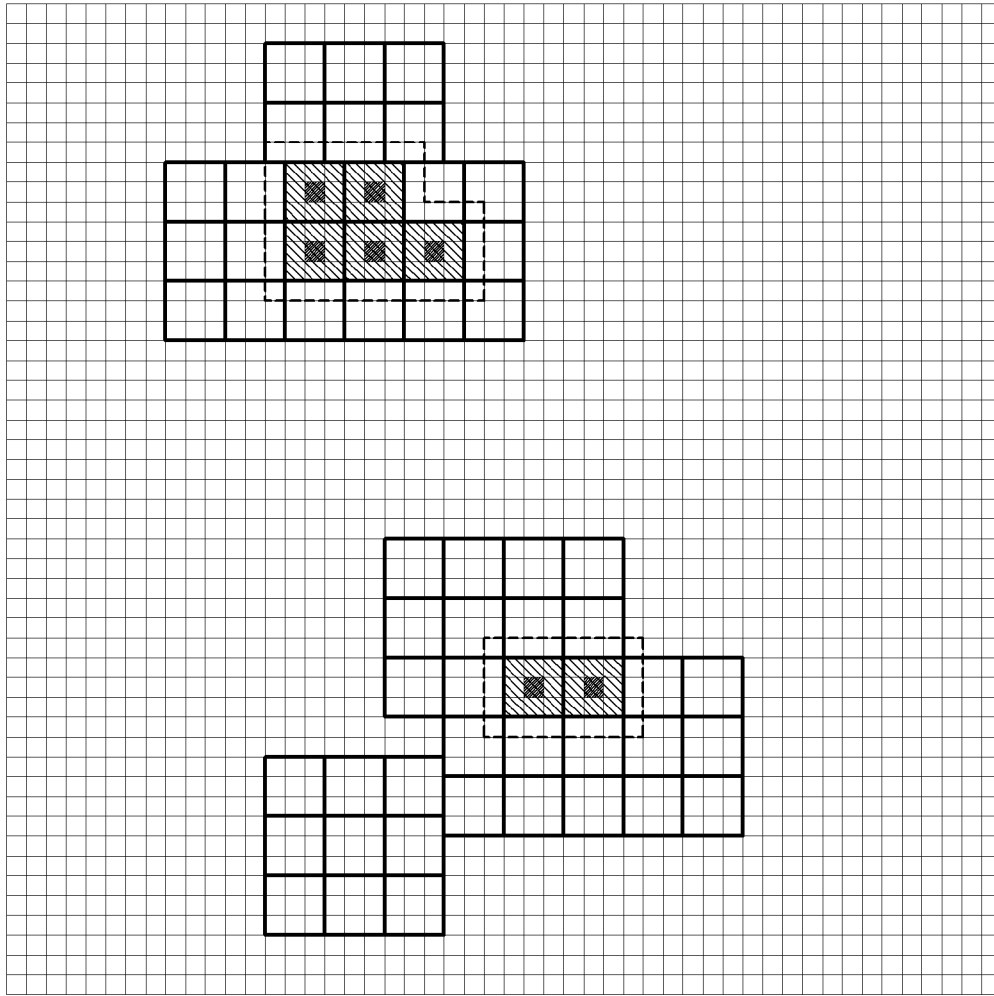
[54]



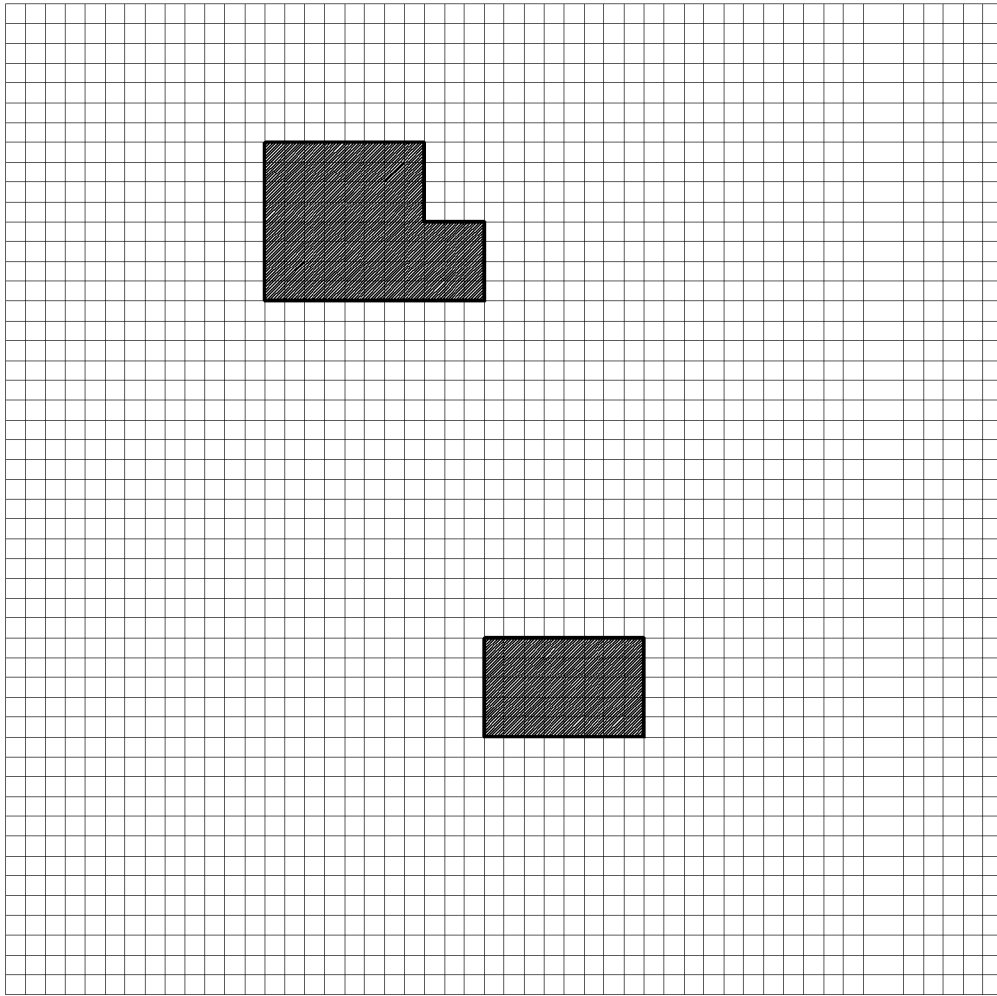
[도5]



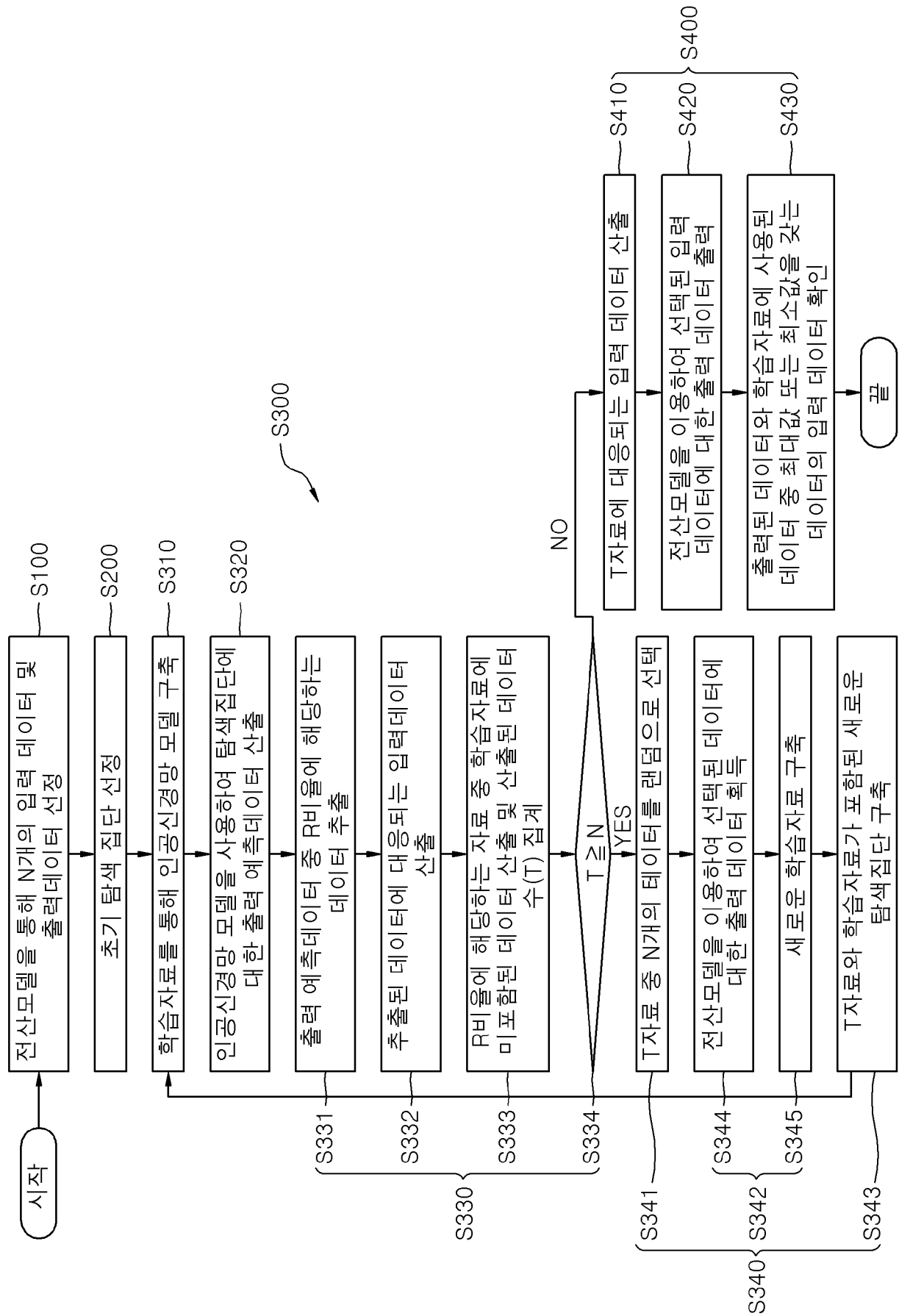
[도6]



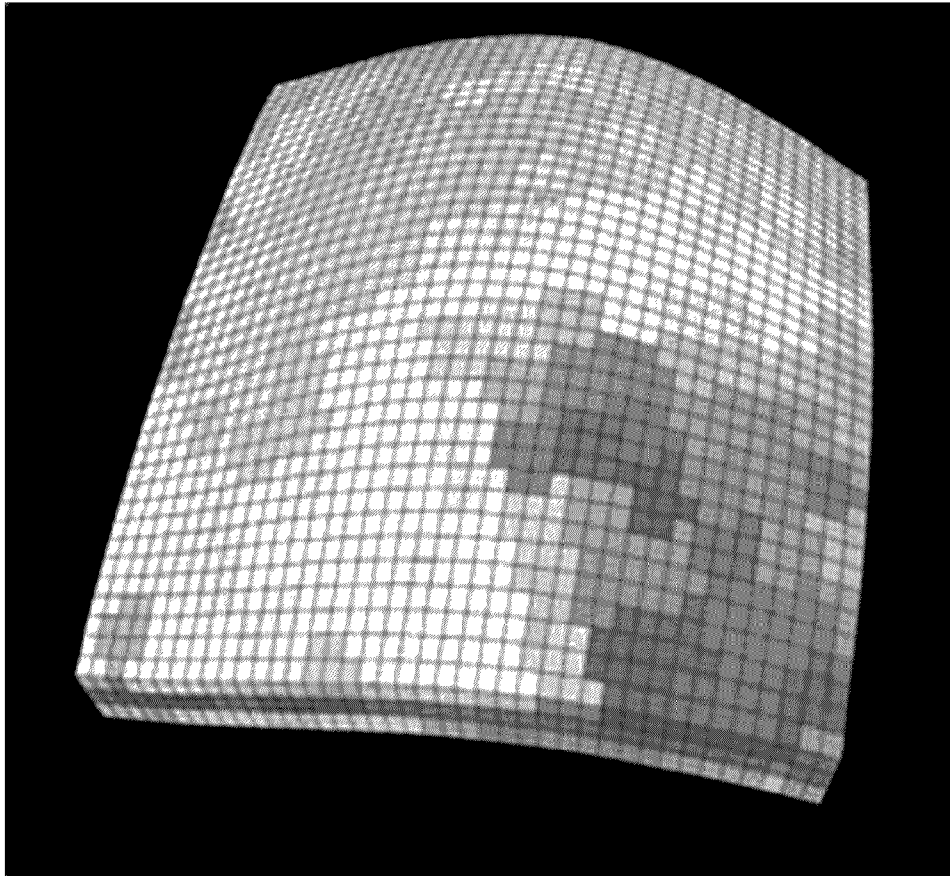
[도7]



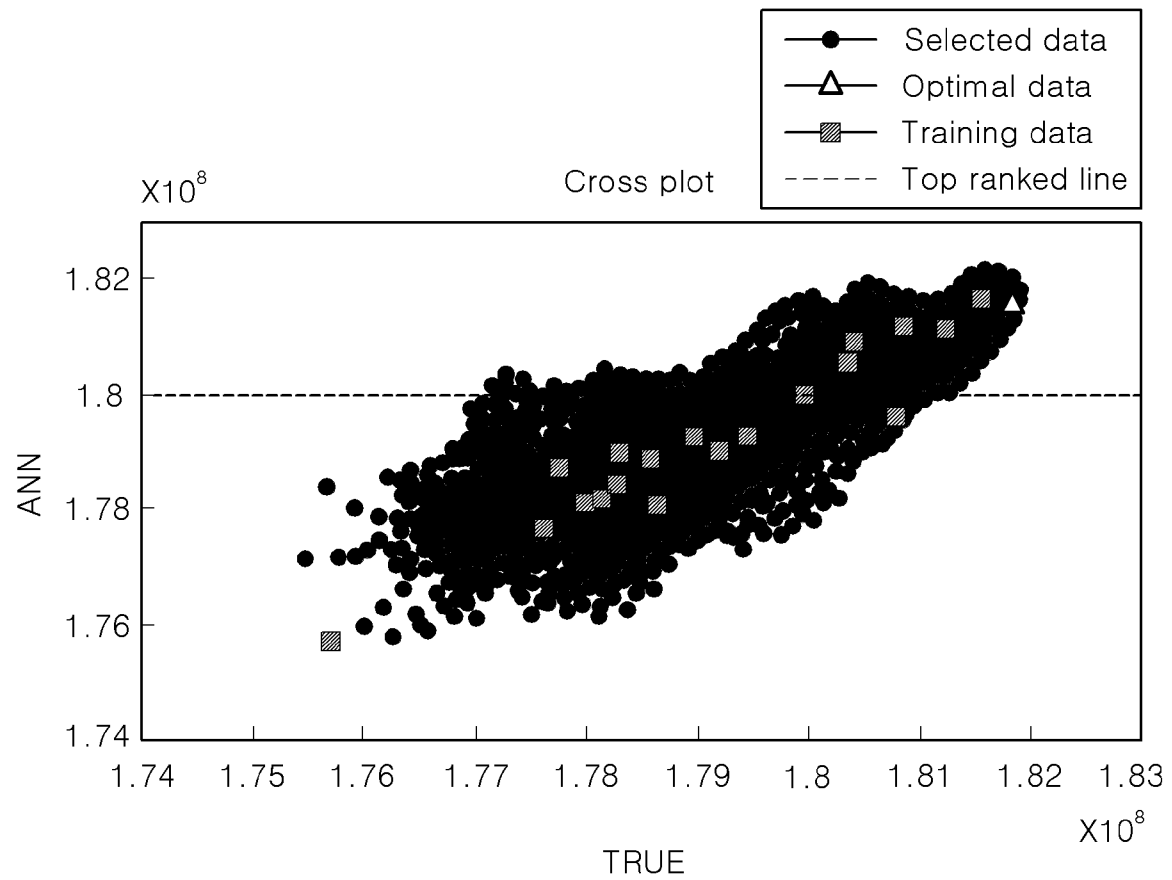
[도8]



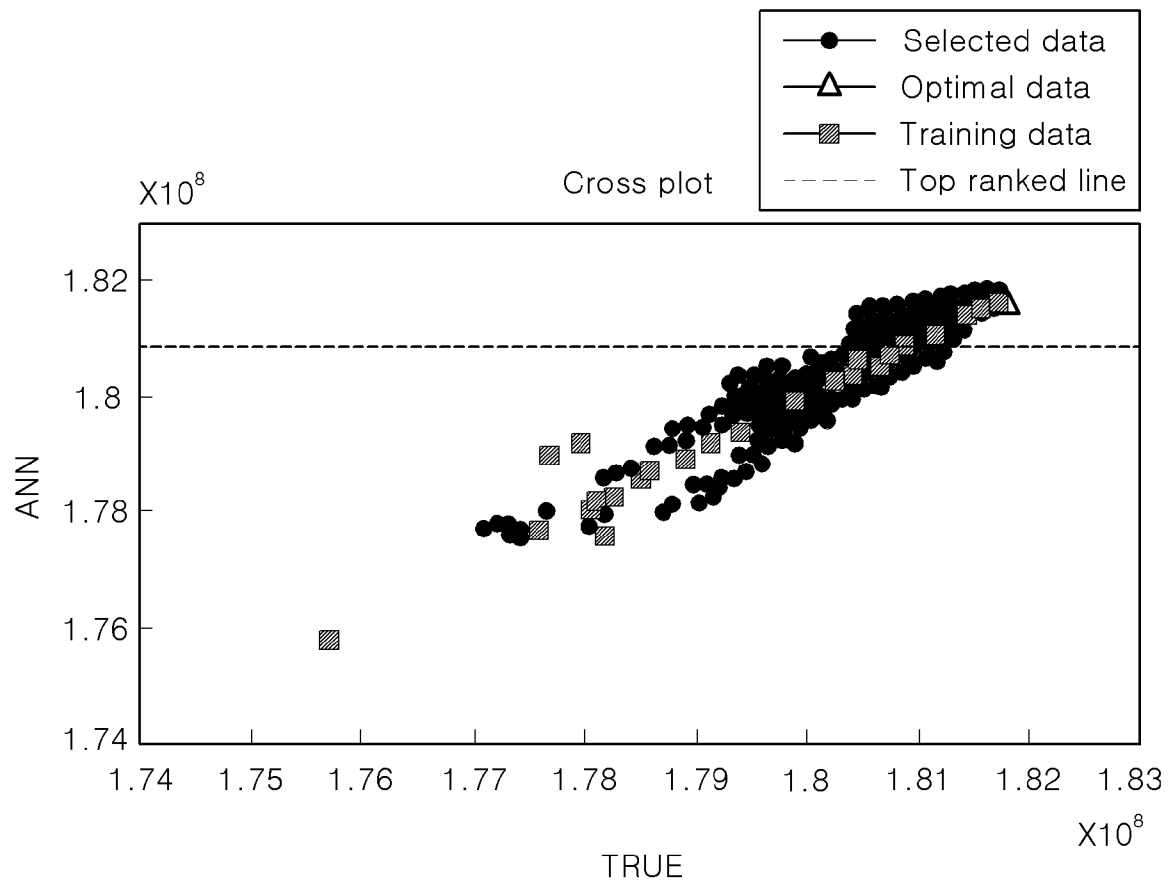
[도9]



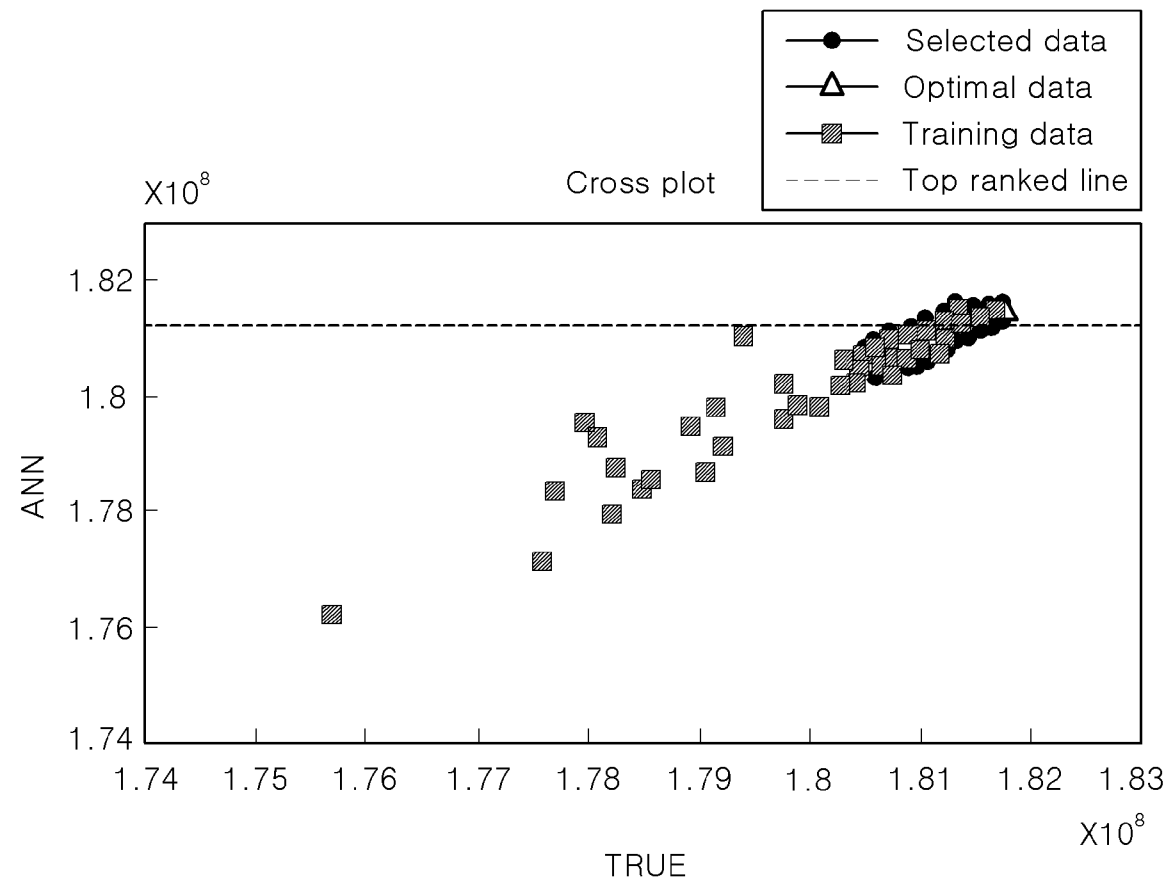
[도10]



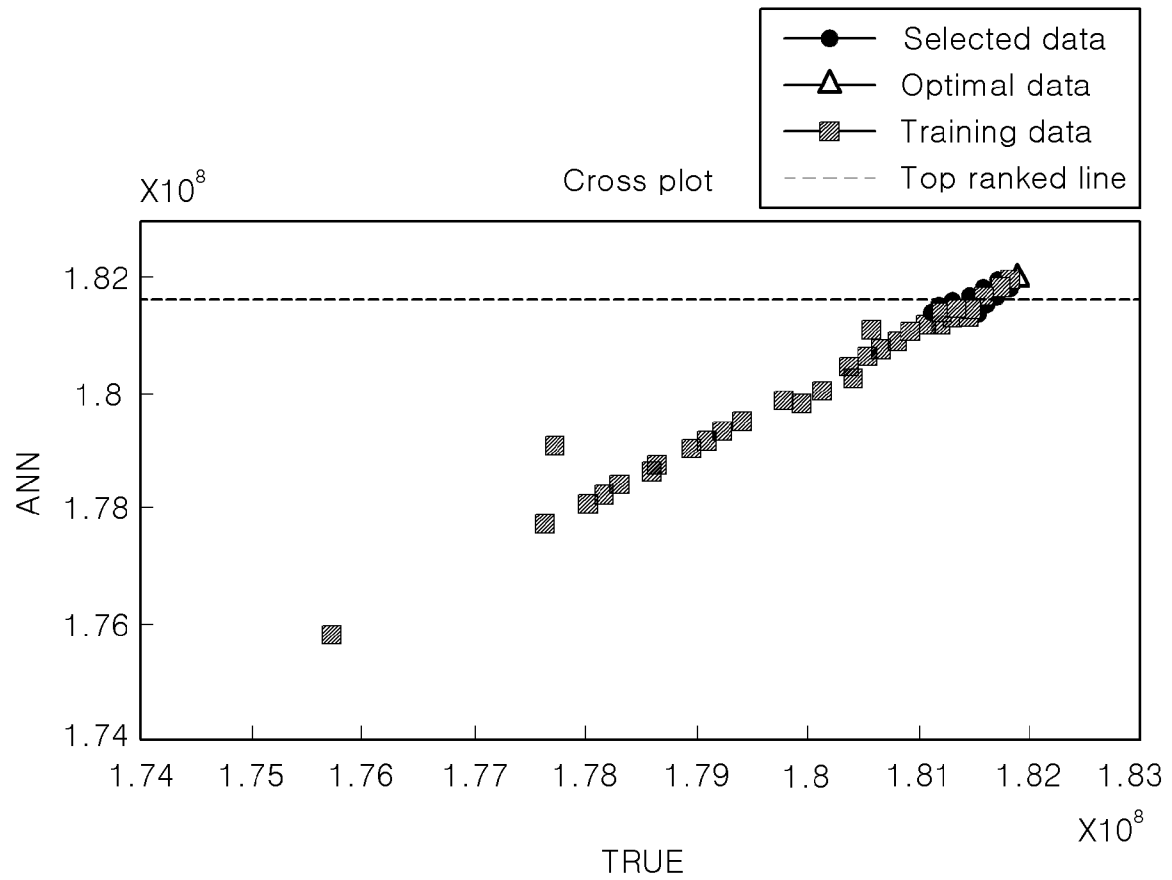
[도11]



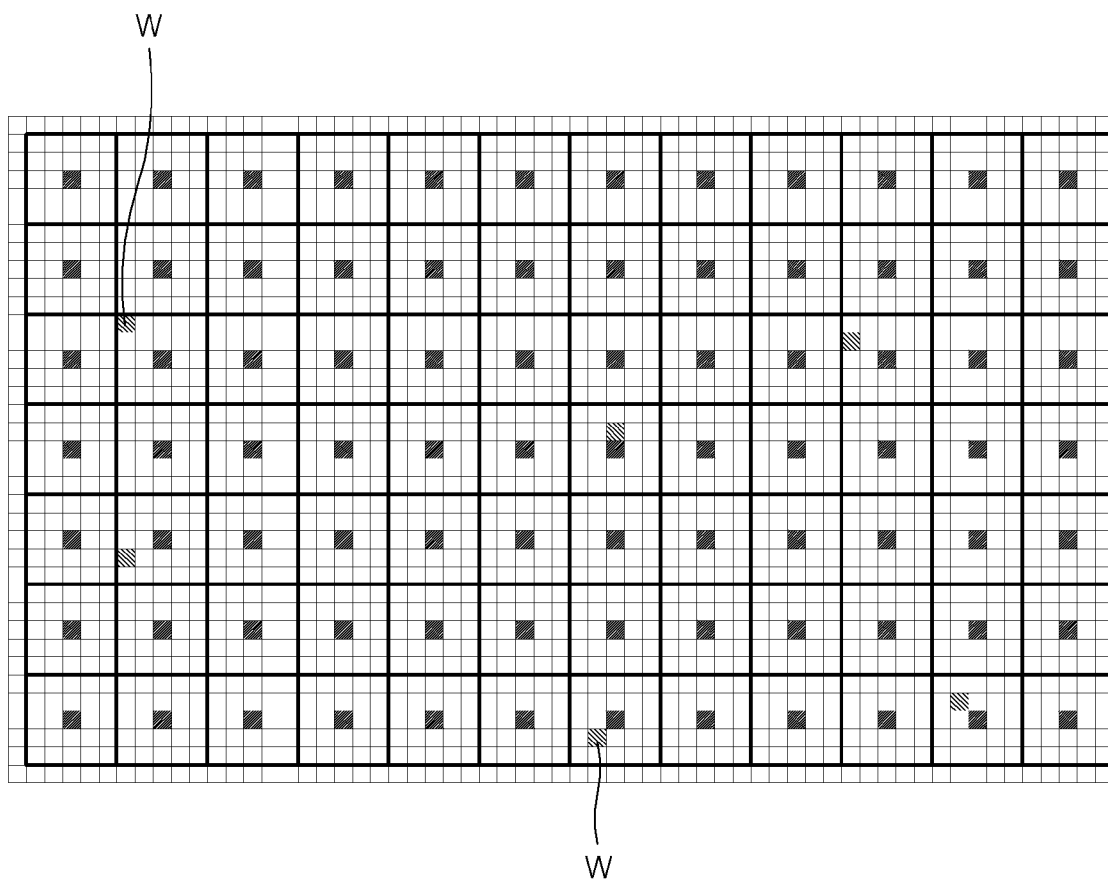
[도12]



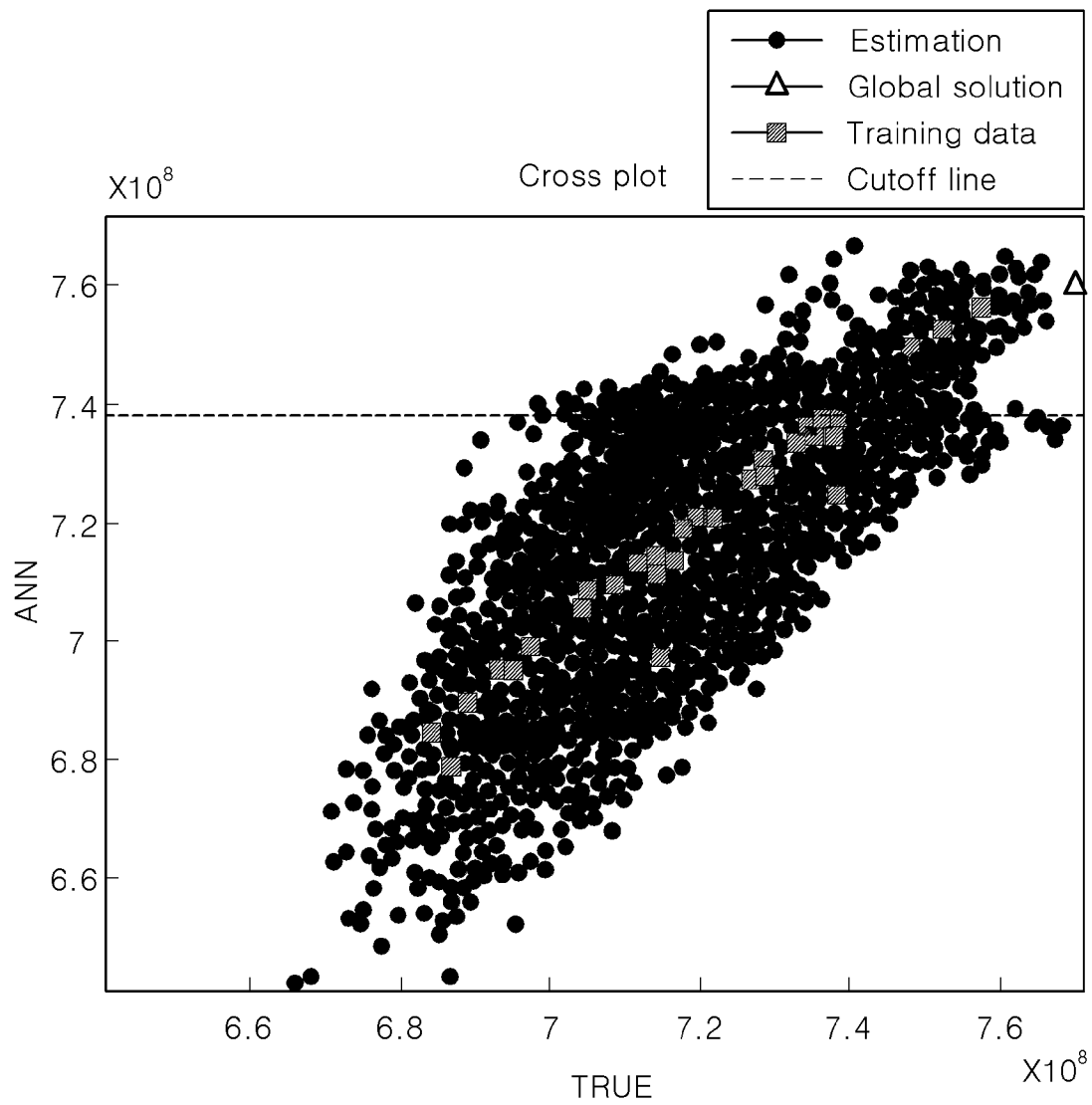
[도13]



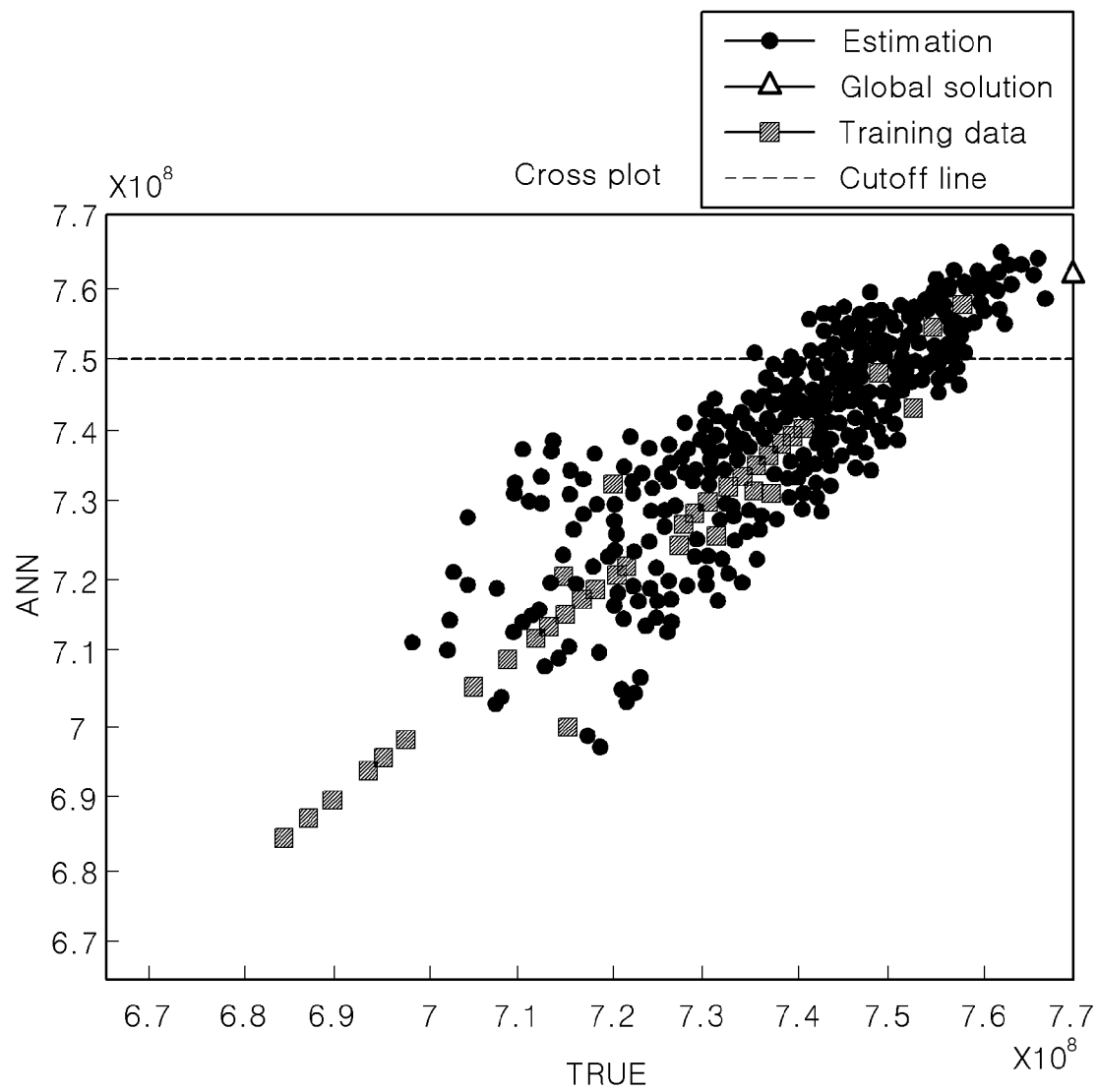
[도14]



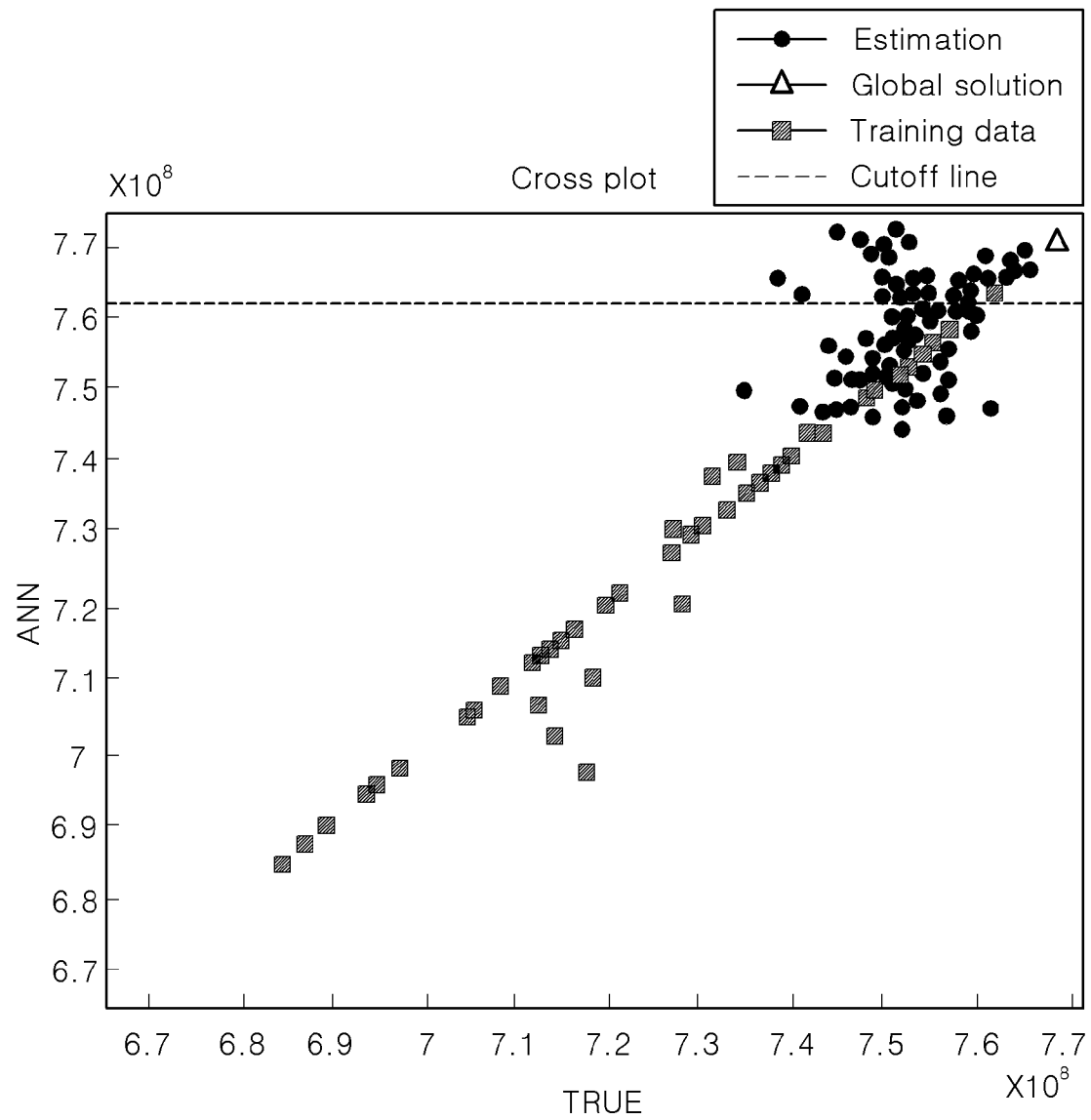
[도 15a]



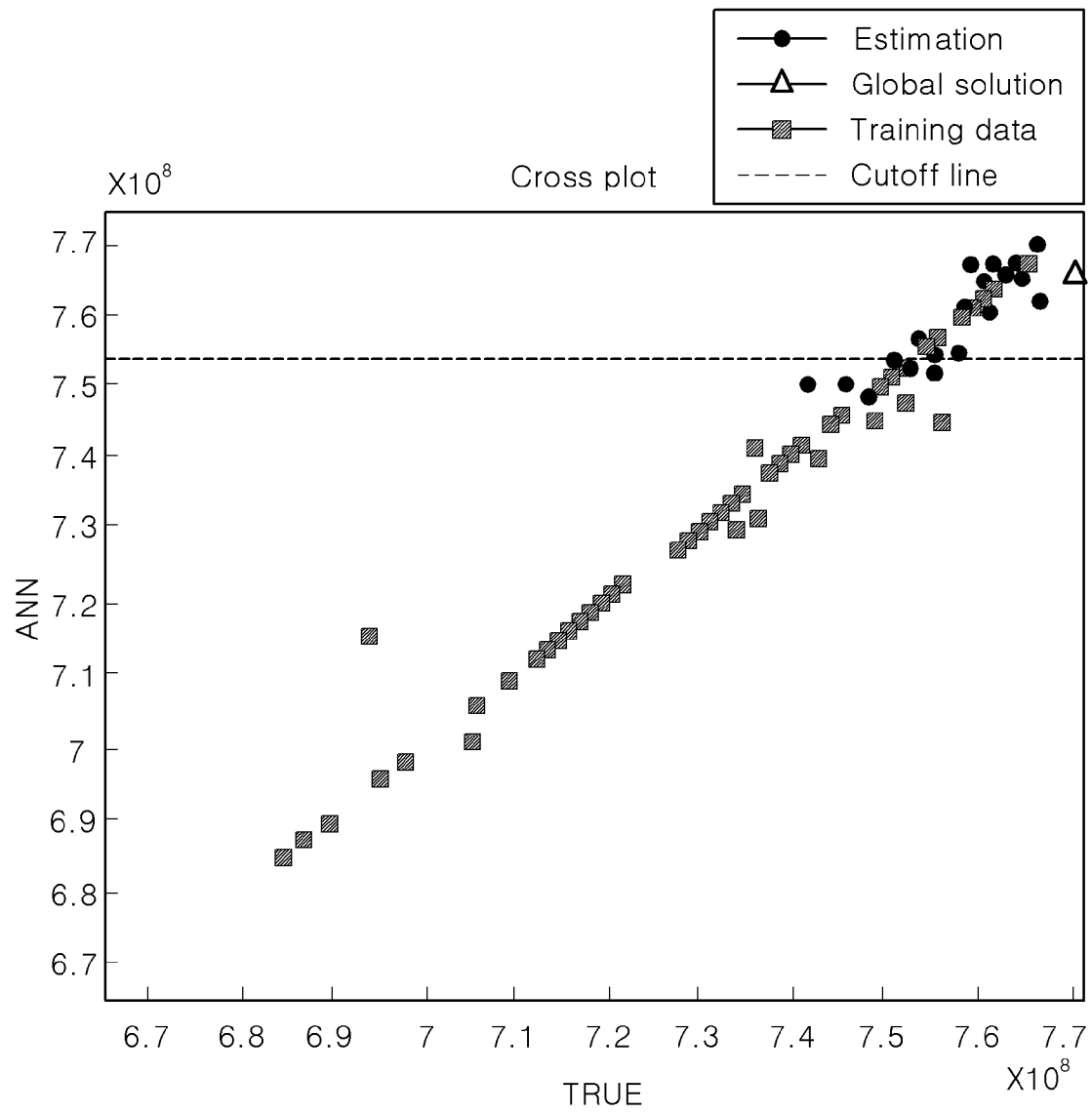
[도15b]



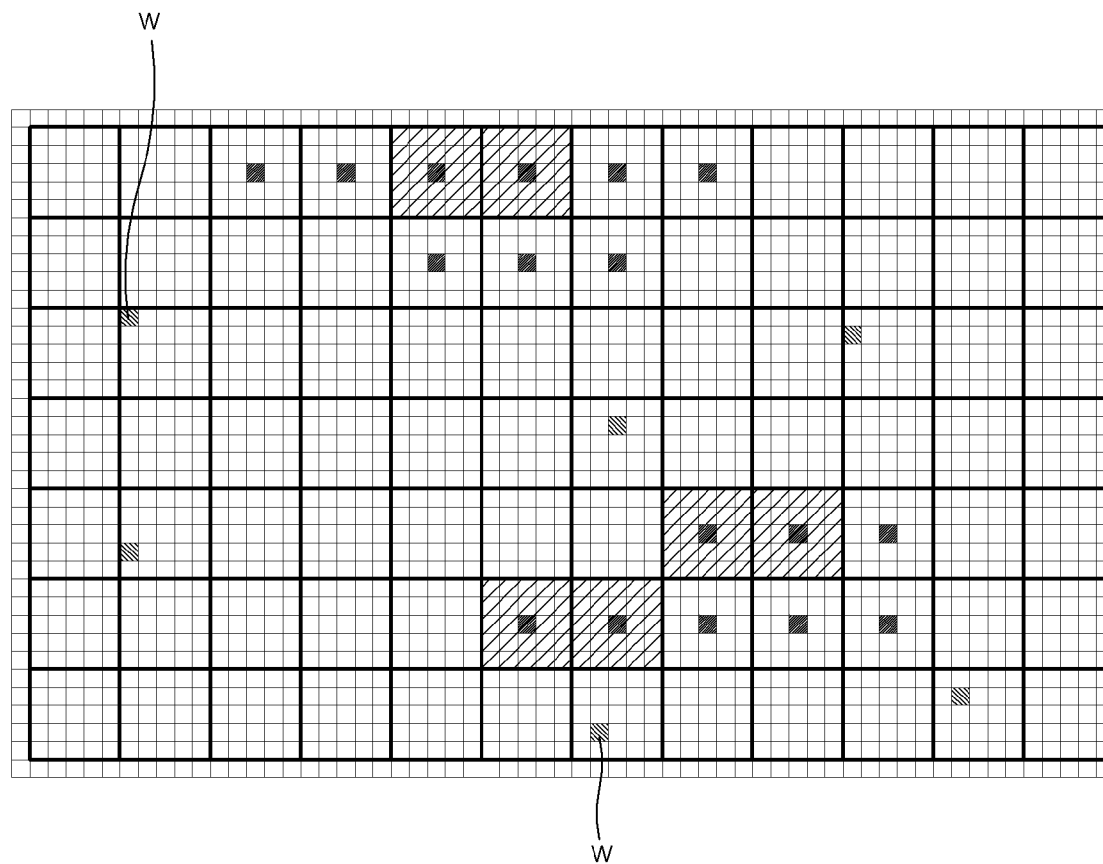
[도15c]



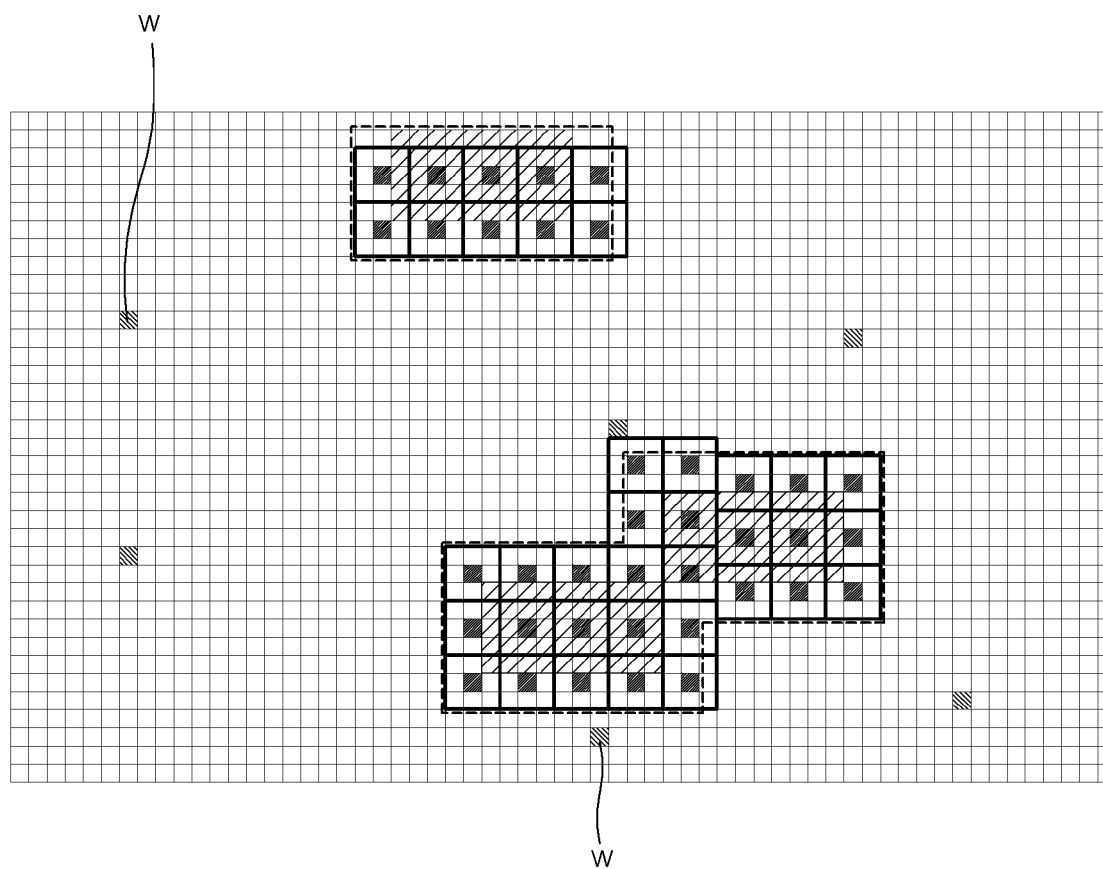
[도15d]



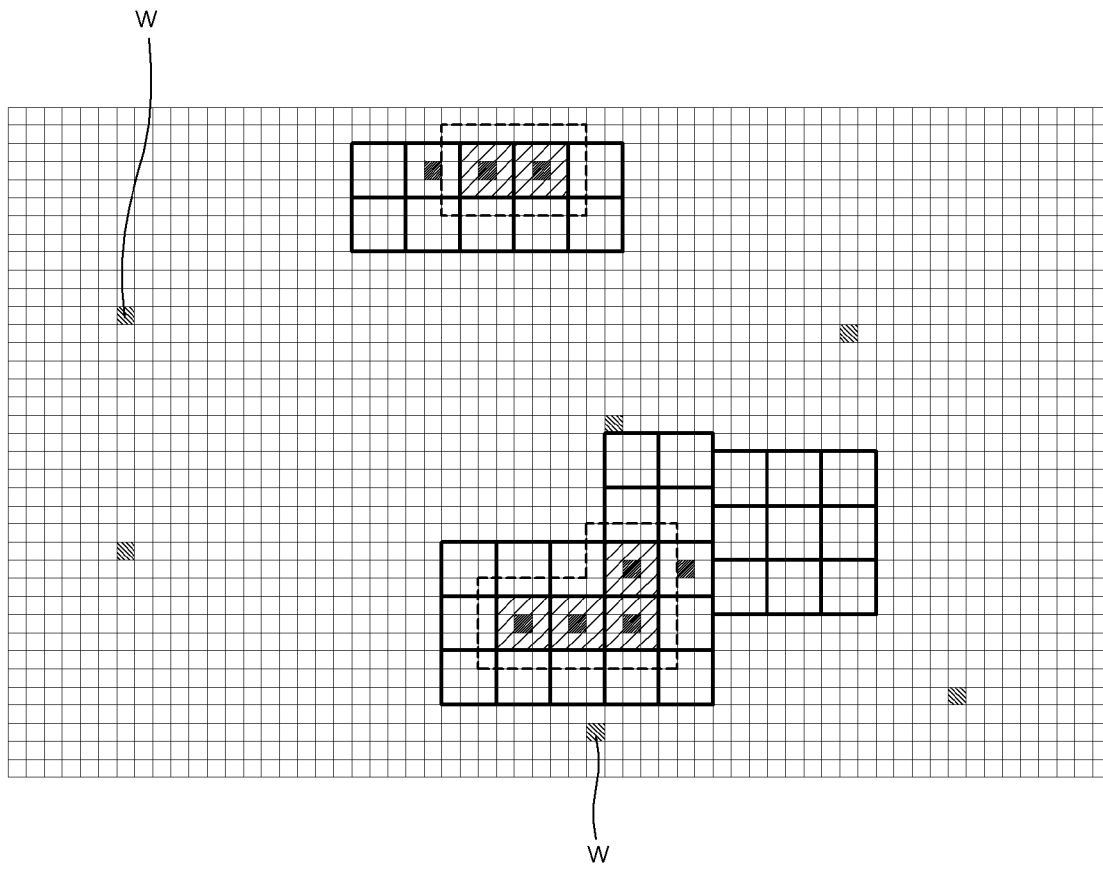
[516]



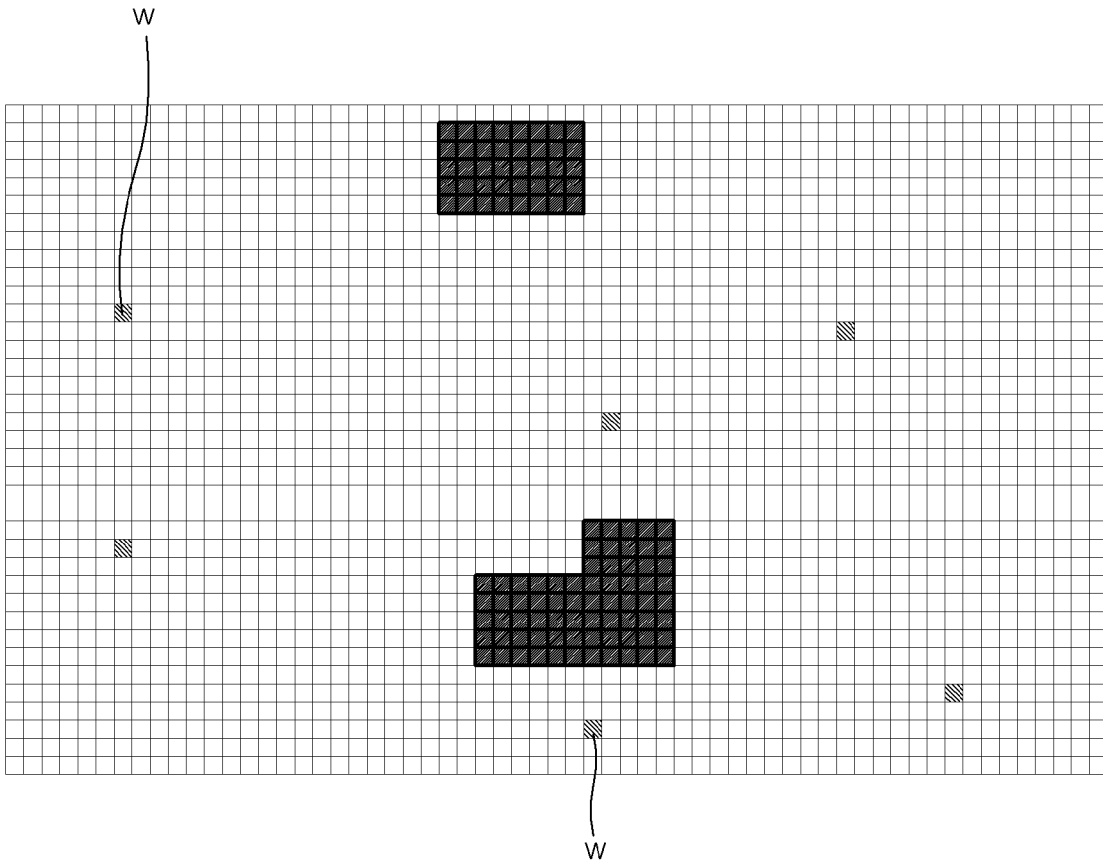
[517]



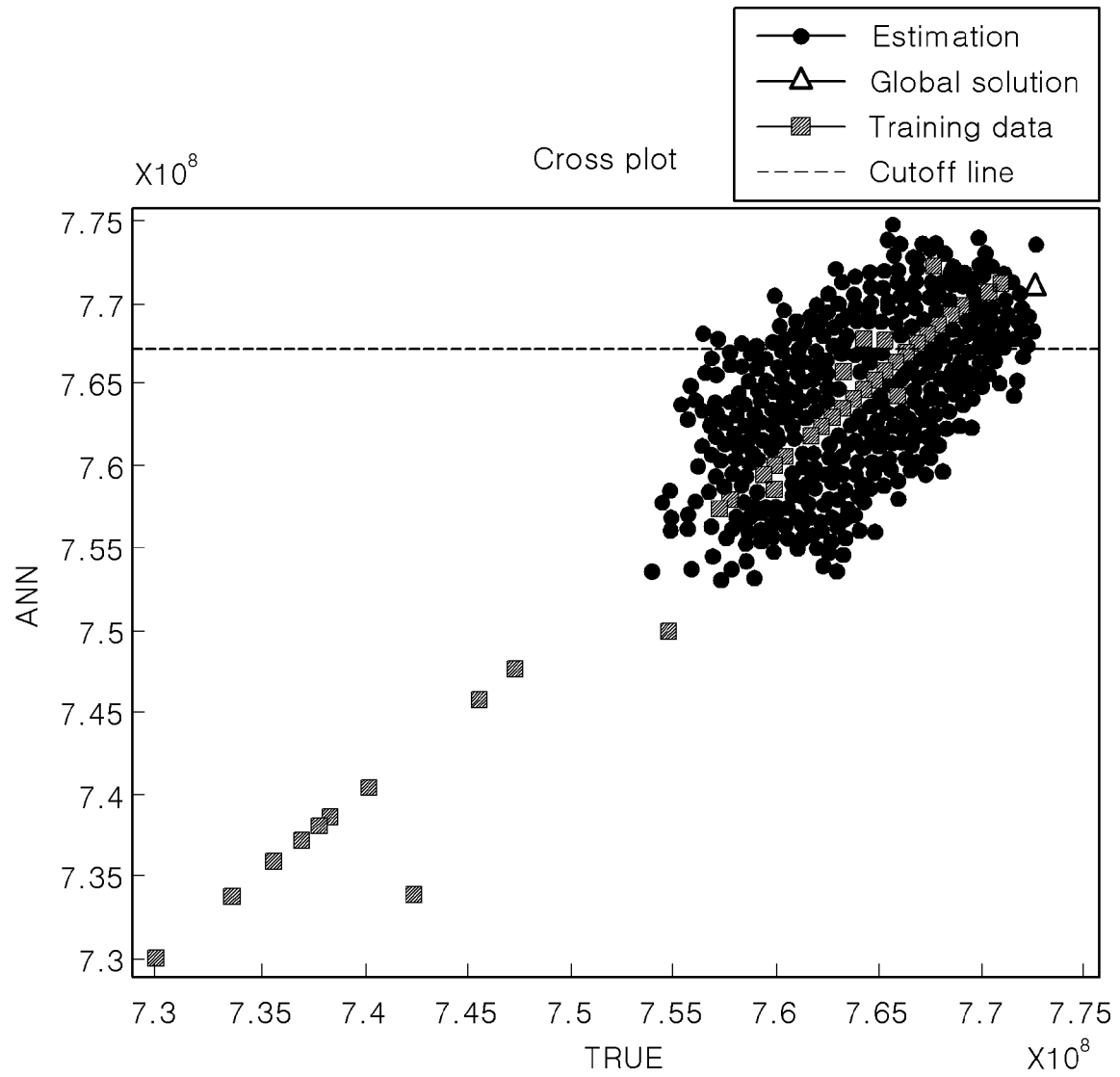
[도18]



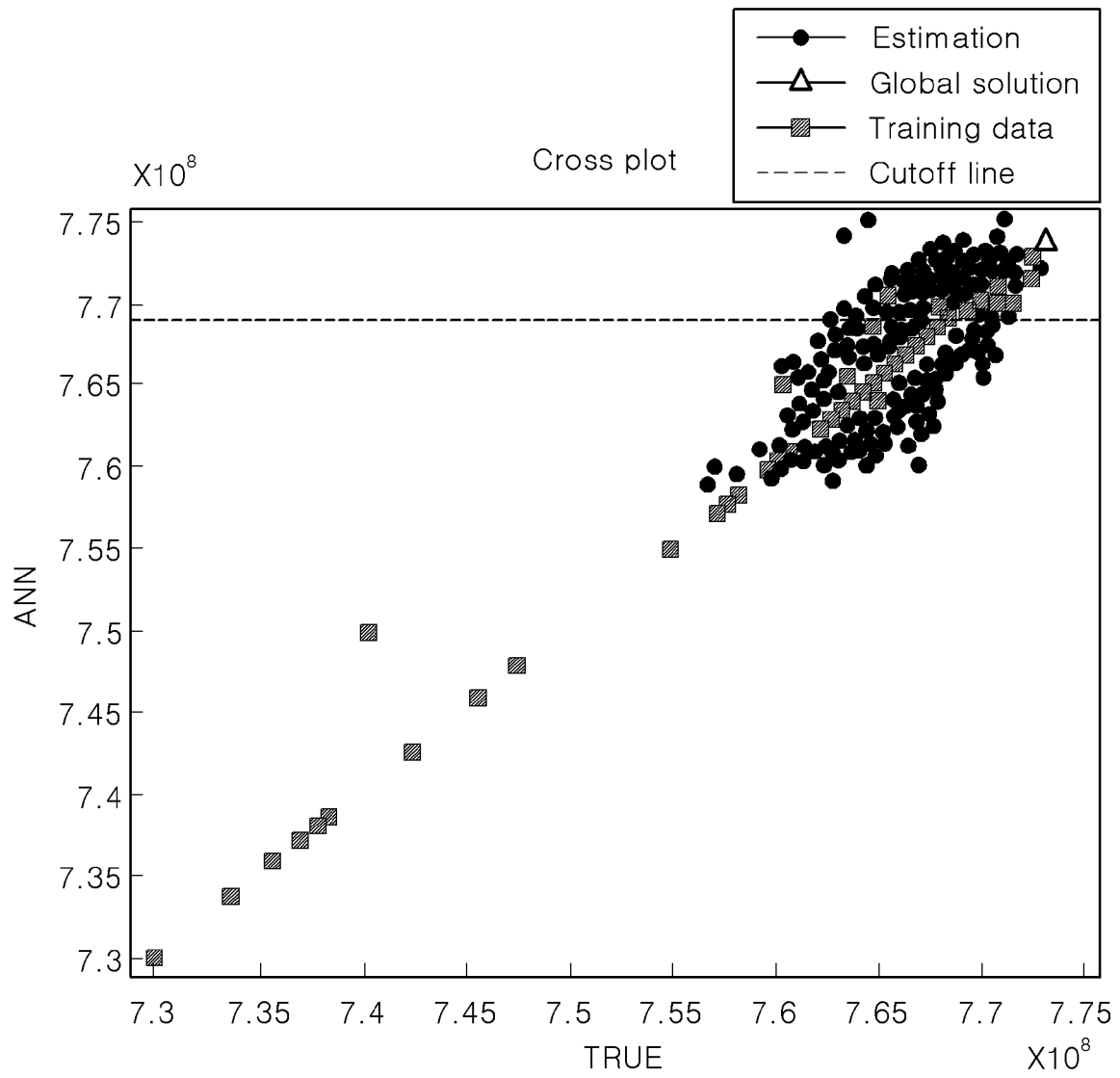
[도19]



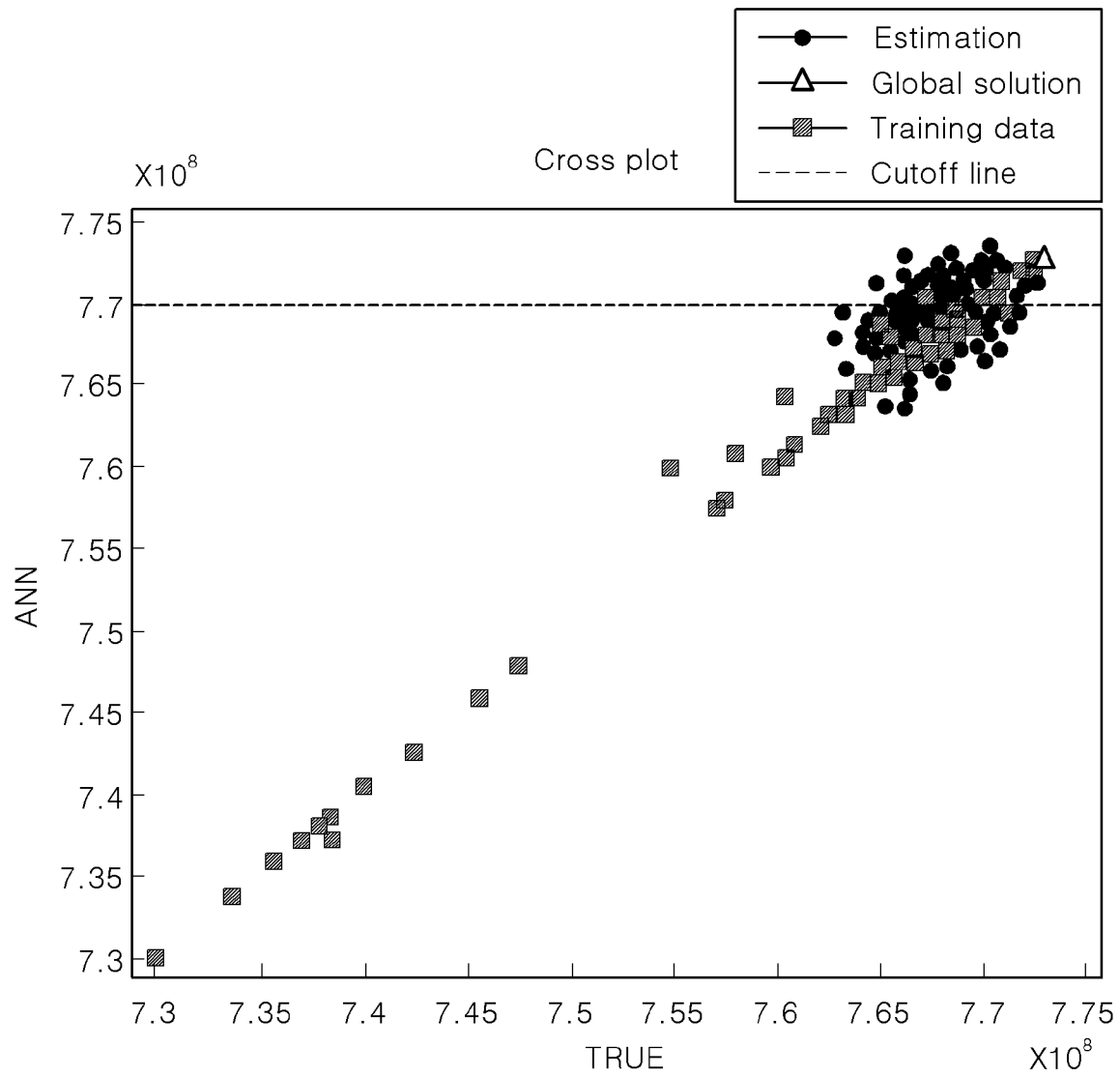
[도20a]



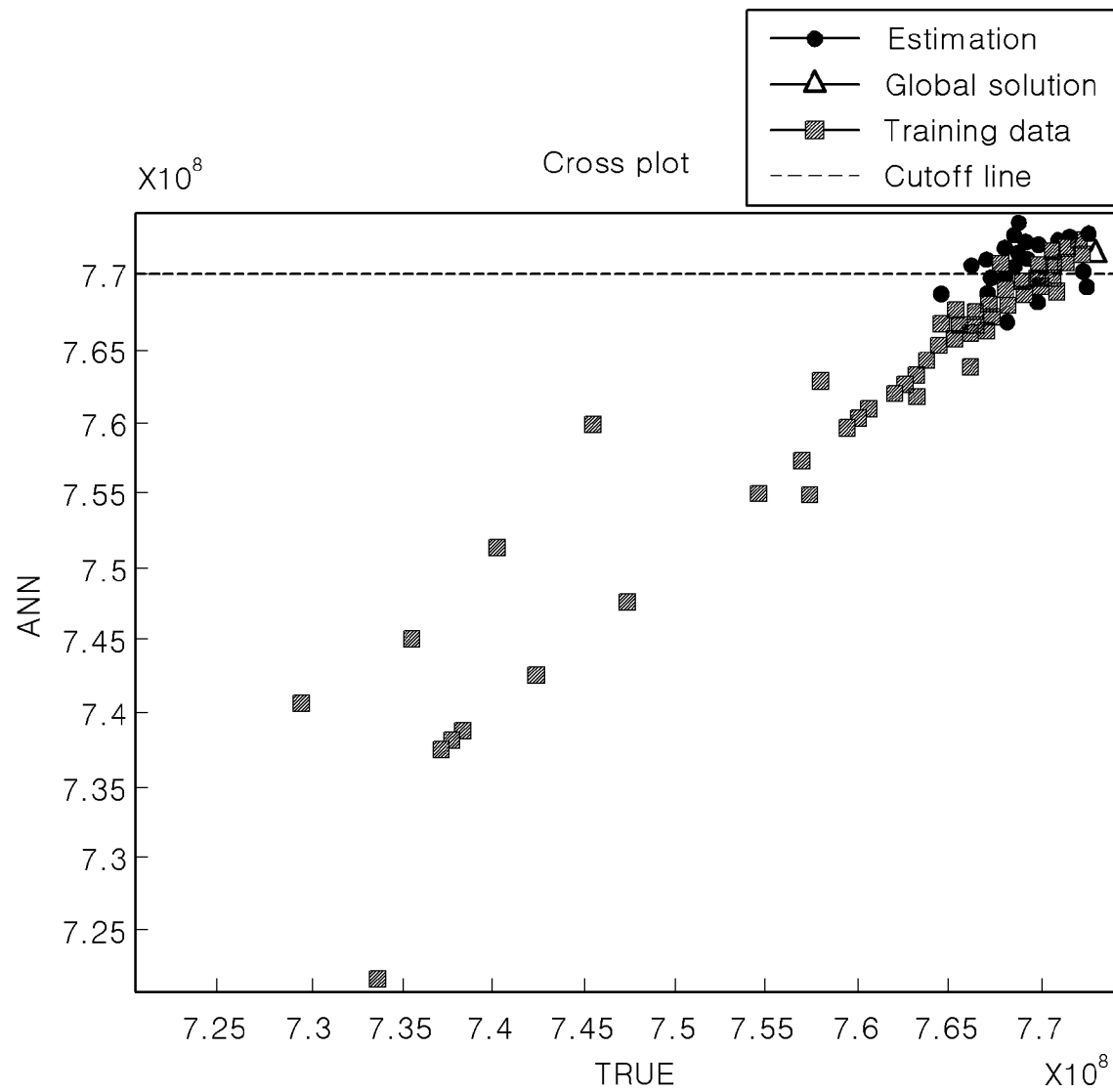
[도20b]



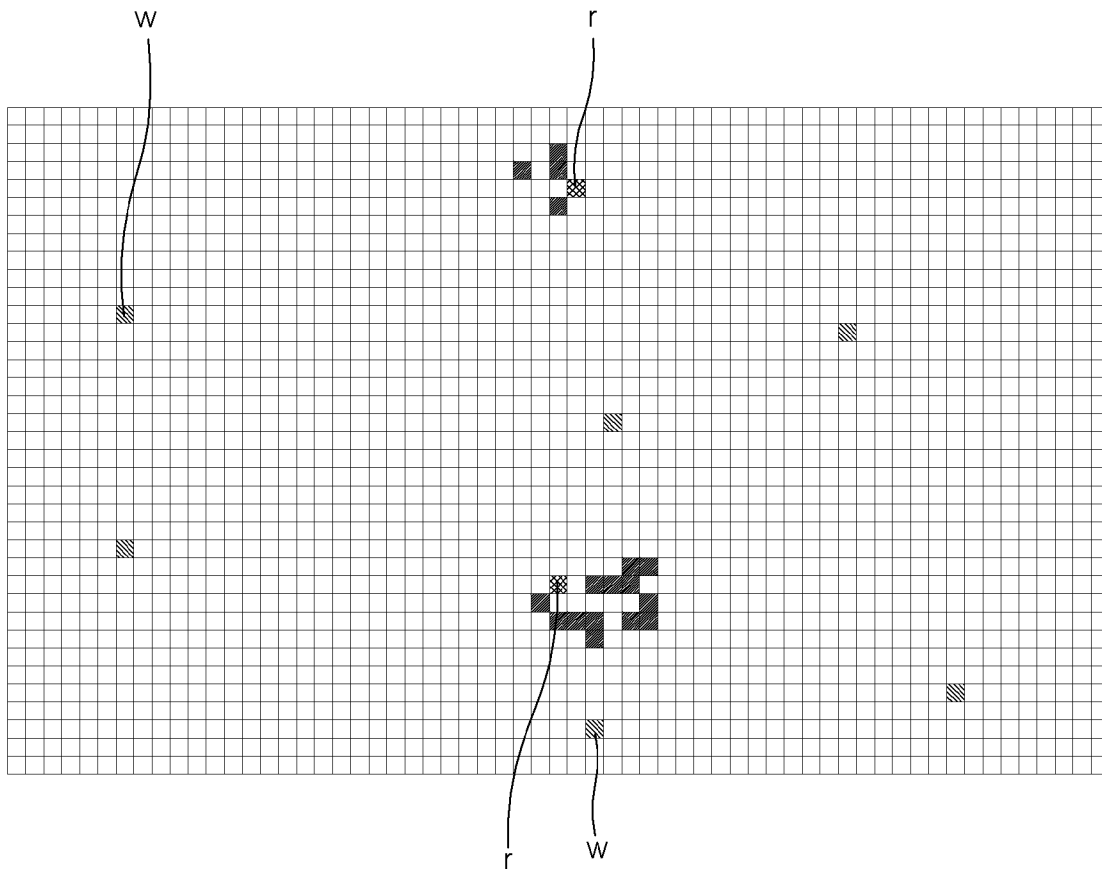
[도20c]



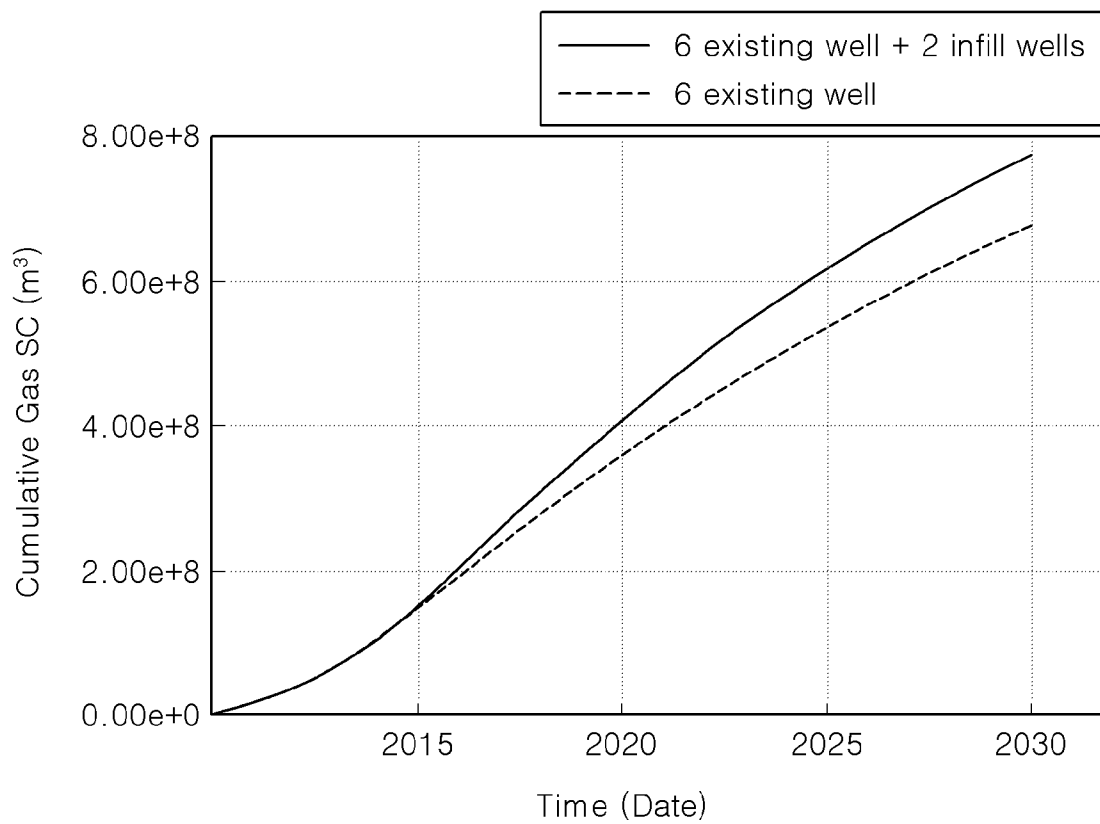
[도20d]



[도21]



[도22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/009385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06N 3/04(2006.01)i, E21B 41/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06N 3/04; G06F 19/00; G06N 99/00; E21B 41/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: boring, grid, reconstruction, position, repetition

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	강현정. 인공지능기법을 이용한 다생산정 위치선정 연구. 학위논문(석사) - 조선대학교. October 2017 (KANG, Hyeon Jeong. Optimization of Multi-well Placement using Artificial Intelligence. Master's degree - Chosun University). Retrieved from <URL: http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=e45b784a5748aca5ffe0bdc3ef48d419 > See pages 13-90.	1-12
A	KR 10-1474874 B1 (DONG-A UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION FOR INDUSTRY-ACADEMY COOPERATION) 30 December 2014 See paragraphs [0015]-[0069] and figures 1-2.	1-12
A	KR 10-1007985 B1 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCES (KIGAM)) 14 January 2011 See paragraphs [0014]-[0038] and figures 1-2.	1-12
A	KR 10-2016-0143512 A (THE BOEING COMPANY) 14 December 2016 See claims 1-10 and figures 1-4.	1-12
A	JANG, Hsik et al. Well-placement optimisation using sequential artificial neural networks. In: ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION. 06 September 2017, PP. 433-449. Retrieved from <URL: https://doi.org/10.1177/0144598717729490 > See pages 434-444.	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 DECEMBER 2018 (27.12.2018)

Date of mailing of the international search report

27 DECEMBER 2018 (27.12.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/009385

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1474874 B1	30/12/2014	KR 10-2014-0137210 A	02/12/2014
KR 10-1007985 B1	14/01/2011	None	
KR 10-2016-0143512 A	14/12/2016	CN 106250986 A	21/12/2016
		EP 3101599 A2	07/12/2016
		EP 3101599 A3	15/03/2017
		JP 2017-004509 A	05/01/2017
		US 2016-0358099 A1	08/12/2016

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06N 3/04(2006.01)i, E21B 41/00(2006.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06N 3/04; G06F 19/00; G06N 99/00; E21B 41/00 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 시추, 격자, 채구축, 위치, 반복																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>강현정 `인공지능기법을 이용한 다생산정 위치선정 연구` 학위논문(석사)-조선대학교, 2017.10 <URL: http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=e45b784a5748aca5ffe0bdc3ef48d419> 페이지 13-90 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1474874 B1 (동아대학교 산학협력단) 2014.12.30 단락 [0015]-[0069] 및 도면 1-2 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-1007985 B1 (한국지질자원연구원) 2011.01.14 단락 [0014]-[0038] 및 도면 1-2 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2016-0143512 A (더 보잉 컴파니) 2016.12.14 청구항 1-10 및 도면 1-4 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>ILSIK JANG et al. `Well-placement optimisation using sequential artificial neural networks` In: ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, 2017.09.06., PP.433-449. <URL: https://doi.org/10.1177/0144598717729490> 페이지 434-444 참조.</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	강현정 `인공지능기법을 이용한 다생산정 위치선정 연구` 학위논문(석사)-조선대학교, 2017.10 <URL: http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=e45b784a5748aca5ffe0bdc3ef48d419 > 페이지 13-90 참조.	1-12	A	KR 10-1474874 B1 (동아대학교 산학협력단) 2014.12.30 단락 [0015]-[0069] 및 도면 1-2 참조.	1-12	A	KR 10-1007985 B1 (한국지질자원연구원) 2011.01.14 단락 [0014]-[0038] 및 도면 1-2 참조.	1-12	A	KR 10-2016-0143512 A (더 보잉 컴파니) 2016.12.14 청구항 1-10 및 도면 1-4 참조.	1-12	A	ILSIK JANG et al. `Well-placement optimisation using sequential artificial neural networks` In: ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, 2017.09.06., PP.433-449. <URL: https://doi.org/10.1177/0144598717729490 > 페이지 434-444 참조.	1-12
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
A	강현정 `인공지능기법을 이용한 다생산정 위치선정 연구` 학위논문(석사)-조선대학교, 2017.10 <URL: http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=e45b784a5748aca5ffe0bdc3ef48d419 > 페이지 13-90 참조.	1-12																		
A	KR 10-1474874 B1 (동아대학교 산학협력단) 2014.12.30 단락 [0015]-[0069] 및 도면 1-2 참조.	1-12																		
A	KR 10-1007985 B1 (한국지질자원연구원) 2011.01.14 단락 [0014]-[0038] 및 도면 1-2 참조.	1-12																		
A	KR 10-2016-0143512 A (더 보잉 컴파니) 2016.12.14 청구항 1-10 및 도면 1-4 참조.	1-12																		
A	ILSIK JANG et al. `Well-placement optimisation using sequential artificial neural networks` In: ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, 2017.09.06., PP.433-449. <URL: https://doi.org/10.1177/0144598717729490 > 페이지 434-444 참조.	1-12																		
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																				
국제조사의 실제 완료일 2018년 12월 27일 (27.12.2018)		국제조사보고서 발송일 2018년 12월 27일 (27.12.2018)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 변성철 전화번호 +82-42-481-8262 																		

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2018/009385

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1474874 B1	2014/12/30	KR 10-2014-0137210 A	2014/12/02
KR 10-1007985 B1	2011/01/14	없음	
KR 10-2016-0143512 A	2016/12/14	CN 106250986 A	2016/12/21
		EP 3101599 A2	2016/12/07
		EP 3101599 A3	2017/03/15
		JP 2017-004509 A	2017/01/05
		US 2016-0358099 A1	2016/12/08