(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월02일
(11) 등록번호 10-2006826
(24) 등록일자 2019년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) *G06F 17/10* (2006.01)
G06Q 10/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0015437
(22) 출원일자 2019년02월11일
심사청구일자 2019년02월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR101724801 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
후삼 엘딘 엘자인
부산광역시 남구 용소로19번길 86, 401호(대연동, 은솔원룸)
정상용
부산광역시 수영구 광남로223번길 31,104동 1004호(민락동, 광안현대하이페리온)
(74) 대리인
김정수

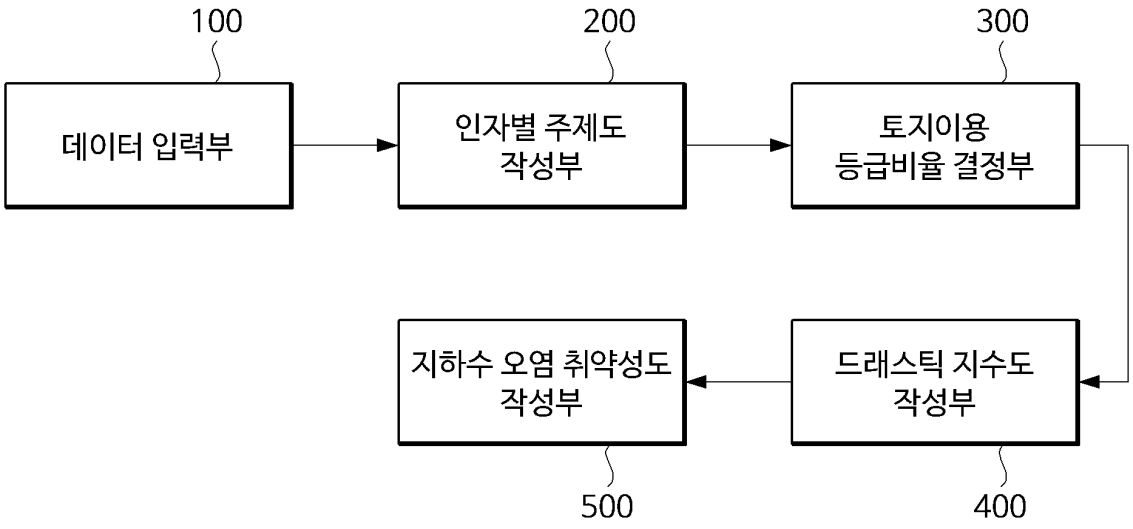
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 김일환

(54) 발명의 명칭 **토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 지하수 오염 취약성 평가에 사용되는 드래스틱(Drastic) 모델 이용 기법에 평가 지역의 토지 이용에 따른 평가기준을 적용하여 지하수 오염 취약성 평가의 성능을 향상시킬 수 있는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06Q 10/0635 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016R1D1A3B03934558
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 2016년도 개인기초연구사업
연구과제명 국내 지질특성을 고려한 DRASTIC 지하수 오염취약성 평가기법의 개선
기 여 율 1/1
주관기관 부경대학교 산학협력단
연구기간 2016.11.01 ~ 2019.10.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료를 입력하도록 구성된 데이터 입력부;

상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하도록 구성된 인자별 주제도 작성부;

상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하도록 구성된 토지 이용 등급 비율 결정부;

상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하도록 구성된 드래스틱 지수도 작성부; 및

상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하도록 구성된 지하수 오염 취약성도 작성부;를 포함하는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치로서,

상기 지하수 오염 취약성 평가 장치의 효과를 검증하기 위해, 질산성 질소의 농도가 측정된 지점에서의 드래스틱 지수 및 토지 이용 지수 각각과 질산성 질소의 상관 관계를 구하고 그 구해진 상관 관계를 서로 비교하여 평가하는 통계학적인 방법을 이용하는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 지리정보시스템 소프트웨어는 ArcGIS인, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 드래스틱 인자는

지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 및 대수층 수리전도도를 포함하는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 지역 범위는

비위생 폐기물 매립장과 산업폐기물 처리장, 농경지와 폐광산 지역, 축산지역과 공장지역, 골프장과 인구밀집 도심지역, 중규모 주거지역과 하수처리장 주변 하천, 유원지와 대규모 공원과 위생 폐기물 매립장, 소규모 주거지역과 중소규모 공원, 및 산림지역로 분류되는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 드래스틱 지수는

다음의 [수학식 1]에 의해 계산되는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

[수학식 1]

$$DRASTIC\ Index = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

[여기서, $DRASTIC\ Index$ 는 드래스틱 지수를 나타내고, D_R은 지하수면의 깊이의 등급을 나타내고, R_R은 지하수 함양량의 등급을 나타내며, A_R은 대수층 구성 암석의 등급을 나타내며, S_R은 토양 종류의 등급을 나타내며, T_R은 지형 경사의 등급을 나타내며, I_R은 불포화대 매질의 등급을 나타내며, C_R은 대수층 수리전도도의 등급을 나타내며, Dw는 지하수면의 깊이의 가중치를 나타내고, Rw는 지하수 함양량의 가중치를 나타내며, Aw는 대수층 구성 암석의 가중치를 나타내며, Sw는 토양 종류의 가중치를 나타내며, Tw는 지형 경사의 가중치를 나타내며, Iw는 불포화대 매질의 가중치를 나타내며, Cw는 대수층 수리전도도의 가중치를 나타냄]

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 토지 이용 지수는

다음의 [수학식 2]에 의해 계산되는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치.

[수학식 2]

$$LU\ Index = (D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W) * LRR$$

[여기서, $LU\ Index$ 는 토지 이용 지수를 나타내고, LRR 은 토지이용 등급 비율을 나타냄]

청구항 7

제 1 항의 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치를 이용한 지하수 오염 취약성 평가 방법으로서,

데이터 입력부에 의해 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료가 입력되는 단계;

인자별 주제도 작성부가 상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하는 단계;

토지 이용 등급 비율 결정부가 상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하는 단계;

드래스틱 지수도 작성부가 상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하는 단계; 및

지하수 오염 취약성도 작성부가 상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하는 단계;를 포함하는 지하수 오염 취약성 평가 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 지리정보시스템 소프트웨어는 ArcGIS인 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 드래스틱 인자는

지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 및 대수층 수리전도도를 포함하는 지하수 오염 취약성 평가 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 지역 범위는

비위생 폐기물 매립장과 산업폐기물 처리장, 농경지와 폐광산 지역, 축산지역과 공장지역, 골프장과 인구밀집 도심지역, 중규모 주거지역과 하수처리장 주변 하천, 유원지와 대규모 공원과 위생 폐기물 매립장, 소규모 주거지역과 중소규모 공원, 및 산림지역로 분류되는 지하수 오염 취약성 평가 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 드래스틱 지수는

다음의 [수학식 1]에 의해 계산되는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 방법.

[수학식 1]

$$DRASTIC\ Index = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

[여기서, $DRASTIC\ Index$ 는 드래스틱 지수를 나타내고, D_R은 지하수면의 깊이의 등급을 나타내고, R_R은 지하수 함양량의 등급을 나타내며, A_R은 대수층 구성 암석의 등급을 나타내며, S_R은 토양 종류의 등급을 나타내며, T_R은 지형 경사의 등급을 나타내며, I_R은 불포화대 매질의 등급을 나타내며, C_R은 대수층 수리전도도의 등급을 나타내며, Dw는 지하수면의 깊이의 가중치를 나타내고, Rw는 지하수 함양량의 가중치를 나타내며, Aw는 대수층 구성 암석의 가중치를 나타내며, Sw는 토양 종류의 가중치를 나타내며, Tw는 지형 경사의 가중치를 나타내며, Iw는 불포화대 매질의 가중치를 나타내며, Cw는 대수층 수리전도도의 가중치를 나타냄]

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 토지 이용 지수는

다음의 [수학식 2]에 의해 계산되는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 방법.

[수학식 2]

$$LU\ Index = (D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W) * LRR$$

[여기서, $LU\,Index$ 는 토지 이용 지수를 나타내고, LRR 은 토지이용 등급 비율을 나타냄]

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 지하수 오염 취약성 평가에 사용되는 드래스틱(Drastic) 모델 이용 기법에 평가 지역의 토지 이용에 따른 평가기준을 적용하여 지하수 오염 취약성 평가의 성능을 향상시킬 수 있는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 지하수 오염취약성 평가를 위해 드래스틱 기법이 사용되고 있다. 이 기법은 지하수 오염취약성 평가를 위해 드래스틱 인자의 범위에 따른 등급을 부여하여 점수를 계산해서 오염취약성을 평가하는 방법으로서 평가가 간단하고, 이해하기 쉽다는 장점이 있다.

[0003] 국내 특허 등록 제1022831호 공보에는 지하수 오염 취약성 평가 방법이 개시되어 있으며, 지하수오염 취약성 관련 자료로부터 특정 지역에 적합한 지하수오염취약성 영향인자들을 도출하는 단계, 유전자 알고리즘을 이용하여 상기 도출된 지하수오염취약성 영향인자들 각각에 대한 가중치를 산정하는 단계, 및 상기 도출된 지하수오염취약성 영향인자들의 값과 상기 산정된 가중치를 이용하여 상기 특정 지역에 대한 지하수오염취약성 지수를 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0004] 그러나 이와 같은 종래의 지하수 오염 취약성 평가 방법은 지하수 오염에 절대적인 영향을 주는 토지 이용(Land use)에 대한 고려가 없어서 지하수 오염취약성이 과소평가되는 경향이 있다는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 국내 특허 등록 제1022831호 공보(등록일:2011.03.09)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 지하수 오염 취약성 평가 성능을 향상시킬 수 있는, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 실시형태에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치는 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료를 입력하도록 구성된 데이터 입력부; 상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하도록 구성된 인자별 주제도 작성부; 상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하도록 구성된 토지 이용 등급 비율 결정부; 상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하도록 구성된 드래스틱 지수도 작성부; 및 상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하도록 구성된 지하수 오염 취약성도 작성부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 상기 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치에 있어서, 상기 지리정보시스템 소프트웨어는 ArcGIS일 수 있다.

[0009] 상기 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치에 있어서, 상기 드래스틱 인자는 지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 및 대수층 수리전도도를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치에 있어서, 상기 지역 범위는 비위생 폐기물 매립장과 산업폐기물 처리장, 농경지와 폐광산 지역, 축산지역과 공장지역, 골프장과 인구밀집 도심지역, 중규모 주거지역과 하수처리장 주변 하천, 유원지와 대규모 공원과 위생 폐기물 매립장, 소규모 주거지역과 중소규모 공원, 및 산림지역로 분류될 수 있다.

[0011] 상기 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치에 있어서, 상기 드래스틱 지수는 다음의 [수학식 1]에 의해 계산될 수 있다.

[0012] [수학식 1]

[0013] $$DRASTIC\ Index = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

[0014] [여기서, $DRASTIC\ Index$ 는 드래스틱 지수를 나타내고, D_R은 지하수면의 깊이의 등급을 나타내고, R_R은 지하수 함양량의 등급을 나타내며, A_R은 대수층 구성 암석의 등급을 나타내며, S_R은 토양 종류의 등급을 나타내며, T_R은 지형 경사의 등급을 나타내며, I_R은 불포화대 매질의 등급을 나타내며, C_R은 대수층 수리전도도의 등급을 나타내며, Dw는 지하수면의 깊이의 가중치를 나타내고, Rw는 지하수 함양량의 가중치를 나타내며, Aw는 대수층 구성 암석의 가중치를 나타내며, Sw는 토양 종류의 가중치를 나타내며, Tw는 지형 경사의 가중치를 나타내며, Iw는 불포화대 매질의 가중치를 나타내며, Cw는 대수층 수리전도도의 가중치를 나타냄]

[0015] 상기 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치에 있어서, 상기 토지 이용 지수는 다음의 [수학식 2]에 의해 계산될 수 있다.

[0016] [수학식 2]

[0017] $$LU\ Index = (D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W) * LRR$$

[0018] [여기서, $LU\ Index$ 는 토지 이용 지수를 나타내고, LRR 은 토지이용 등급 비율을 나타냄]

[0019] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 다른 실시형태에 의한 지하수 오염 취약성 평가 방법은 데이터 입력부에 의해 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료가 입력되는 단계; 인자별 주제도 작성부가 상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하는 단계; 토지 이용 등급 비율 결정부가 상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하는 단계; 드래스틱 지수도 작성부가 상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하는 단계; 및 지하수 오염 취약성도 작성부가 상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시형태에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 의하면, 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료가 입력되고; 상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하며; 상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하며; 상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱

지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하며; 상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하도록 구성됨으로써, 지하수 오염 취약성 평가 성능을 향상시킬 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

[0021] 즉, 본 발명의 실시형태에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 의하면 드래스틱 모델에서 이용하는 7개의 인자(지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 대수층 수리전도도)에 토지이용 인자를 추가하여 지하수 오염 취약성 평가를 함으로써 드래스틱 모델의 기능을 현저히 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치의 블록구성도이다.

도 2는 도 1의 데이터 입력부에서 입력되는 지하수 오염취약성 평가지역의 지형도에 대한 예시도로서 경남 밀양시의 위성지도를 나타낸다.

도 3은 도 1의 인자별 주제도 작성부에 의해 작성된 각 인자들의 주제도에 대한 예를 나타낸다.

도 4는 도 1의 드래스틱 지수도 작성부에 의해 작성된 드래스틱 지수도를 나타낸다.

도 5는 도 1의 지하수 오염 취약성도 작성부에 의해 작성된 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 나타낸다.

도 6은 지하수 오염취약성 평가지역(경남 밀양시)의 질산성 질소 농도 분포도를 나타낸다.

도 7은 질산성 질소의 농도가 측정된 지점에서의 지하수 오염 취약성 지수와 질산성 질소 농도와의 상관성을 나타낸 도면으로서, (a)는 드래스틱 지수와 질산성 질소 농도의 상관성을 나타낸 도면이며, (b)는 토지 이용을 고려한 지수(토지 이용 지수)와 질산성 질소 농도의 상관성을 나타낸 도면이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 실시예에 의한 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치를 이용한 지하수 오염 취약성 평가 방법에 대한 플로우챠트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치의 블록구성도이고, 도 2는 도 1의 데이터 입력부에서 입력되는 지하수 오염취약성 평가지역의 지형도에 대한 예시도로서 경남 밀양시의 위성지도를 나타내며, 도 3은 도 1의 인자별 주제도 작성부에 의해 작성된 각 인자들의 주제도에 대한 예를 나타내며, 도 4는 도 1의 드래스틱 지수도 작성부에 의해 작성된 드래스틱 지수도를 나타내며, 도 5는 도 1의 지하수 오염 취약성도 작성부에 의해 작성된 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 나타낸다.

[0025] 본 발명의 실시예에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 데이터 입력부(100), 인자별 주제도 작성부(200), 토지 이용 등급 비율 결정부(300), 드래스틱 지수도 작성부(400) 및 지하수 오염 취약성도 작성부(500)를 포함한다.

[0026] 데이터 입력부(100)는 평가 지역의 지형도 데이터(도 2 참조), 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보와 데이터, 및 토지 이용 자료를 인자별 주제도 작성부(200), 토지 이용 등급 비율 결정부(300), 드래스틱 지수도 작성부(400) 및 지하수 오염 취약성도 작성부(500)에 선택적으로 입력하는 역할을 한다.

[0027] 지리정보시스템 소프트웨어는 ArcGIS(버전 10.0 이상)의 소프트웨어로서, IT환경에서 지도를 생성하고 분석할 수 있는 기능을 가진다.

[0028] 드래스틱 인자는 지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 및 대수층 수리전도도를 포함한다.

[0029] 인자별 주제도 작성부(200)는 다음의 [표 1]의 7개의 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 그 조사 지점의 좌표 및 등급을 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한

후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 도 3과 같이 작성한다. [표 1]에서 대수층 구성 암석, 불포화대 매질은 대표 등급을 사용한다.

[0030] [표 1]

(a) 지하수면의 깊이 (m)		
범위	등급	
0 - 1.5	10	
1.5 - 4.6	9	
4.6 - 9.1	7	
9.1 - 15.2	5	
15.2 - 22.9	3	
22.9 - 30.5	2	
30.48 +	1	
(b) 지하수 함양량 (mm)		
범위	등급	
0 - 50.8	1	
50.8 - 101.6	3	
101.6 - 177.8	6	
177.8 - 254.0	8	
254 +	9	
(c) 대수층 구성 암석		
범위	등급	대표 등급
Massive(괴상)	1 -3	2
Metamorphic/Igneous(변성암/화성암)	2 - 5	3
Weathered Metamorphic/Igneous(풍화된 변성암/화성암)	3 - 5	4
Glacial Till(빙퇴석)	4 - 6	5
Bedded Sandstone, Limestone and Shale Sequences(층리가 발달된 사암, 석회암, 세일)	5 - 9	6
Massive Sandstone(괴상의 사암)	4 - 9	6
Massive Limestone(괴상의 석회암)	4 - 9	6
Sand and Gravel(모래와 자갈)	4 - 9	8
Basalt(현무암)	2 - 10	9
Karst Limestone(용식 석회암)	9 - 10	10
(d) 토양 종류		
범위	등급	
Thin or Absent(박층 또는 없음)	10	
Gravel(자갈)	10	
Sand(모래)	9	
Peat(토탄)	8	
Shrinking and/or Aggregated Clay(수축성/고형 점토)	7	
Sandy Loam(모래 롬)	6	
Loam(롬)	5	
Silty Loam(실트 롬)	4	
Clay Loam(점토 롬)	3	
Muck(니토)	2	
Nonshinking and Nonaggregated Clay(비수축성/비고형 점토)	1	
(e) 지형 경사 (%)		
범위	등급	
0 - 2	10	
2 - 6	9	
6 - 12	5	
12 - 18	3	
18 +	1	
(f) 불포화대 매질		
범위	등급	대표 등급
Confining Layer(압층)	1	1
Silt/Clay(실트/점토)	2 - 6	3
Shale(세일)	2 - 5	3
Limestone(석회암)	2 - 7	6
Sandstone(사암)	4 - 8	6
Bedded Limestone, Sandstone, Shale(층상 석회암,사암, 세일)	4 - 8	6
Sand and Gravel with significant Silt and Clay(실트 및 점토가 섞인 모래와 자갈)	4 - 8	6
Metamorphic/Igneous(변성암/화성암)	2 - 8	4
Sand and Gravel(모래/자갈)	6 - 9	8
Basalt(현무암)	2 - 10	9
Karst Limestone(용식 석회암)	2 - 10	10
(g) 대수층 수리전도도 (m/sec)		
범위	등급	
4.72×10^{-7} ~ 4.72×10^{-5}	1	
4.72×10^{-5} ~ 1.42×10^{-4}	2	
1.42×10^{-4} ~ 3.30×10^{-4}	4	
3.30×10^{-4} ~ 4.72×10^{-4}	6	
4.72×10^{-4} ~ 9.44×10^{-4}	8	
> 9.44×10^{-4}	10	

[0031]

[0032] 도 3에서 (a)는 지하수면의 깊이의 주제도이고, (b)는 지하수 함양량의 주제도이며, (c)는 대수층 구성 암석의 주제도이며, (d)는 토양 종류의 주제도이며, (e)는 지형 경사의 주제도이며, (f)는 불포화대 매질의 주제도이며, (g)는 대수층 수리전도도의 주제도이다.

[0033] 토지 이용 등급 비율 결정부(300)는 평가 지역의 토지 이용을 [표 2]의 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정한다.

[0034] [표 2]에서 지역 범위는 비위생 폐기물 매립장과 산업폐기물 처리장, 농경지와 폐광산 지역, 축산지역과 공장지역, 골프장과 인구밀집 도심지역, 중규모 주거지역과 하수처리장 주변 하천, 유원지와 대규모 공원과 위생 폐기물 매립장, 소규모 주거지역과 중소규모 공원, 및 산림지역로 분류되어 있다. 등급 비율은 수치가 높을수록 지하수를 오염시킬 가능성이 높다는 것을 의미한다.

[0035] [표 2]

지역 범위	등급 비율
비위생 폐기물 매립장, 산업폐기물 처리장	1.0
농경지, 폐광산 지역	0.9
축산지역, 공장지역	0.8
골프장, 인구밀집 도심지역	0.6
중규모 주거지역, 하수처리장 주변 하천	0.5
유원지, 대규모 공원, 위생 폐기물 매립장	0.4
소규모 주거지역, 중소규모 공원	0.3
산림지역	0.1

[0036]

[0037] 드래스틱 지수도 작성부(400)는 다음의 [수학식 1]과 같이 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급(D_R, R_R, A_R, S_R, T_R, I_R, C_R)에 다음의 [표 3]의 인자별 가중치(Dw, Rw, Aw, Sw, Tw, Iw, Cw)를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수($DRASTIC\ Index$)를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 도 4와 같은 드래스틱 지수도를 작성하는 역할을 한다.

[0038] [수학식 1]

[0039] $$DRASTIC\ Index = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

[0040] [여기서, $DRASTIC\ Index$는 드래스틱 지수를 나타내고, D_R은 지하수면의 깊이의 등급을 나타내고, R_R은 지하수 함양량의 등급을 나타내며, A_R은 대수층 구성 암석의 등급을 나타내며, S_R은 토양 종류의 등급을 나타내며, T_R은 지형 경사의 등급을 나타내며, I_R은 불포화대 매질의 등급을 나타내며, C_R은 대수층 수리전도도의 등급을 나타내며, Dw는 지하수면의 깊이의 가중치를 나타내고, Rw는 지하수 함양량의 가중치를 나타내며, Aw는 대수층 구성 암석의 가중치를 나타내며, Sw는 토양 종류의 가중치를 나타내며, Tw는 지형 경사의 가중치를 나타내며, Iw는 불포화대 매질의 가중치를 나타내며, Cw는 대수층 수리전도도의 가중치를 나타냄]

[0041] [표 3]

DRASTIC 인자	가중치
지하수 심도 (Depth to Water)	5
순수 지하수 함양량(Net Recharge)	4
대수층 매질(Aquifer Media)	3
토양매질(Soil Media)	2
지형의 경사(Topography)	1
불포화대 매질(Impact of the Vadose Zone Media)	5
수리전도도(Hydraulic Conductivity of Aquifer)	3

[0042]

[0043] 지하수 오염 취약성도 작성부(500)는 다음의 [수학식 2]와 같이 드래스틱 지수도 작성부(400)에 획득된 드래스틱 지수($DRASTIC\ Index$)에 토지 이용 등급 비율(LRR)을 곱하여 토지 이용 지수($LU\ Index$)를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 도 5와 같은 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하는 역할을 한다.

[0044] [수학식 2]

[0045] $$LU\ Index = (D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W) * LRR$$

[0046] [여기서, $LU\,Index$ 는 토지 이용 지수를 나타내고, LRR 은 토지이용 등급 비율을 나타냄]

[0047] 이하, 위와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치를 이용한 지하수 오염 취약성 평가 방법에 대해서 설명하기로 한다.

[0048] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 실시예에 의한 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치를 이용한 지하수 오염 취약성 평가 방법에 대한 플로우챠트로서, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.

[0049] 먼저, 데이터 입력부(100)에 의해 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱 인자들에 대한 좌표 정보와 데이터, 및 토지 이용 자료가 인자별 주제도 작성부(200), 토지 이용 등급 비율 결정부(300), 드래스틱 지수도 작성부(400) 및 지하수 오염 취약성도 작성부(500)에 선택적으로 입력된다(S100).

[0050]

[0051] 이어서, 인자별 주제도 작성부(200)가 [표 1]의 7개의 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고(S210), 그 조사 지점의 좌표 및 등급을 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 도 3과 같이 작성한다(S220).

[0052] 이후, 토지 이용 등급 비율 결정부(300)가 평가 지역의 토지 이용을 상기 표 2의 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정한다(S300).

[0053] 이어서, 드래스틱 지수도 작성부(400)가 상기 [수학식 1]과 같이 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급(D_R, R_R, A_R, S_R, T_R, I_R, C_R)에 인자별 가중치(Dw, Rw, Aw, Sw, Tw, Iw, Cw)를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수($DRASTIC\,Index$)를 계산한 후(S410), 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 도 4와 같이 드래스틱 지수도를 작성한다(S420).

[0054] 이어서, 지하수 오염 취약성도 작성부(500)가 상기 [수학식 2]와 같이 상기 스텝(S410)에서 계산된 드래스틱 지수($DRASTIC\,Index$)에 토지 이용 등급 비율(LRR)을 곱하여 토지 이용 지수($LU\,Index$)를 산출한 후(S510), 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 도 5와 같은 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성한다(S520).

[0055] 한편, 본 발명의 실시예에 의한 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치를 이용한 지하수 오염 취약성 평가 방법의 효과를 검증하기 위해 지수도를 평가해보기로 한다.

[0056]

[0057] 지수도의 평가는 두 가지 방법이 있다.

[0058] 한 가지 방법은 드래스틱 기법만을 이용하여 작성된 지하수 오염취약성도(도 4)(종래의 기술과 동일함)와 토지이용을 고려하여 작성된 도면(도 5)(본 발명에 해당됨)을 육안으로 비교하여 평가하는 방법이다.

[0059] 육안에 의한 평가 방법에 의하면, 토지이용을 고려하여 작성된 지하수 오염취약성도(도 5)가 종래 기술의 지하수 오염취약성도(도 4) 보다 더 상세하게 지하수 오염취약성을 평가할 수 있다는 것을 알 수 있다. 특히, 토지이용을 고려한 경우에는 산과 산의 능선 사이에 발달된 계곡의 토지이용 현황이 잘 반영되어 나타날 수 있었으나, 종래 기술의 경우에는 작은 계곡의 토지 이용현황은 거의 무시되는 경향이 있다.

[0060] 또 다른 방법은 질산성 질소의 농도가 측정된 지점에서의 지하수 오염 취약성 지수[드래스틱 지수, 및 토지 이용을 고려한 지수(토지 이용 지수)]와 질산성 질소(NO3-N)의 상관관계를 비교하여 평가하는 통계학적인 방법이 있다.

[0061] 질산성 질소는 우리나라뿐만 아니라, 전 세계적으로 지하수에 가장 흔하게 나타나는 오염물질이어서, 지하수 오염상태를 평가하는 기준이 되고 있다. 도 6은 지하수 오염취약성 평가지역(경남 밀양시)의 질산성 질소 농도 분포도를 나타낸다.

[0062] 도 7에 도시된 바와 같이, 질산성 질소의 농도가 측정된 지점에서의 지하수오염 취약성 지수와 질산성 질소 농도의 상관성을 비교할 경우, 토지이용을 고려한 방법[도 7의 (b): R^2 = 0.1706; ρ=0.41)이 종래의 드래스틱 평

가방법[도 7의 (a): R^2=0.0561; ρ=0.24) 보다 상관계수가 크게 나타남을 알 수 있다.

[0063] 따라서 종래의 드래스틱 기법만을 사용한 지하수 오염취약성 평가 방법보다는 본 발명의 토지이용을 고려한 지하수 오염취약성 평가 방법이 현저하게 우수하다는 것이 입증되었다.

[0064] 본 발명의 실시예에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 의하면, 평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱(Drastic) 인자들에 대한 좌표 정보 및 데이터, 및 토지 이용 자료가 입력되고; 상기 드래스틱 인자들의 범위에 따른 등급 분류에 따라 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급을 분류하고, 상기 조사 지점의 좌표 및 등급을 상기 지리정보시스템 소프트웨어에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅(Kriging)을 이용하여 상기 드래스틱 인자들 각각의 주제도를 작성하며; 상기 평가 지역의 토지 이용을 지역 범위-등급 비율 테이블의 기준에 의거하여 분류하고 등급 비율을 결정하며; 상기 조사 지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치를 곱하고 그 곱해진 값들을 합산하여 드래스틱 지수를 계산한 후, 그 드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도를 작성하며; 상기 드래스틱 지수에 토지 이용 등급 비율을 곱하여 토지 이용 지수를 산출한 후, 그 토지 이용 지수를 지구통계기법인 크리깅에 적용하여 토지 이용을 고려한 지하수 오염 취약성도를 작성하도록 구성됨으로써, 지하수 오염 취약성 평가 성능을 향상시킬 수 있다.

[0065] 즉, 본 발명의 실시예에 의한, 토지이용을 고려한 지하수 오염 취약성 평가 장치 및 방법에 의하면 드래스틱 모델에서 이용하는 7개의 인자(지하수면의 깊이, 지하수 함양량, 대수층 구성 암석, 토양 종류, 지형 경사, 불포화대 매질, 대수층 수리전도도)에 토지이용 인자를 추가하여 지하수 오염 취약성 평가를 함으로써 드래스틱 모델의 기능을 현저히 향상시킬 수 있다.

[0066] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0067] 100: 데이터 입력부

200: 인자별 주제도 작성부

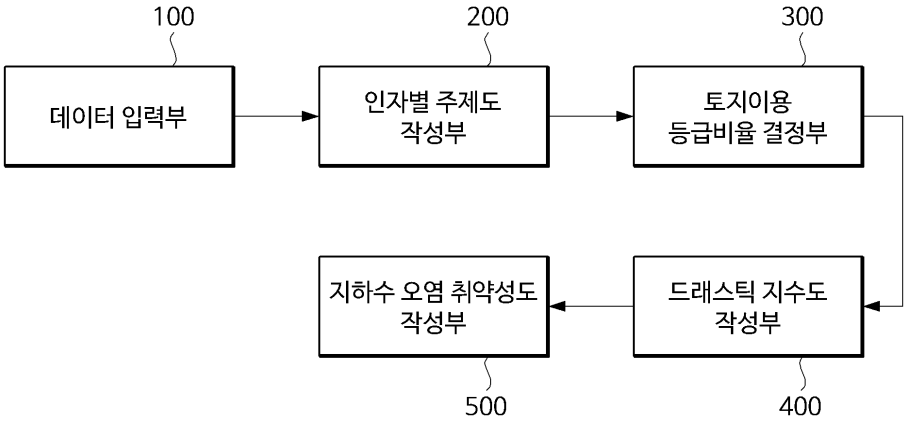
300: 토지 이용 등급 비율 결정부

400: 드래스틱 지수도 작성부

500: 지하수 오염 취약성도 작성부

도면

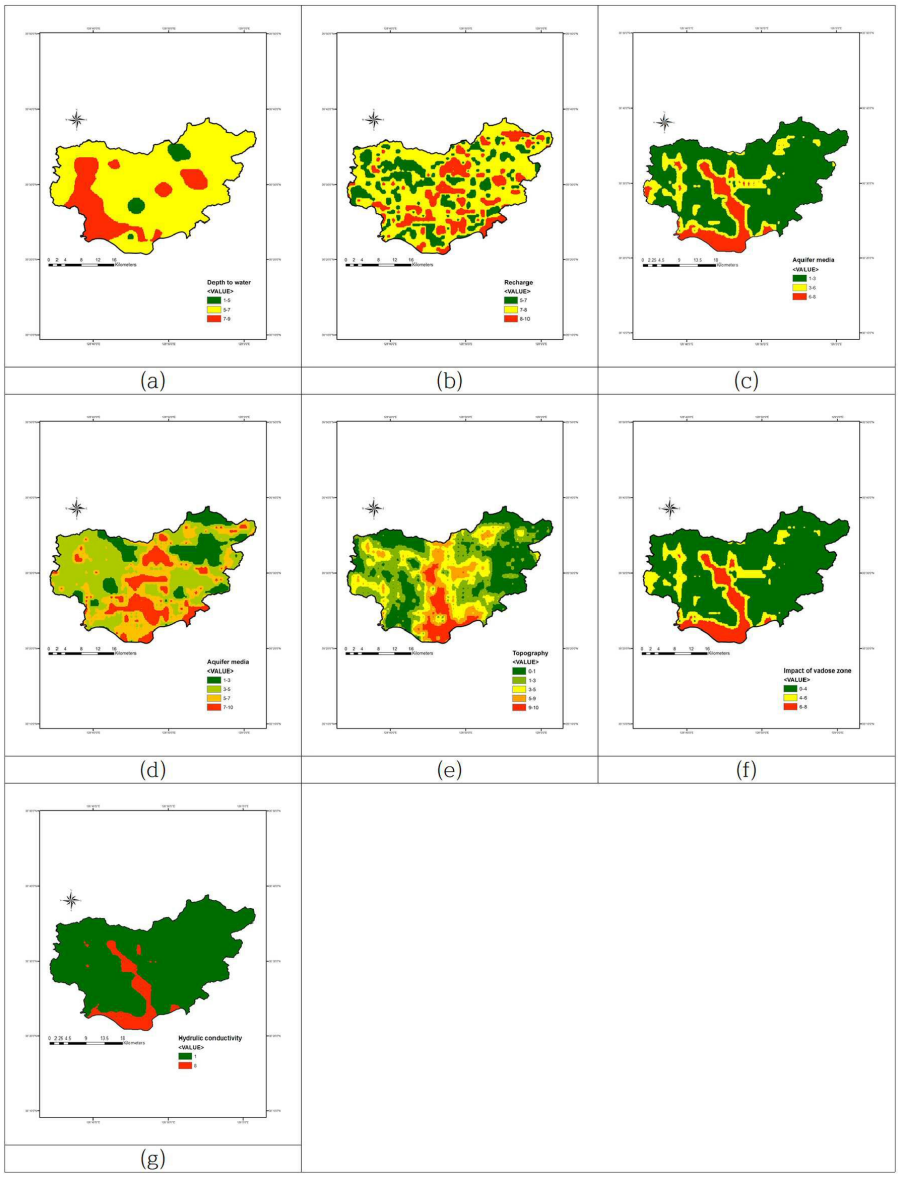
도면1



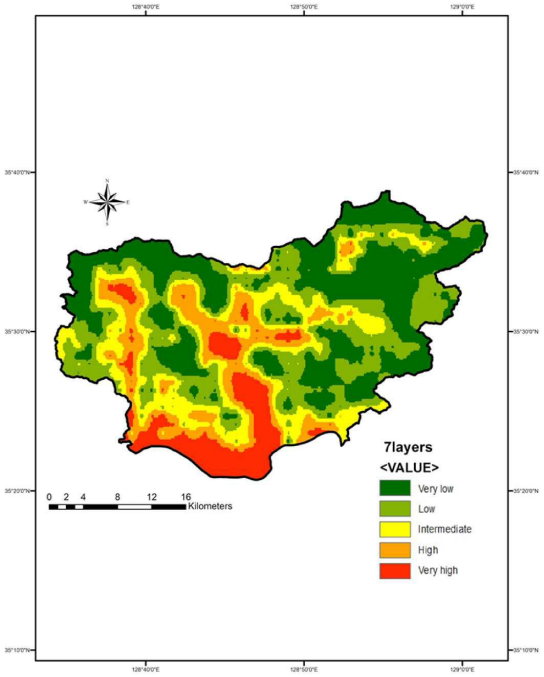
도면2



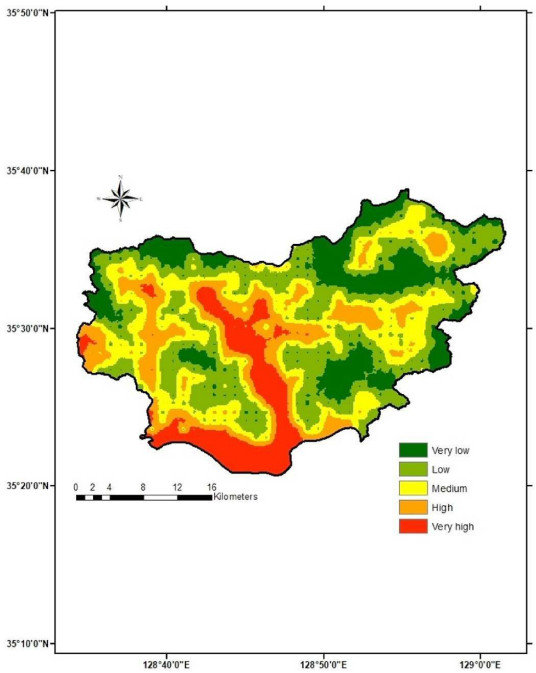
도면3


Depth to water
Recharge
Aquifer media
Aquifer media
Topography
Impact of vadose zone
Hydrulic conductivity
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)

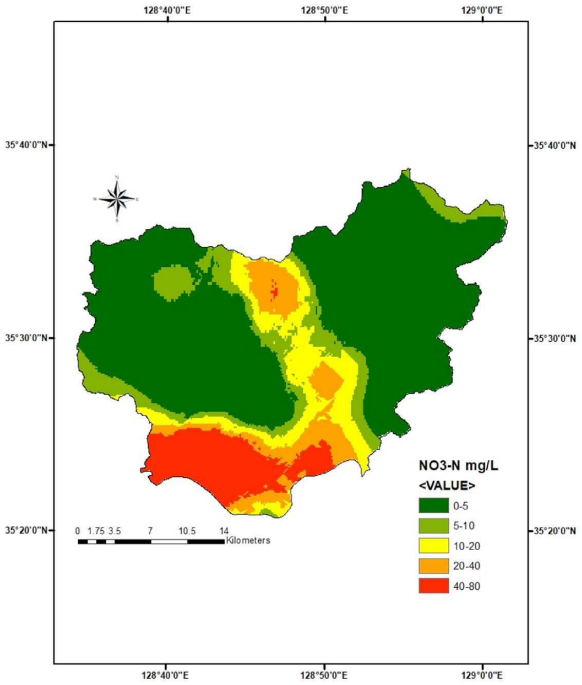
도면4


7layers
<VALUE>
Very low
Low
Intermediate
High
Very high
0 2 4 8 12 16
Kilometers

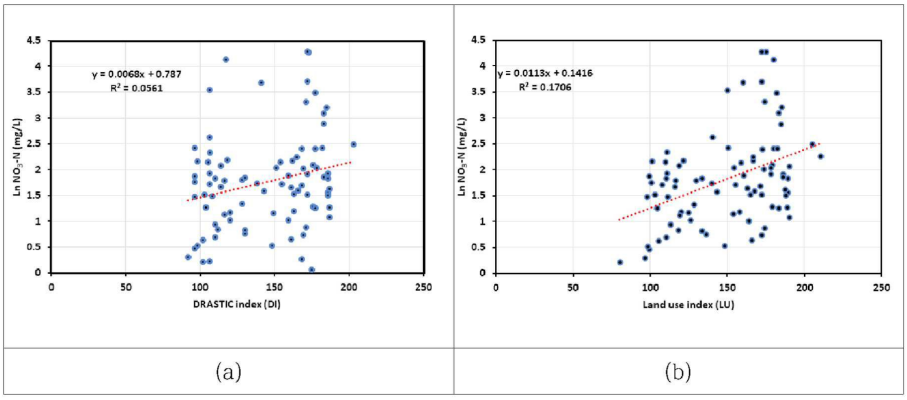
도면5


35°50'0"N
35°40'0"N
35°30'0"N
35°20'0"N
35°10'0"N
128°40'0"E
128°50'0"E
129°0'0"E
Very low
Low
Medium
High
Very high
0 2 4 8 12 16
Kilometers

도면6

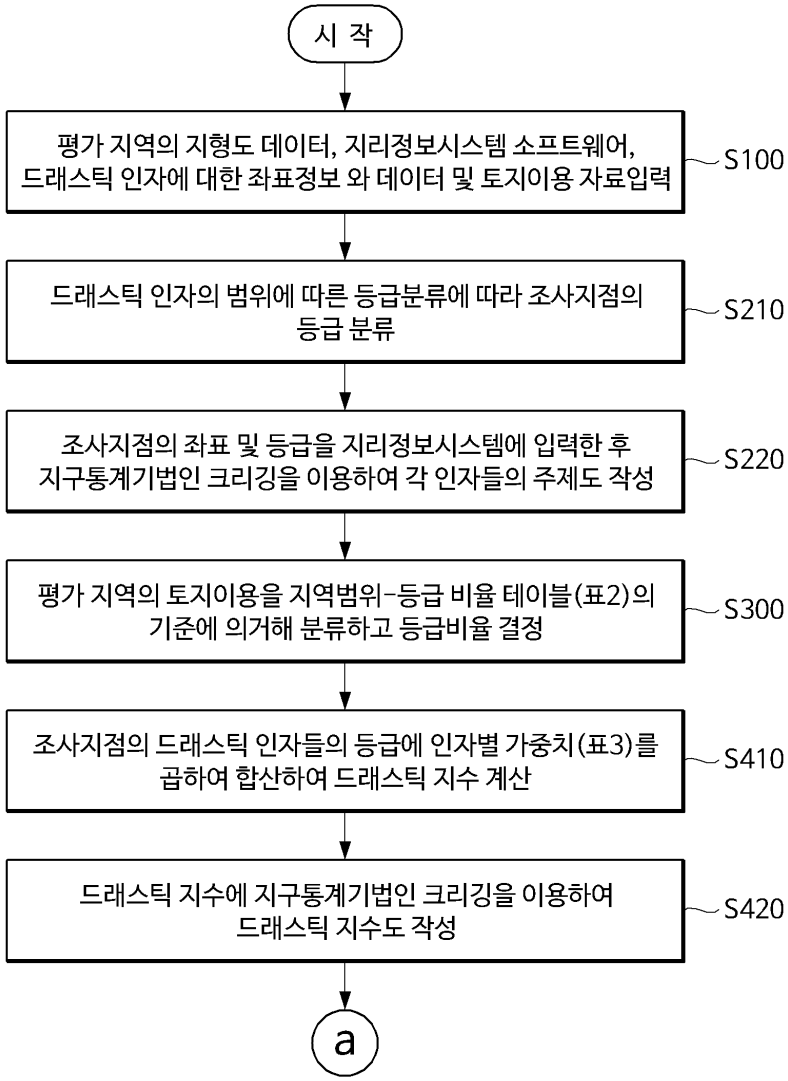

128°40'0"E
128°50'0"E
129°0'0"E
35°40'0"N
35°30'0"N
35°20'0"N
NO3-N mg/L
<VALUE>
0-5
5-10
10-20
20-40
40-80
0 1.75 3.5 7 10.5 14
Kilometers

도면7

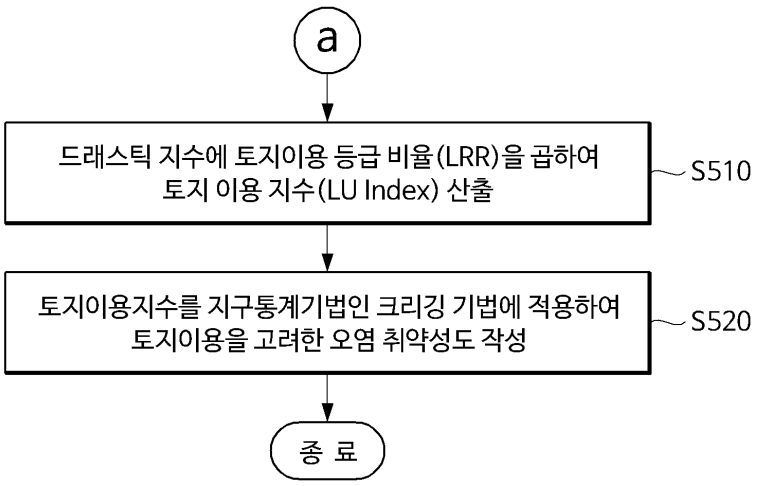

y = 0.0068x + 0.787
R² = 0.0561
Ln NO3-N (mg/L)
DRASTIC index (DI)
y = 0.0113x + 0.1416
R² = 0.1706
Ln NO3-N (mg/L)
Land use index (LU)

(a) (b)

도면8a


시 작
평가 지역의 지형도 데이터, 지리정보시스템 소프트웨어, 드래스틱 인자에 대한 좌표정보 와 데이터 및 토지이용 자료입력
S100
드래스틱 인자의 범위에 따른 등급분류에 따라 조사지점의 등급 분류
S210
조사지점의 좌표 및 등급을 지리정보시스템에 입력한 후 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 각 인자들의 주제도 작성
S220
평가 지역의 토지이용을 지역범위-등급 비율 테이블(표2)의 기준에 의거해 분류하고 등급비율 결정
S300
조사지점의 드래스틱 인자들의 등급에 인자별 가중치(표3)를 곱하여 합산하여 드래스틱 지수 계산
S410
드래스틱 지수에 지구통계기법인 크리깅을 이용하여 드래스틱 지수도 작성
S420
a

도면8b


a
드래스틱 지수에 토지이용 등급 비율(LRR)을 곱하여 토지 이용 지수(LU Index) 산출
S510
토지이용지수를 지구통계기법인 크리깅 기법에 적용하여 토지이용을 고려한 오염 취약성도 작성
S520
종 료